



# Plans d'exposition au bruit prévisionnels pour Nantes Atlantique horizons 2022 et 2032

Etude du cabinet ADECS Airinfra (août 2013)  
Traduction française sous la responsabilité du Cédpa

*publication septembre 2013*

Document original (anglais) et document traduit en français  
disponibles sur le site du Cédpa : <http://aeroportnddl.fr>

Etude réalisée en 2013 par le cabinet Adecs Airinfra, à la demande du Collectif d'élus Doutant de la pertinence du projet d'aéroport à Notre Dame des Landes (CéDpa), dans le but d'enrichir le débat public à propos de l'exposition au bruit future autour de l'aéroport de Nantes Atlantique.

Le cabinet Adecs Airinfra a plus de dix années d'expérience de consultant dans le domaine aéroportuaire. Il travaille à l'international pour des aéroports, des gouvernements, des compagnies aériennes...

[www.adecs-airinfra.nl](http://www.adecs-airinfra.nl)

## Abréviations et sigles

AIP	Aeronautical Information Publications	Publications d'informations aéronautiques
AMSL	Above Mean Sea Level	Au dessus du niveau de la mer
ATC	Air trafic Control	Contrôle aérien
CDA	Continuous Descent Approach	Approche en descente continue
CéDpa	Collectif des élus Doutant de la pertinence de l'aéroport de Notre-Dame-des-Landes	
dB	Decibel	
ECAC	European Civil Aviation Conference	Conférence de l'aviation civile européenne
EPNdb	Effective Perceived Noise Decibel	Niveau sonore moyen perçu
IFR	Instrumental Flight Rules	Règles de navigation aux instruments
INM	Integrated Noise Model	Modèle de simulation sonore intégré
Km	Kilometer	Kilomètre
Lden	Level day-evening-night	Niveau homogénéisé jour soirée nuit
m	Meter	Mètre
NM	Nautical mile	Mile nautique (1852 m)
SID	Standard Instrument departure route	Trajectoire standard de décollage en IFR
STAR	Standard Terminal Arrival Route	Trajectoire standard d'atterrissage en IFR
SRTM	Shuttle Radar Topographic Mission	Radar topographique de navette spatiale
VIT		Variation Inférieure à la Tendence
VST		Variation supérieure à la Tendence
VFR	Visual flight rule	Règles de navigation à vue

# Table des matières

<b>1 Introduction</b> .....	4
<b>1.1 Contexte</b> .....	4
<b>1.2 Information</b> .....	4
<b>1.3 Plan de l'étude</b> .....	5
<b>2 Méthode</b> .....	5
<b>3 Scénarios</b> .....	6
<b>3.1 Scénario de la flotte figée (2022 et 2032)</b> .....	6
<b>3.1.1 Trafic IFR</b> .....	6
<b>3.1.2 Trafic VFR</b> .....	7
<b>3.2 Scénario flotte à jour (2022 et 2032)</b> .....	8
<b>4 Modèle de calcul et paramètres d'entrée</b> .....	10
<b>4.1 Paramètres physiques de l'aéroport</b> .....	10
<b>4.2 Données météorologiques</b> .....	11
<b>4.3 Modélisation du terrain</b> .....	11
<b>4.4 Taux d'utilisation des différentes pistes</b> .....	11
<b>4.5 Répartition des vols entre jour, soirée et nuit</b> .....	12
<b>4.6 Répartition des vols entre les différentes trajectoires, dispersion</b> .....	12
<b>4.6.1 Définition des trajectoires IFR, dispersions</b> .....	12
<b>4.6.2 Définition des trajectoires et des dispersions VFR</b> .....	15
<b>4.7 Taux d'utilisation des différentes trajectoires</b> .....	17
<b>4.7.1 IFR – Taux d'utilisation</b> .....	17
<b>4.7.2 VFR – Taux d'utilisation</b> .....	18
<b>4.8 Répartition entre les types d'appareils</b> .....	19
<b>5 Résultats</b> .....	21
<b>5.1 Courbes de niveau d'exposition au bruit</b> .....	21
<b>5.2 Calcul inverse</b> .....	25
<b>Références</b> .....	27
<b>Annexe - Historique de la répartition de la flotte IFR à Nantes Atlantique</b> .....	29

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte

En 2003, une étude de bruit a été réalisée pour l'aéroport de Nantes Atlantique. Le résultat de cette étude et les résultats d'un calcul inverse réalisé en 2006 (enquête d'utilité publique) ont été parmi les raisons principales pour justifier la création d'un nouvel aéroport : l'Aéroport du Grand Ouest, qui devrait se situer 20 km au nord-ouest de la ville de Nantes. L'objectif de ce nouvel aéroport est de remplacer Nantes Atlantique en tant qu'aéroport de Nantes et de servir de porte d'entrée pour l'ouest de la France.

Les hypothèses utilisées en 2003 et en 2006 pour ces études de bruit sont discutables, et contribuent à la controverse sur le projet de remplacement de Nantes Atlantique par l'Aéroport du Grand Ouest. Les études de 2003 et 2006 sont contestées entre autres pour les hypothèses de trafic aérien utilisées. Beaucoup considèrent ces hypothèses comme trop élevées, favorisant de façon indue la construction de l'Aéroport du Grand Ouest par rapport à la continuation de Nantes-Atlantique.

Adecs Airinfra a été missionné par le Collectif des élus doutant de la pertinence du projet d'aéroport (CéDpa) pour (re)calculer le niveau de bruit à Nantes-Atlantique, en se basant sur une hypothèse de trafic pour les années 2022 et 2032 de respectivement 67.000 and 85.000 mouvements.

Les prévisions de trafic ont été élaborées et fournies par le CéDpa.

Les mouvements commerciaux ont été déduits du business plan de AGO VINCI, en prenant une hypothèse d'emport moyen par vol comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Les mouvements non commerciaux sont extrapolés à partir de statistiques récentes.

Année	Passagers [M] (AGO-Vinci)	Emport moyen (hypothèse CéDpa)	Mouvements commerciaux	Mouvements non commerciaux	Nombre total de mouvements
2022	4,432	80	55 400	11 600	67 000
2032	6,080	81	75 000	10 000	85 000

Tableau 1 - Scénario de trafic fourni par le CéDpa

Ce calcul doit inclure les niveaux 50, 55, 62 and 70 dB(A) Lden pour les années 2022 et 2032. En outre, un calcul inverse est demandé pour déterminer le nombre maximum de mouvements compatible avec un niveau maximum de 55 Lden sur une zone déterminée. La limite de cette zone est définie par la rive nord du "Bras de Pirmil" entre 1000 mètres à l'ouest et 400 mètres à l'est du "Pont des Trois Continents" qui se situe au centre de Nantes.

## 1.2 Information

Cette étude s'appuie principalement sur des informations statistiques de l'activité de Nantes-Atlantique. Ces informations ont été réunies par le Collectif d'élus doutant de la pertinence de l'aéroport de Notre-Dame-des-Landes (CéDpa). On leur attribue la référence (CéDpa, 2013) dans l'ensemble de ce document.

Initialement, une demande officielle a été envoyée à Eurocontrol pour obtenir ces informations. Après autorisation du Directeur Général de l'Aviation Civile en France, Eurocontrol a été en mesure de fournir certaines de ces informations, précisant toutefois qu'une partie des informations demandées n'étaient pas enregistrées par Eurocontrol.

Du fait que l'information en provenance d'Eurocontrol n'est devenue disponible que peu de temps avant la publication de ce rapport et que les informations n'étaient pas aussi complètes que celles fournies par le CéDpa, elles n'ont été utilisées que pour vérifier les informations du CéDpa et non comme source principale. Une comparaison a été faite entre la composition de la flotte aérienne et la répartition des mouvements sur les années

2011 et 2012. Cette comparaison a montré des différences mineures dans la répartition. Les types d'avions et leur pondération des mouvements sont comparables. C'est pourquoi il en a été conclu que les informations fournies par le Cépda sont le reflet réel de l'activité à Nantes-Atlantique.

### 1.3 Plan de l'étude

Dans le chapitre suivant (chapitre2), la méthode est détaillée. Au chapitre 3 on présente les scénarios. Au chapitre 4, le modèle de simulation sonore INM et les paramètres d'entrée sont expliqués. Enfin, au chapitre 5, les résultats de l'étude sont présentés.

## 2 Méthode

Dans cette étude, l'exposition aux bruits est calculée dans une perspective de trafic pour les années 2022 et 2032 avec respectivement 67 000 et 85 000 mouvements. La répartition de ces mouvements entre IFR et VFR se trouve dans le tableau 2.

Prévisions	Mouvements VFR	Mouvements IFR	Total
2022	11 600	55 400	67 000
2032	10 000	75 000	85 000

Tableau 2 - Hypothèses de trafic à Nantes Atlantique pour 2022 et 2032

Les calculs d'exposition aux bruits ont été réalisés en utilisant le logiciel INM version 7.0d. Cela correspond au modèle européen de calcul du bruit tel qu'il est défini dans le Document 29, 3<sup>ème</sup> édition éditée par l'ECAC.

Afin d'intégrer les effets du relief dans l'exposition au bruit, le modèle INM a été utilisé avec une modélisation du relief. Celle-ci a été calculée par Adecs Airinfra en utilisant les données topographiques relevées par SRTM.

Les résultats de toute étude d'exposition aux bruits dépendent des paramètres utilisés et des hypothèses prises en compte. Pour un calcul prévisionnel à long terme, les résultats sont impactés d'une manière significative par les hypothèses concernant la composition de la flotte aérienne.

La flotte qui dessert un aéroport évolue au fil des années, par exemple en fonction du développement économique, du renouvellement des aéronefs, lui-même influencé par les évolutions de la technologie aéronautique. Ces évolutions rendent la prévision intrinsèquement aléatoire. Dans la littérature, il n'y a pas de consensus en ce qui concerne l'évolution future de la flotte aérienne et son impact précis sur un aéroport donné.

De façon à mettre en évidence la sensibilité des calculs d'exposition au bruit aux hypothèses concernant la composition de la flotte, deux scénarios ont été évalués pour 2022 et 2032 :

#### *Scénario de la flotte figée*

Le trafic est déduit des données de trafic les plus récentes et ajusté en fonction du nombre de mouvements pour chacune des années étudiées.

#### *Scénario de la flotte à jour*

La quantité des vols est identique à celle du scénario de la flotte figée, par contre les calculs d'exposition au bruit de la flotte tiennent compte du renouvellement de la flotte et des évolutions technologiques à partir des publications existantes.

Les deux scénarios prennent en compte les appareils à voilure fixe (VFR et IFR), mais excluent les appareils à voilure tournante.

Le scénario de la flotte figée constitue un calcul pessimiste du point de vue de l'exposition au bruit : on considère qu'il n'y a ni évolution technologique, ni renouvellement des appareils. Le scénario de la flotte à jour intègre les réductions de bruit liées aux évolutions technologiques attendues et le renouvellement de la flotte. Chacun de ces scénarios est présenté de façon plus détaillée au chapitre 3.

Le résultat des calculs d'exposition au bruit pour chaque scénario et pour chaque année 2022 et 2032 est présenté sous forme de cartes d'exposition au bruit, présentant les courbes des niveaux sonores 50, 55, 62 and 70 dB(A) Lden.

Enfin, pour le calcul inverse, le trafic de chaque année est augmenté dans les deux scénarios jusqu'à ce que la courbe de niveau sonore 55 dB(A) Lden atteigne la limite de 55 Lden, de façon à déterminer le nombre de mouvements maximum admissible pour 2022 et 2032.

### **3 Scénarios**

De façon à mettre en évidence la sensibilité des calculs d'exposition au bruit aux hypothèses de composition de la flotte, les deux scénarios suivants ont été évalués pour 2022 et 2032 :

*Scénario de la flotte figée*

*Scénario de la flotte à jour*

Chacun de ces deux scénarios est présenté de façon plus détaillée dans ce chapitre.

#### **3.1 Scénario de la flotte figée (2022 et 2032)**

Le scénario de la flotte figée constitue un calcul pessimiste du point de vue de l'exposition au bruit. Dans ce scénario, on fait l'hypothèse qu'il n'y a ni évolution technologique, ni renouvellement des appareils d'ici 2022 et 2032. La composition du trafic, et la répartition des types d'appareils en 2022 et 2032 sont donc par hypothèse figés aux valeurs observées en 2010/ 2012 à Nantes Atlantique.

##### **3.1.1 Trafic IFR**

La composition du trafic IFR dans ce scénario est déduite des données disponibles pour les années 2010 à 2012. Ces données ont été obtenues par (CéDpa, 2013), elles figurent en annexe.

Les types d'appareils dont la part dans les mouvements est inférieure à 1% sur la période 2010-2012 sont négligés. Le reste du trafic est ajusté au pro rata pour atteindre un total de 100% Le résultat ainsi obtenu est utilisé pour le scénario flotte figée (tableau 3).

Type d'appareil	Répartition moyenne 2010-2012	Répartition ajustée 2022/2032
E145	15,9%	17,10%
A319	9,7%	10,45%
B738	9,5%	10,23%
A320	9,3%	9,98%
F50	6,5%	7,01%
A321	5,0%	5,37%
CRJX	4,9%	5,22%
CRJ7	4,5%	4,87%
CRJ1	3,6%	3,90%
CRJ2	3,2%	3,40%
A318	2,9%	3,15%
DH8D	2,3%	2,50%
B752	2,3%	2,47%
E135	2,3%	2,43%
B735	2,2%	2,33%
AT45	1,9%	2,08%
E170	1,6%	1,68%
B712	1,2%	1,25%
B737	1,2%	1,25%
E190	1,1%	1,14%
CRJ9	1,0%	1,11%
BE9L	1,0%	1,07%
<b>Total</b>	<b>93,2%</b>	<b>100,0%</b>

Tableau 3 - Répartition des mouvements trafic IFR dans le scénario flotte figée

Pour ce scénario, il n'est pris en compte aucun vol d'entraînement en IFR à Nantes-Atlantique.

### 3.1.2 Trafic VFR

Dans le cadre de cette étude, nous n'avons disposé d'aucune donnée sur les mouvements VFR récents à Nantes-Atlantique. En cette absence d'information, il a été pris en compte pour le trafic VFR une répartition égale entre monomoteur et bimoteurs à hélices, comme indiqué dans le tableau 4. Dans cette étude, les monomoteurs et bimoteurs de référence sont respectivement un Cessna 172 et un Beechcraft 58.

Catégorie d'appareil	Type d'appareil	Répartition 2022/2032
Monomoteurs à hélices	C172	50%
Bimoteurs à hélices	BE58	50%
<b>Total</b>		<b>100%</b>

Tableau 4 - Répartition des mouvements VFR dans le scénario flotte figée

Pour ce scénario, l'hypothèse est que les vols VFR consistent en des vols régionaux ou des vols locaux (d'entraînement). Les vols régionaux proviennent ou se dirigent vers d'autres aéroports, tandis que les vols locaux restent sur la zone de Nantes Atlantique. La ventilation entre ces deux catégories de mouvements est présentée tableau 5.

Type de vol	Répartition 2022/2032
Vols régionaux	50%
Vols locaux	50%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Tableau 5 - Répartition du trafic VFR dans le scénario flotte figée

### 3.2 Scénario flotte à jour (2022 et 2032)

A contrario, le scénario de la flotte à jour intègre les progrès technologiques et prend en compte le renouvellement des appareils.

La technologie aéronautique évolue de façon continue, et les nouvelles générations d'appareils sont plus silencieuses que celles qui les précèdent. La diminution du bruit des avions a été de 75% ces 50 dernières années (ICAO, 2010) et cette évolution devrait se poursuivre, à un rythme moins rapide toutefois, au fur et à mesure de la maturation de la technologie. Cette évolution se voit sur la figure 1 : la tendance de niveau sonore décroît régulièrement avec le temps.

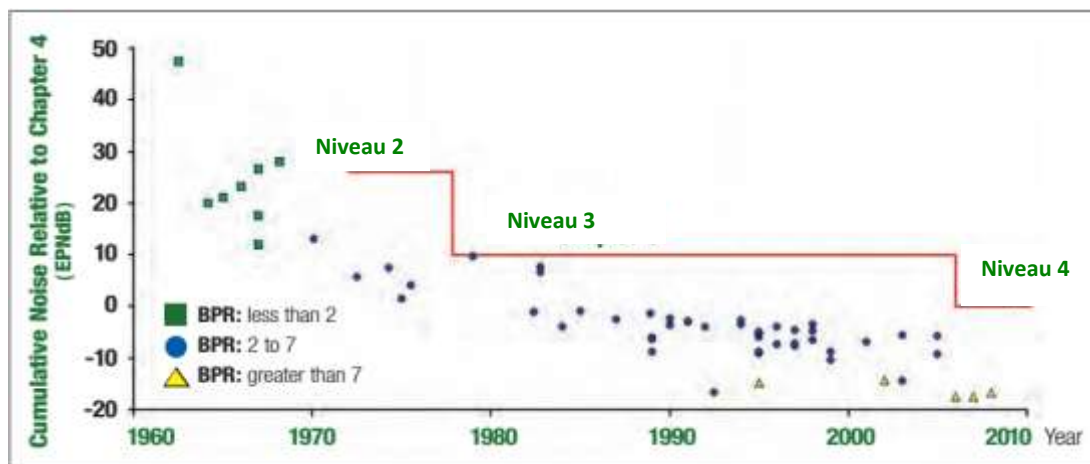


Figure 1 - Progrès réalisés sur la source sonore, depuis l'introduction des standards de bruit (ICAO, 2010). BPR signifie bypass ratio (taux de dilution).

Les prédictions d'évolution de la réduction du bruit des avions ne sont pas certaines. Des prévisions et objectifs ont été avancés par l'industrie aéronautique. La source que l'on a utilisée pour estimer la réduction du bruit en 2022 et en 2032 est le rapport environnemental 2010 de l'ICAO qui présente des projections à moyen terme (2018) et à long terme (2028). Ce document comporte une description de la situation actuelle et définit des objectifs pour l'avenir, basés sur une analyse approfondie.

Dans le rapport de l'ICAO, les objectifs de niveaux de bruit sont affichés en niveaux cumulés, exprimés en EPNdB (effective perceived noise decibel : bruit effectivement perçu, en Db). Le niveau cumulé est la somme de trois niveaux de bruit, mesurés en trois points, le long d'une trajectoire de vol : survol, approche et latéral. Dans le document de l'ICAO, les niveaux de bruit sont exprimés par rapport à des limites définies dans le Niveau 4, ICAO Annexe 16. Ils sont définis pour différentes catégories d'appareils. En ce qui concerne Nantes Atlantique, la catégorie "medium range twin jet" (biréacteur moyen-courrier) est considérée comme pertinente.

Le niveau moyen cumulé pour les biréacteurs moyen-courrier est à l'heure actuelle de 4 EPNdB inférieure à la limite du Niveau 4<sup>1</sup>. Une réduction cumulée d'environ 21,0 EPNdB est attendue d'ici 2018 qui s'élèvera à 23,5 EPNdB d'ici 2028 (tableau 6). Comme indiqué plus haut, cette réduction moyenne cumulée est la somme des réductions en trois points, mais la répartition entre ces trois points n'est pas connue. Cela introduit une imprécision sur les courbes de niveau sonore, dans la mesure où chaque point a un impact spécifique sur les courbes. La différence moyenne sur chaque point a été calculée en divisant la différence totale par trois, et se trouve sur la colonne la plus à droite du tableau 6.

<sup>1</sup> En réalité on a un niveau inférieur de 14 EPNdB par rapport à la limite du Niveau 3. Comme la différence cumulative entre les Niveaux 3 et 4 est de 10 EPNdB, on en déduit la différence de 4 EPNdB par rapport à la limite du Niveau 4.



<b>EPNdB pour les avions biréacteurs moyen courrier</b>	<b>Ecart par rapport au niveau 4</b>	<b>Ecart par rapport à la situation actuelle</b>	<b>Ecart moyen par rapport à la situation actuelle en un seul point</b>
Actuel	4,0	-	
Prévision 2018	21,0±4,6	17,0±4,6	5,7±1,5
Prévision 2028	23,5±5,5	19,5±5,5	6,5±1,8

Tableau 6 - Différences de niveaux sonores, à partir de (ICAO, 2010)

Dans la mesure où l'évolution future du niveau de bruit a une incertitude significative, comme en témoigne la plage donnée pour chaque réduction attendue, deux variantes vont être élaborées pour le scénario flotte à jour :

*Une variante Variation Inférieure à la Tendence (VIT) :*

Elle correspond à l'évolution la plus lente de la technologie. La réduction minimale du bruit en un point est 4,2 EPNdB (5,7-1,5) pour 2018 et 4,7 EPNdB (6,5 -1,8) pour 2028.

*Une variante Variation supérieure à la Tendence (VST) :*

Elle correspond à l'évolution la plus rapide de la technologie. La réduction minimale du bruit en un point est 7,2 EPNdB (5,7+1,5) pour 2018 et 8,3 EPNdB (6,5 +1,8) pour 2028.

Les résultats de ces deux variantes fourniront une indication de la sensibilité des résultats à l'incertitude sur l'évolution du niveau de bruit des aéronefs d'ici à 2022 et 2032.

Les réductions de bruit évoquées ci-dessus sont des objectifs technologiques définis par les industriels, il n'y a aucune garantie que ceux-ci soient atteints dans le calendrier prévu. Même si la technologie évolue comme c'est attendu par ICAO, les progrès techniques auront un effet décalé dans le temps sur l'exposition au bruit parce que le renouvellement de la flotte prendra du temps. Les avions sont des actifs coûteux, construits pour durer ; de nombreux appareils sont en service pendant 25 ou 30 ans quand ce n'est pas davantage. Par conséquent, à l'instant où de nouveaux avions plus sophistiqués arrivent sur le marché, il faut compter au moins 25 ans avant que l'ancienne flotte soit intégralement remplacée par des appareils de la nouvelle génération.

Avec le calendrier évoqué ci-dessus, on ne peut pas s'attendre à ce que la flotte en service à Nantes en 2022 ou même 2032 soit radicalement différente de la flotte en service aujourd'hui. On peut s'attendre à ce que les appareils utilisés en 2022 et 2028 soient un ensemble d'appareils actuels et de nouveaux.

C'est pourquoi l'hypothèse retenue est que la flotte utilisée à Nantes en 2022 consistera en 50% des appareils de la technologie actuelle, et 50% des appareils utilisant la technologie de 2018. Ceci a pour conséquence que la réduction moyenne sur l'ensemble de la flotte est de 1,6 EPNdB, pour la variante inférieure à la tendance et de 2,3 pour la variante supérieure à celle-ci.

Pour 2032, l'hypothèse retenue est que 20% des appareils soient de la technologie actuelle, 60% de la technologie 2018 et 20% de la technologie 2028. Ceci a pour conséquence une réduction moyenne de bruit de l'ensemble de la flotte de 3,0 EPNdB pour la variante inférieure à la tendance et de 4,6 pour la variante supérieure.

Il est clair que le changement relatif en EPNdB n'est pas rigoureusement égal au changement en pression sonore et en Lden, mais il en donne une indication raisonnable. Par conséquent le scénario flotte à jour a été déterminé comme ayant une évolution similaire au scénario flotte figée, associé à une réduction globale de 1,6 décibels pour 2022 et de 3 décibels pour 2032, dans la variante inférieure à la tendance. Pour la variante supérieure à la tendance, les réductions globales passent respectivement à 2,3 et 4,6 décibels.

Au-delà de la réduction de bruit à la source (l'avion) il est vraisemblable que d'autres développements vont contribuer à diminuer la nuisance sonore, par exemple des procédures de réduction de bruit, ou une planification foncière. Ces évolutions ne sont pas prises en compte dans le scénario flotte à jour.

## 4 Modèle de calcul et paramètres d'entrée

En accord avec la Directive 2002/49/EC du Parlement européen et du conseil du 25 Juin 2002, l'exposition au bruit causée par les activités aéronautiques de Nantes-Atlantique est mesurée en utilisant comme unité le Lden.

Le Lden niveau homogénéisé jour-soirée-nuit (Day Evening Night Sound Level) est le niveau moyen obtenu sur une période de 24h, avec une pénalité de 5 dB(A) pour les heures de soirée (18:00 à 22:00 heure locale), et une pénalité de 10 dB(A) pour les heures de nuit (22:00 à 06:00 heure locale).

Tous les calculs de Lden dans ce rapport sont effectués en utilisant la dernière édition du logiciel INM 7.0d de la FAA qui est conforme au Document 29, 3ème édition de l'ECAC.

Le logiciel INM nécessite les données dans les catégories suivantes :

- Paramètres physiques de l'aéroport
- Données météorologiques
- Modélisation du terrain
- Taux d'utilisation des différentes pistes
- Répartition des vols entre jour, soirée et nuit
- Répartition des vols entre les différentes trajectoires
- Définition des différentes trajectoires, dispersion autour de la trajectoire théorique, taux d'utilisation
- Répartition entre les types d'appareils

Les données d'entrée dans chacune de ces catégories pour cette étude sont présentées dans la suite de ce chapitre.

### 4.1 Paramètres physiques de l'aéroport

Nantes-Atlantique se trouve à une altitude moyenne de 27,4 m au-dessus du niveau de la mer (AMSL : above mean sea level). L'aéroport a une piste opérationnelle : 03/21. Cette piste est longue de 2900 m et large de 45 m. Elle est légèrement en pente, les seuils 03 et 21 sont situés à respectivement 22,3 et 26,2 m au-dessus du niveau de la mer AMSL (AIP, 2013).

Le seuil 21 est déplacé de 210 mètres pour les atterrissages. Les monomoteurs et multi moteurs en VFR de 5700 kg ou moins doivent décoller et atterrir au niveau du taxiway B quand la piste 03 est utilisée (AIP, 2013). Cela correspond à un déplacement du seuil pour les décollages et les atterrissages d'environ 900 m. Afin de prendre en compte ces procédures, deux pistes coaxiales sont modélisées dans le logiciel INM, avec des seuils et des extrémités spécifiques. Les paramètres de pistes utilisés pour les calculs dans INM se trouvent dans le tableau 7.

Fin de piste	Coordonnées [°]	Altitude [m]	Décalage du seuil d'atterrissage [m]	Décalage du seuil de décollage [m]
03	47,141600 -1,619541	22,3	0	0
21	47,164780 -1,601900	26,2	210	0
03A	47,148306 -1,614438	22,5	0	0
21A	47,164780 -1,601900	26,2	210	0

Tableau 7 - Paramètres des pistes

La piste 03/21 est utilisée en IFR et la 03A/21A est utilisée en VFR.

#### 4.2 Données météorologiques

Pour les calculs, les conditions météorologiques moyennes suivantes ont été utilisées (source CédPa) :

- Vitesse du vent moyenne 14,8 km/h
- Température moyenne de 14,8 °C
- Pression atmosphérique moyenne de 759,97 mm Hg.

#### 4.3 Modélisation du terrain

Afin d'intégrer les effets du relief dans l'exposition au bruit, le modèle INM a été utilisé avec une modélisation du relief. Celle-ci a été calculée par Adecs Airinfra en utilisant les données topographiques relevées par le radar topographique de la navette spatiale Mission SRTM NASA. Ces données ont été traitées par (Jarvis et al, 2008). Ces données topographiques SRTM sont disponibles avec une résolution de 3 secondes d'arc (90m environ).

Compte tenu de l'emplacement de Nantes-Atlantique, la zone prise en compte se situe entre les longitudes de 1,37°W et 1,85°W et les latitudes de 47°N et 47,31°N. Cela correspond à une couverture d'une zone d'environ 16 km de rayon autour de l'aéroport (figure 2).

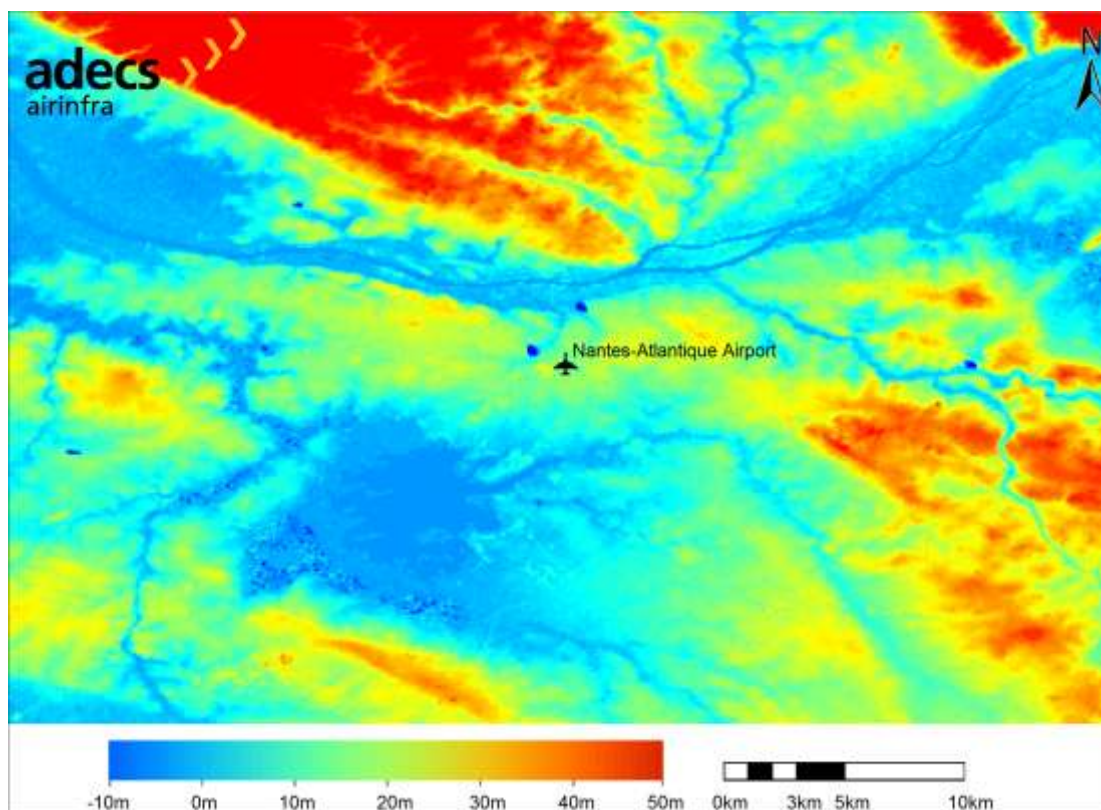


Figure 2 - Présentation graphique de la modélisation topographique utilisée dans INM, basée sur les données (Jarvis et al, 2008)

#### 4.4 Taux d'utilisation des différentes pistes

Le taux d'utilisation des différentes pistes est basé sur les taux réels du trafic IFR de 2010-2012 (CédPa, 2013). Pour les horizons 2022 et 2032, l'hypothèse est de conserver les taux moyens de 2010 à 2012 - cf tableau 8.

Direction de la piste	2010	2011	2012	Moyenne	2022/2032
03	64,0%	61,0%	57,0%	60,7%	60,7%
21	36,0%	39,0%	43,0%	39,3%	39,3%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Tableau 8 - Taux d'utilisation des différentes pistes

En l'absence d'informations pour le trafic VFR, on utilise les mêmes taux que pour l'IFR.

#### 4.5 Répartition des vols entre jour, soirée et nuit

La répartition des mouvements entre le jour (06:00 à 18:00 heure locale), le soir (18:00 à 22:00) et la nuit (22:00 à 06:00) est basée sur les statistiques des mouvements IFR de 2010 à 2012 (Cédpa, 2013). Pour les prévisions de 2022 et 2032, on a pris la répartition moyenne 2010-2012, comme présenté dans le tableau 9.

Période	2011	2012	Moyenne	2022/2032
Jour	68,0%	68,80%	68,40%	68,40%
Soirée	27,0%	26,00%	26,50%	26,50%
Nuit	5,0%	5,20%	5,10%	5,10%
<b>Total</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

Tableau 9 - Répartition des mouvements IFR entre jour, soirée et nuit

En l'absence d'informations pour le trafic VFR, on utilise les mêmes répartitions que pour l'IFR mais sans vol de nuit. La part correspondant aux vols de nuit a été répartie de façon égale entre jour et soirée. Le résultat figure tableau 10.

Période	2022/2032
Jour	71,0%
Soirée	29,0%
Nuit	0,0%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Tableau 10 Répartition des mouvements VFR entre jour, soirée et nuit

#### 4.6 Répartition des vols entre les différentes trajectoires, dispersion

Pour les calculs, l'hypothèse est de conserver pour 2022 and 2032 les procédures et trajectoires couramment utilisées, avec toutefois une exception : l'ensemble du trafic IFR utilisera la procédure de descente continue dans les deux directions de la piste.

##### 4.6.1 Définition des trajectoires IFR, dispersions

Le trafic IFR utilise les trajectoires standard : SID pour le décollage et STAR pour l'atterrissage, telles qu'elles sont publiées dans l'AIP. A Nantes-Atlantique, il y a actuellement sept SID et quatre STAR, utilisées pour le trafic IFR pour chaque direction de la piste.

La modélisation numérique des SID et STAR s'est basée sur (ten Have, 1997) et sur l'information disponible dans l'AIP (AIP, 2013).

##### 4.6.1.1 SID

Les sept SID ont été modélisées en tant que trajectoires unitaires, pour chaque direction de la piste. Pour chaque trajectoire SID, deux variantes ont été modélisées. Chaque variante représente la trajectoire théorique pour une catégorie de performance donnée, afin de prendre en compte les différences de performances des aéronefs. Dans la mesure où la flotte est constituée essentiellement d'appareils des catégories B et C, on n'a pas intégré de trajectoires pour d'autres catégories de performances d'appareils. Les trajectoires théoriques pour la piste 03 se trouvent figure 3 et celles pour la piste 21, figure 4, pages suivantes.

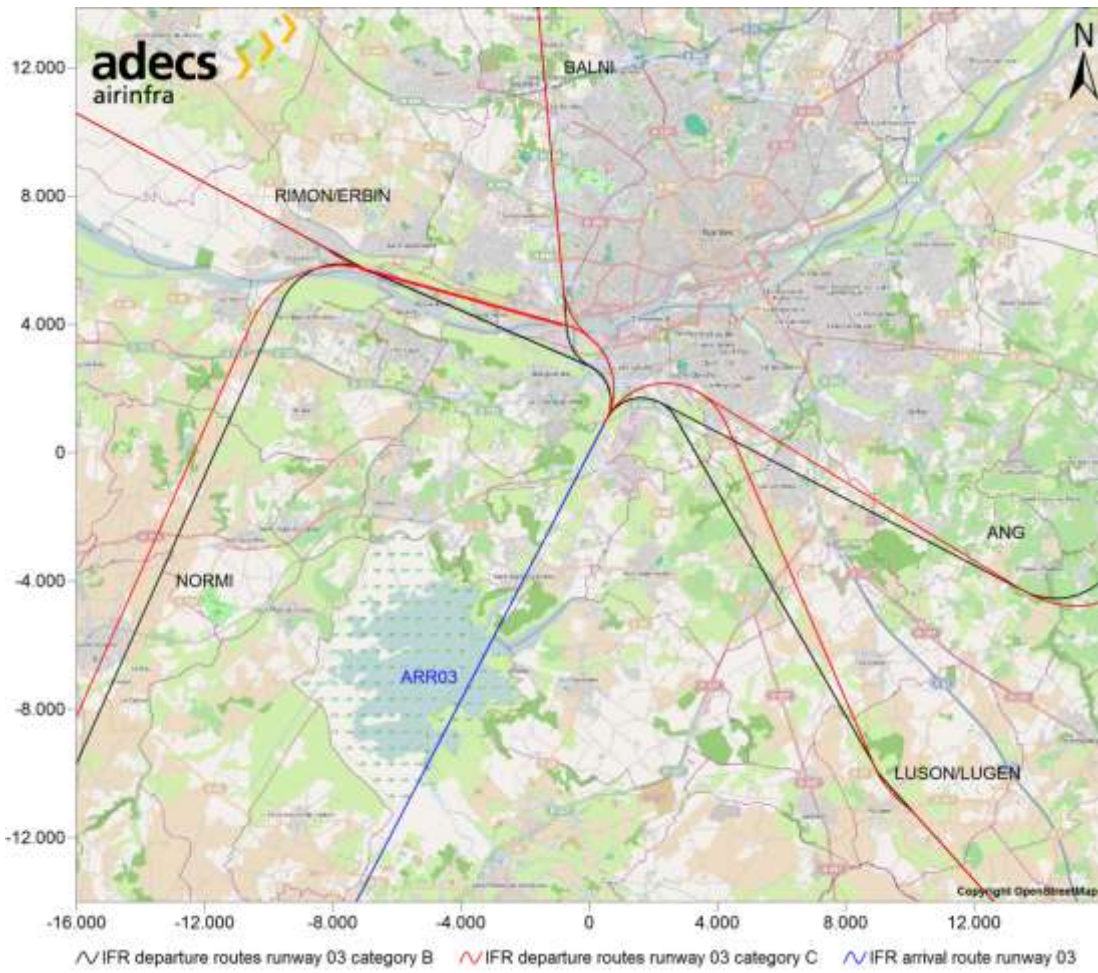


Figure 3 - Trajectoires théoriques IFR pour la piste 03



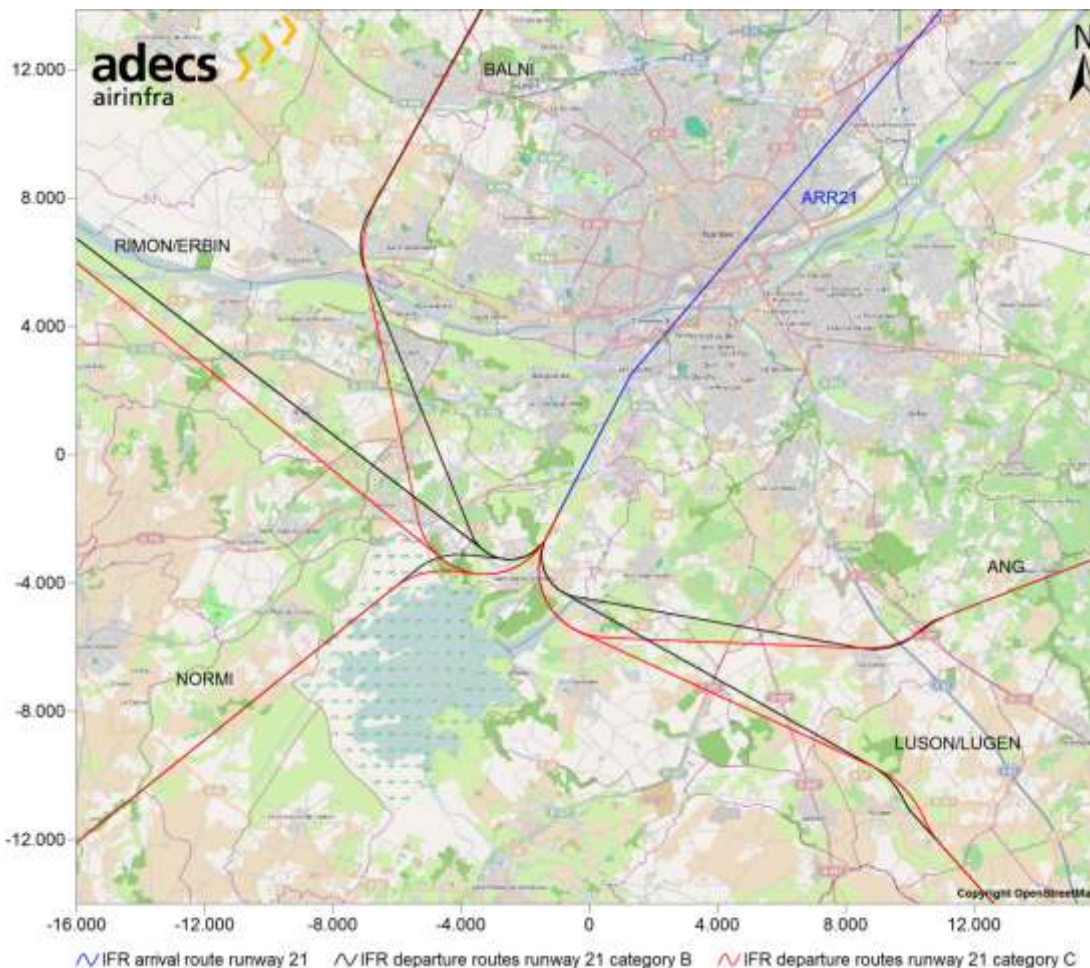


Figure 4 - Trajectoires théoriques IFR pour la piste 21

De manière à prendre en compte les écarts de trajectoire dus aux différences entre avions d’une même catégorie de performance, une dispersion est prise en compte dans le logiciel INM qui consiste à utiliser 9 sous-trajectoires pondérées selon la loi normale.

Si c’était possible, les écarts latéraux et les sous-trajectoires devraient être établis à partir de relevés réels de trajectoires sur l’aéroport étudié ou sur un aéroport comparable ; idéalement par une analyse statistique d’échantillons représentatifs de trajectoires enregistrées sur un radar. Malheureusement, ce type d’information n’était pas disponible au moment de l’étude. En l’absence de toute valeur de l’écart type, nous avons retenu la valeur définie dans les recommandations du volume 2 de ECAC DOC 29, 3ème édition.

$$S(s) = 0,128 \cdot s - 0,420 \quad \text{pour } 3,3 \text{ km} \leq s \leq 15 \text{ km}$$

$$S(s) = 1,5 \quad \text{pour } s > 15 \text{ km}$$

S est l’écart type en fonction de la distance s parcourue sur la trajectoire théorique. S(s) est égal à 0 entre le départ et s = 3,3 km.

#### 4.6.1.2 STARS

Nantes-Atlantique utilise actuellement quatre STAR conventionnelles. Nous faisons l’hypothèse que ces approches conventionnelles seront remplacées par des procédures CDA (descente continue) d’ici 2022 et 2032.

La descente continue (CDA) est conçue pour réduire la consommation de kérosène et le bruit par rapport aux approches conventionnelles. Au lieu de l’approche classique par paliers successifs avec des zones de descente entre les paliers, la CDA permet une descente en douceur, à pente constante, jusqu’au point d’entrée dans le système de descente aux instruments (ILS).

Les deux types d’approches utilisent le même système de descente aux instruments pour la phase finale, qui démarre à environ dix miles nautiques avant le seuil de la piste. Dans la mesure où le profil de descente et les

procédures de descente sont identiques dans ces dix derniers miles, cette partie de la trajectoire peut être modélisée en se basant sur l'information disponible sur AIP. Les approches en amont ne sont pas prises en compte dans le modèle INM car elles se situent bien au-delà des courbes de contour de bruit à 50 Lden et ont donc une influence négligeable sur les résultats.

Comme toutes les trajectoires d'approche partagent la même finale, une seule trajectoire a été modélisée pour chaque piste dans INM. A l'opposé des trajectoires de décollage, il n'a pas été nécessaire d'établir des variantes en fonction des performances de l'appareil, dans la mesure où la finale ne comprend pas de virages significatifs qui pourraient être influencés par la performance de l'appareil. Les trajectoires théoriques pour le trafic IFR se trouvent également sur les figures 3 et 4.

Pour prendre en compte les écarts par rapport à la trajectoire théorique, on applique dans INM une dispersion sur la base de 9 sous-trajectoires pondérées selon la loi normale. La dispersion utilisée pour l'approche est basée sur (NLR, 2006) qui décrit une analyse statistique des trajectoires réelles pour déterminer la dispersion réelle de la descente en continu à l'aéroport de Schiphol à Amsterdam. Comme les approches finales de Nantes Atlantique et de Schiphol se font toutes les deux en ILS, la dispersion mesurée dans ce rapport fournit une approximation pertinente pour la situation à Nantes Atlantique. Cette dispersion est présentée tableau 11. Entre les points de références, la valeur de dispersion est estimée par interpolation linéaire.

Distance au seuil de piste [NM]	Dispersion [NM]
10	0,19
9	0,10
6.2	0,04
4	0,02
0	0,002

Tableau 11 - Dispersion retenue dans le modèle INM pour la finale de descente IFR basée sur (NLR, 2006)  
 NM : mile nautique ; Dispersion : mesurée en « demi-largeur », la largeur étant mesurée à mi-hauteur de la courbe gaussienne de répartition.

La méthode décrite ci-dessus est conforme aux recommandations du volume 2 de ECAC (DOC 29 3ème édition).

#### 4.6.2 Définition des trajectoires et des dispersions VFR

Les trajectoires VFR de Nantes Atlantique sont publiées dans l'AIP. Dans l'AIP, il y a cinq trajectoires d'atterrissage, cinq trajectoires de décollage et un circuit pour le trafic VFR. Chaque trajectoire représente le chemin le plus direct entre le point d'entrée dans le circuit et l'un des cinq points de survol obligatoires. Dans cette étude, on fait l'hypothèse que tout le trafic VFR respecte les trajectoires recommandées même si, en réalité, les trajectoires peuvent s'en écarter à la demande du pilote, avec l'autorisation du contrôle aérien.

Les trajectoires VFR sont également modélisées dans INM en se basant sur AIP et en prenant comme hypothèse que tout le trafic VFR est classé dans les appareils de catégorie A. Les trajectoires modélisées sont présentées figures 5 et 6, pages suivantes.

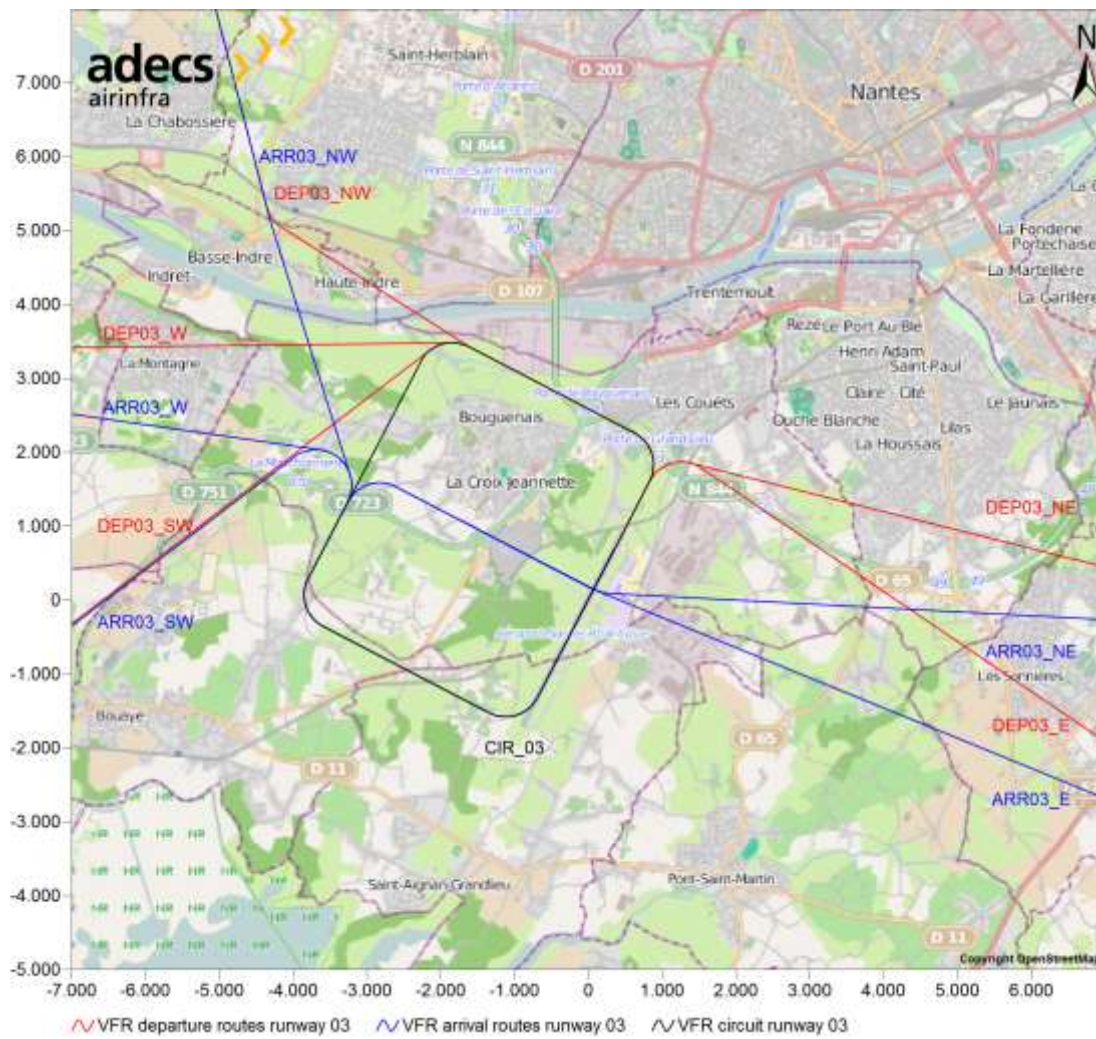


Figure 5 - Trajectoires théoriques VFR piste 03



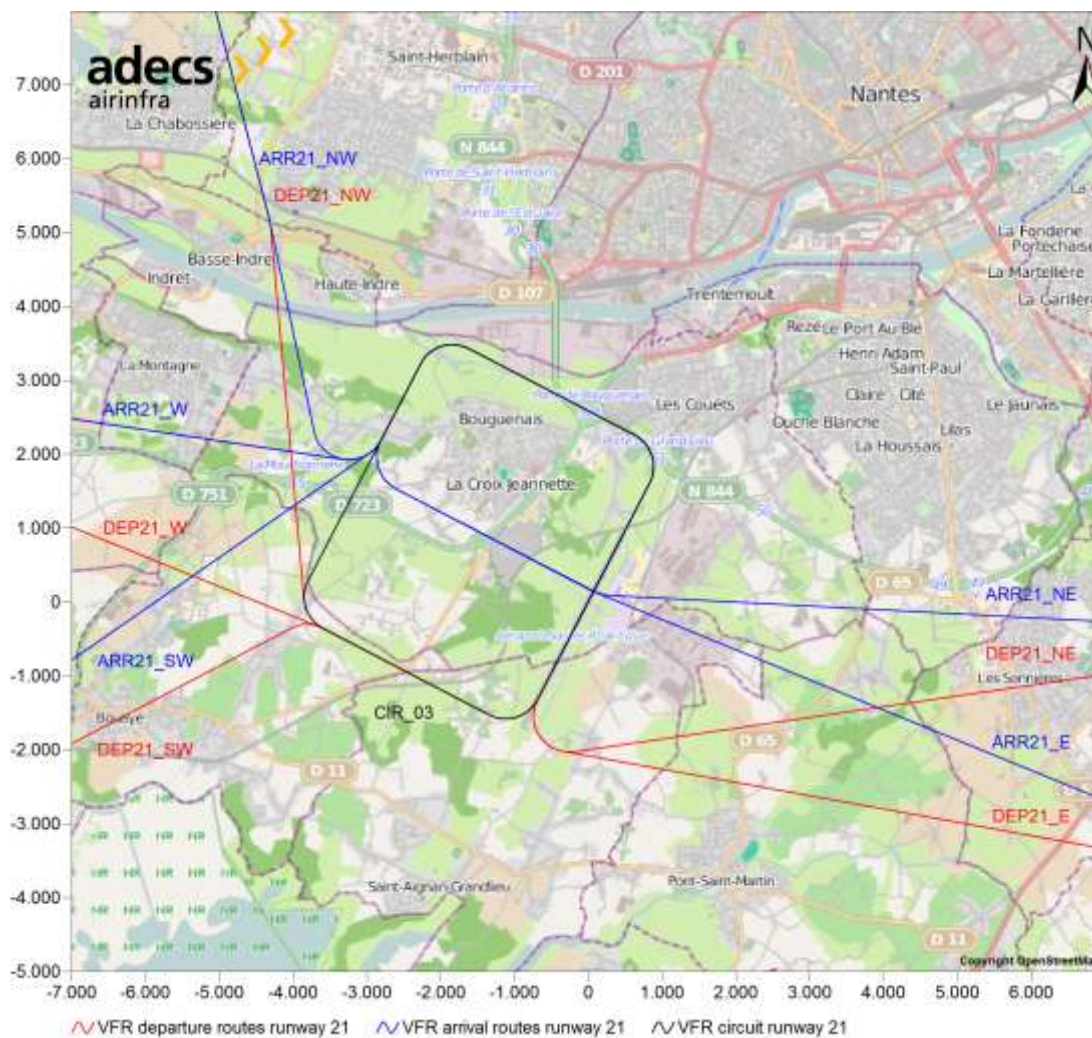


Figure 6 - Trajectoires théoriques VFR piste 21

Comme il est habituel de le faire, on n'applique pas de dispersion sur les trajectoires VFR.

#### 4.7 Taux d'utilisation des différentes trajectoires

Dans les sections suivantes, les taux d'utilisation des trajectoires sont traités séparément pour les trafics IFR et VFR.

##### 4.7.1 IFR – Taux d'utilisation

L'utilisation de la trajectoire standard pour 2022 et 2032 est déduite des données statistiques d'utilisation entre 2010 et 2012. Ces données proviennent de (Cédpa, 2013) et sont présentées tableau 12.

Trajectoire	2010	2011	2012
RIMON/ERBIN	2,8%	2,5%	2,5%
BALNI	15,3%	18,8%	17,2%
ANG	16,4%	21,0%	21,7%
LUGEN/LUSON	59,9%	53,9%	51,2%
NORMI	5,0%	4,0%	6,4%

Tableau 12 - Statistiques utilisation SID sur 2010-2012 (Cédpa, 2013)

Pour cette étude, l'hypothèse retenue est que l'utilisation de SID est égale à la moyenne de la période 2010-2012. Pour les SID-combinées RIMON/ERBIN et LUGEN/LUSON présentées dans le tableau 12, on fait une répartition 50/50 sur chaque SID. En multipliant ces taux d'utilisation de SID par les taux d'utilisation des pistes, on obtient le taux d'utilisation de chaque trajectoire modélisée. Pour les STARS, c'est plus facile, il n'y a qu'une trajectoire par piste (voir section 4.6.1.1) le taux d'utilisation de chaque trajectoire STAR est donc égal au taux d'utilisation de la

piste. Les taux d'utilisation des différentes trajectoires IFR utilisées dans le logiciel INM pour les scénarios 2022 et 2032 se trouvent tableau 13.

Piste	Type	Route	2022	2032
03	Départ	RIMON1N	0,4%	0,4%
		ERBIN1N	0,4%	0,4%
		BALNI1N	5,2%	5,2%
		ANG1N	6,0%	6,0%
		LUGEN1N	8,4%	8,4%
		LUSON1N	8,4%	8,4%
		NORMI1N	1,6%	1,4%
	Arrivée	ARR03	30,3%	30,3%
Total 03			60,7%	60,7%
21	Départ	RIMON1S	0,3%	0,41%
		ERBIN1S	0,3%	0,41%
		BALNI1S	3,4%	5,22%
		ANG1S	3,9%	6,00%
		LUGEN1S	5,4%	8,36%
		LUSON1S	5,4%	8,36%
		NORMI1S	1,0%	1,59%
	Arrivée	ARR21	19,7%	19,7%
Total 21			39,3%	39,3%
<b>Total</b>			<b>100%</b>	<b>100%</b>

Tableau 13 - Taux d'utilisation des différentes trajectoires IFR utilisés dans le logiciel INM pour les scénarios 2022 et 2032

#### 4.7.2 VFR – Taux d'utilisation

Malheureusement, il n'a pas été possible de trouver des données statistiques sur l'utilisation des trajectoires VFR. On a donc pris l'hypothèse que tout le trafic régional se répartissait également entre les différents points de survol. Cette hypothèse combinée avec la répartition d'utilisation des pistes présentée en section 4.4 donne les taux d'utilisation des trajectoires pour les vols VFR régionaux (tableau 14).

Piste	Type	Trajectoire	2022	2032
03(A)	Départ	DEP03_NW	6,1%	6,1%
		DEP03_W	6,1%	6,1%
		DEP03_SW	6,1%	6,1%
		DEP03_NE	6,1%	6,1%
		DEP03_E	6,1%	6,1%
	Arrivée	ARR03_NW	6,1%	6,1%
		ARR03_W	6,1%	6,1%
		ARR03_SW	6,1%	6,1%
		ARR03_NE	6,1%	6,1%
		ARR03_E	6,1%	6,1%
		Total 03(A)	60,7%	39,3%
21(A)	Départ	DEP21_NW	3,9%	3,9%
		DEP21_W	3,9%	3,9%
		DEP21_SW	3,9%	3,9%
		DEP21_NE	3,9%	3,9%
		DEP21_E	3,9%	3,9%
	Arrivée	ARR21_NW	3,9%	3,9%
		ARR21_W	3,9%	3,9%
		ARR21_SW	3,9%	3,9%
		ARR21_NE	3,9%	3,9%
		ARR21_E	3,9%	3,9%
		Total 21(A)	39,3%	39,3
<b>Total</b>			<b>100%</b>	<b>100%</b>

Tableau 14 - Taux d'utilisation des différentes trajectoires des vols VFR régionaux utilisés dans le logiciel INM pour les scénarios 2022 et 2032

Tous les vols locaux sont supposés être des tours de pistes. Le taux d'utilisation pour les tours de pistes VFR est égal au taux d'utilisation de la piste, voir tableau 15.

Piste	Type	Trajectoire	2022	2032
03(A)	Circuit	CIR_03	60,7%	60,7%
21(A)	Circuit	CIR_21	39,3%	39,3%
<b>Total</b>			<b>100%</b>	<b>100%</b>

Tableau 15 - Taux d'utilisation des différentes trajectoires des vols VFR locaux utilisés dans le logiciel INM pour les scénarios 2022 et 2032

#### 4.8 Répartition entre les types d'appareils

La base de données du logiciel INM comporte les performances et niveaux de bruit pour plus de 100 types d'aéronefs différents. Le logiciel va automatiquement utiliser les paramètres pertinents pour ces appareils.

Cependant, cette base de données INM ne comprend pas tous les types d'appareils. Pour cette raison, la base de données comprend un module d'examen qui permet de trouver des « substituts » approuvés pour de nombreux types d'appareils.

Afin de modéliser l'activité de Nantes Atlantique le plus précisément possible, les appareils pour les scénarios 2022 et 2032 (chapitre 3) sont représentés soit par leur type réel, soit par un substitut disponible dans INM. Les appareils absents de la base INM ont été remplacés par des appareils considérés comme des substituts pertinents sur la base de leurs caractéristiques de taille, de configuration, de poids et de segmentation d'activité.

La représentation de la composition de la flotte pour 2022 et 2032 ainsi que la part des différents types d'appareils dans les mouvements se trouvent tableaux 16 et 17. Le tableau 16 inclut également la catégorie de performance (APC) pour chaque type d'appareil. C'est cette catégorie APC qui détermine la variante de trajectoire que l'appareil utilise telle que considérée par le logiciel INM (cf section 4.6).

Type d'appareil	Représentation INM	APC	Part dans les mouvements
E145	EMB145	C	17,10%
A319	A319	C	10,45%
B738	B737800	C	10,23%
A320	A320-211	C	9,98%
F50	DHC830	B	7,01%
A321	A321	C	5,37%
CRJX	F100	C	5,22%
CRJ7	CRJ701	C	4,87%
CRJ1	CL600	C	3,90%
CRJ2	CL600	C	3,40%
A318	A319	C	3,15%
DH8D	DHC830	B	2,50%
B752	B757PW	C	2,47%
E135	EMB135	C	2,43%
B735	B737500	C	2,33%
AT45	ATR42	B	2,08%
E170	E190-100	C	1,68%
B712	B717200	C	1,25%
B737	B737300	C	1,25%
E190	E190	C	1,14%
CRJ9	CRJ900	C	1,11%
BE9L	BEC90	B	1,07%
<b>Total</b>			<b>100%</b>

Tableau 16 - Flotte IFR : représentation de la flotte pour les scénarios 2022 et 2032 utilisée dans les calculs INM

Type d'appareil	Part dans les mouvements 2022/2032
C172	50%
BE58	50%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Tableau 17 - Flotte VFR- représentation de la flotte pour les scénarios 2022 et 2032 utilisée dans les calculs INM

Chaque appareil est réputé décoller à son poids maximum admissible. Les profils de performances pertinents pris en compte dans INM pour chaque type d'appareil se trouvent tableau 18.

Type d'avion	Profil INM des arrivées	Profil INM des départs
A319	Standard 1	Standard 5
A320-211	Standard 1	Standard 5
A321	Standard 1	Standard 5
ATR42	Standard 1	Standard 1
B717200	Standard 1	Standard 6
B737300	Standard 1	Standard 4
B737500	Standard 1	Standard 5
B737800	Standard 1	Standard 6
B757PW	Standard 1	Standard 7
BEC90	Standard 1	Standard 1
CL600	Standard 1	Standard 1
CRJ701	Standard 1	Standard 5
CRJ900	Standard 1	Standard 5
DHC830	Standard 1	Standard 1
E190	Standard 1	Standard 4
EMB135	Standard 1	Standard 4
EMB145	Standard 1	Standard 4
F100	Standard 1	Standard 3

Tableau 18 - Profils de performances pertinents pris en compte dans INM pour chaque type d'appareil

## 5 Résultats

Pour les prévisions de trafic en 2022 et 2032, les deux scénarios flotte figée et flotte à jour ont été calculés en utilisant le modèle INM, avec les paramètres d'entrée décrits chapitre 4. Les résultats de cette analyse sont présentés dans ce chapitre.

### 5.1 Courbes de niveau d'exposition au bruit

L'exposition au bruit à l'aéroport de Nantes Atlantique a été calculée pour des prévisions de trafic pour les années 2022 et 2032 avec respectivement 67 000 et 85 000 mouvements, tant pour le scénario flotte figée que pour le scénario flotte à jour.

Les résultats sont présentés sur des cartes d'exposition au bruit qui montrent les courbes de niveaux 50, 55, 62 et 70 dB(A) Lden, pour les années 2022 et 2032. Les figures 7 et 8 présentent les cartes d'exposition au bruit flotte figée et flotte à jour pour 2022 ; les figures 9 et 10, celles pour 2032. Dans les cartes flotte à jour, figurent les courbes pour les deux variantes : évolution inférieure à la tendance et évolution supérieure à celle-ci.

Pour chaque scénario, les surfaces des zones ont été calculées et figurent tableau 19.

Année	Scénario	Hypothèse d'évolution technique des appareils	Surface selon les contours [km <sup>2</sup> ]			
			50 Lden	55 Lden	62 Lden	70 Lden
2022	Flotte figée	-	32,65	12,56	3,17	0,80
	Flotte à jour	Inférieure à la tendance	24,15	9,05	2,36	0,64
	Flotte à jour	Supérieure à la tendance	21,19	7,84	2,08	0,58
2032	Flotte figée	-	41,66	16,15	4,01	0,97
	Flotte à jour	Inférieure à la tendance	23,60	8,82	2,30	0,62
	Flotte à jour	Supérieure à la tendance	17,45	6,38	1,72	0,49

Tableau 19 - Surface des zones de bruit pour chaque scénario étudié.



La comparaison des résultats des deux scénarios démontre clairement l'effet du renouvellement des flottes et des progrès techniques. Les surfaces impactées sont significativement réduites quand la flotte évolue, et notamment quand l'évolution technique est supérieure à la tendance. Cela montre que le renouvellement de la flotte et les avancées technologiques peuvent compenser l'augmentation de l'exposition au bruit due à la progression du trafic.

Cependant, la comparaison des deux options du scénario flotte à jour montre que l'effet des avancées technologiques et du renouvellement de la flotte sur la future exposition au bruit est déterminé de façon significative par la vitesse à laquelle la technologie va évoluer et la flotte va être renouvelée. En comparant les résultats des variantes de la flotte à jour pour 2022 et 2032, on a une idée de l'éventail des situations possibles pour ces deux dates.

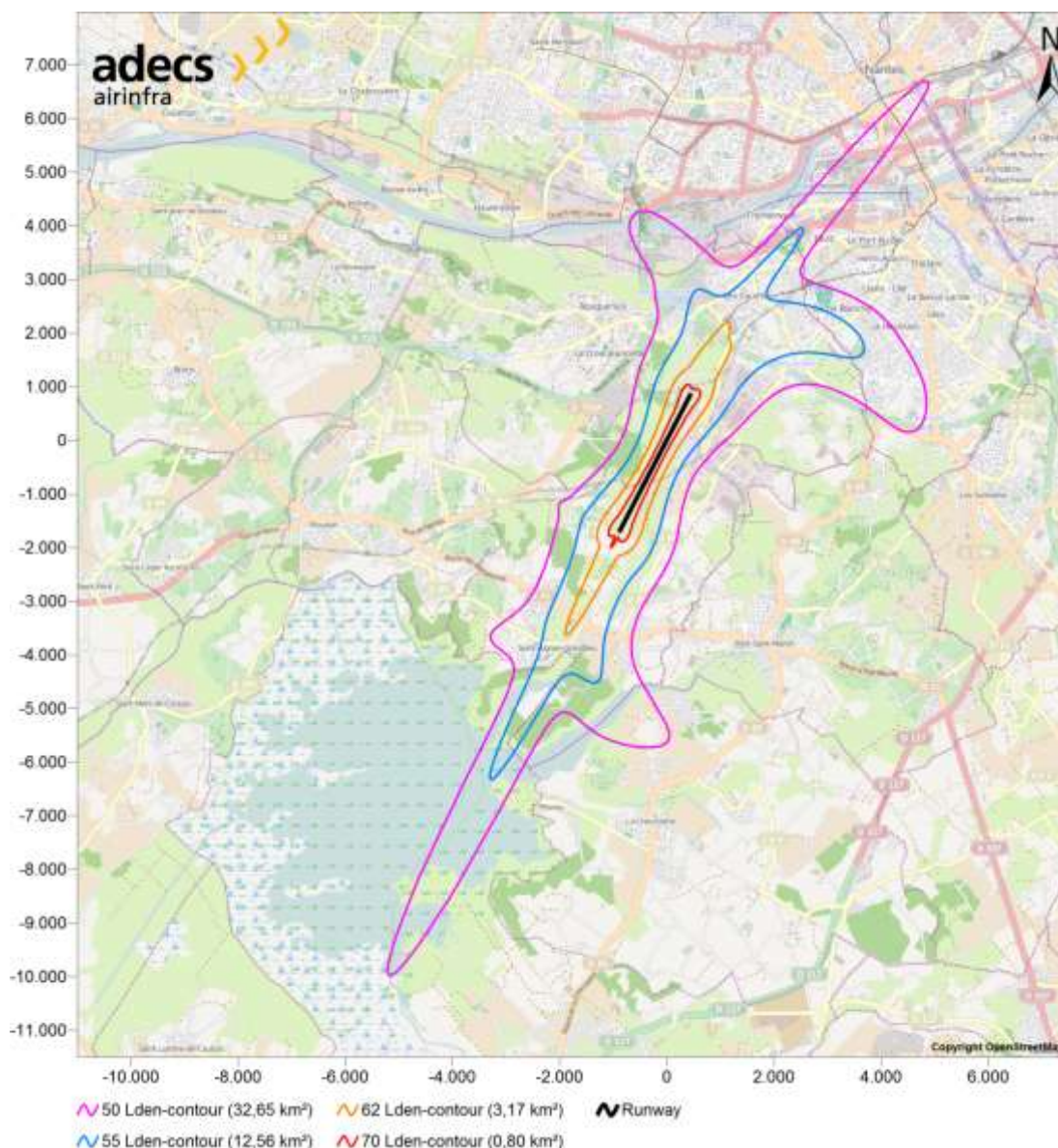


Figure 7 - Courbes de niveaux sonores à 50, 55, 62 et 70 dB(A) Lden pour le scénario flotte figée en 2022

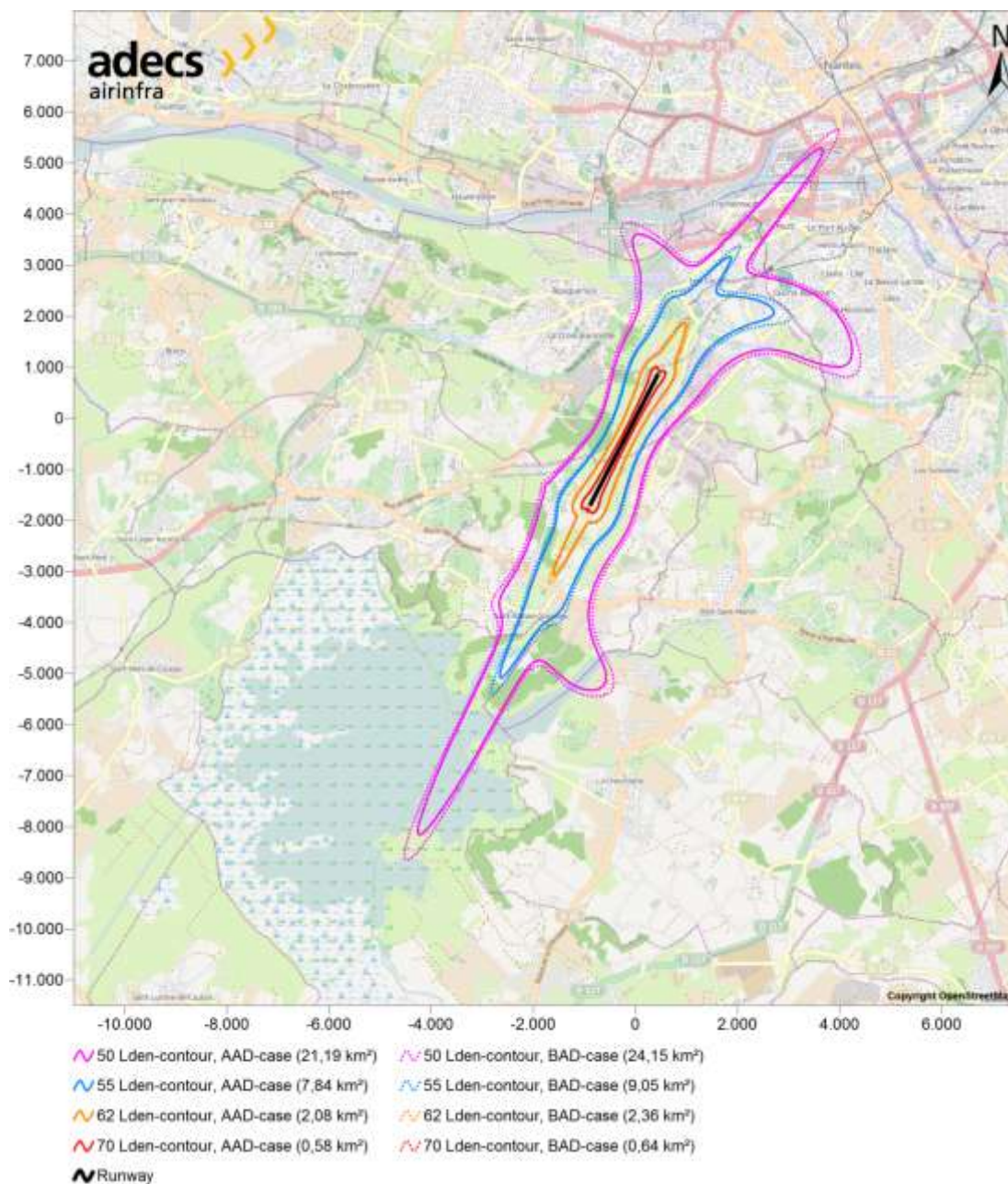


Figure 8 - Courbes à 50, 55, 62 et 70 dB(A) Lden du scénario flotte à jour pour 2022. Les traits pleins correspondent à la variante Evolution supérieure à la tendance (VST), les pointillés correspondent à la variante Evolution inférieure à la tendance (VIT)



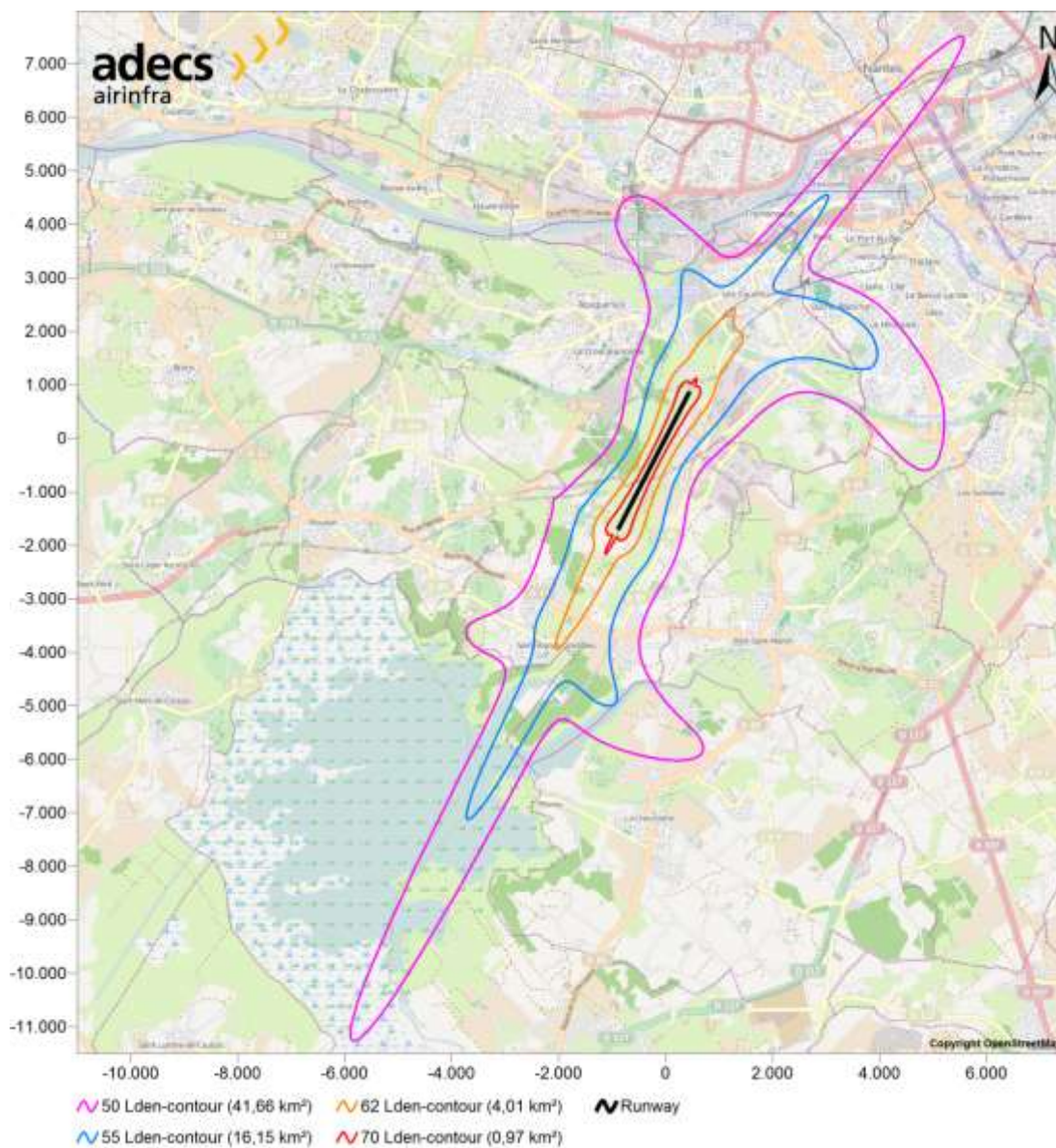


Figure 9 - Courbes de niveaux sonores à 50, 55, 62 et 70 dB(A) Lden scénario flotte figée pour 2032



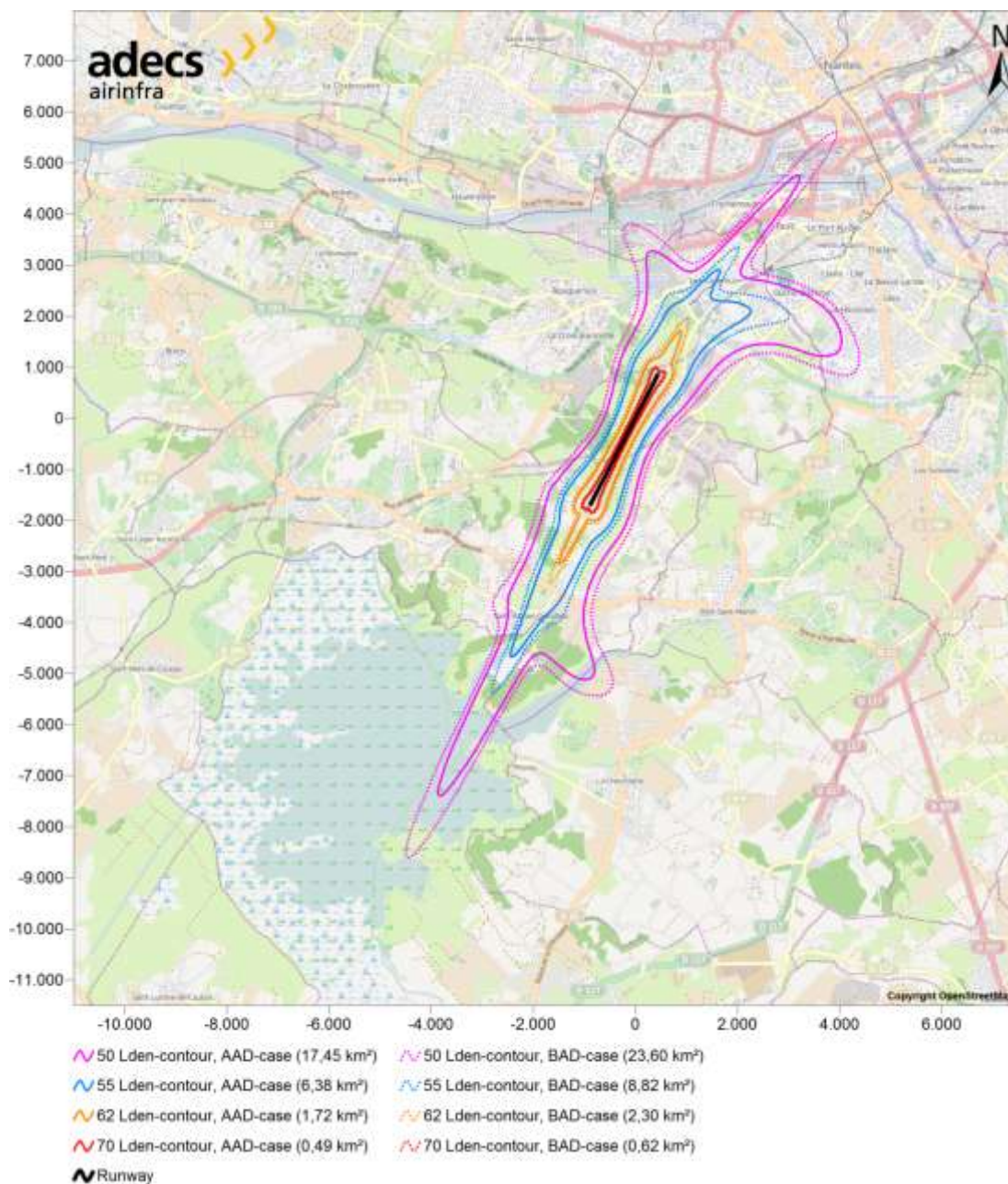


Figure 10 - Courbes de niveaux sonores à 50, 55, 62 et 70 dB(A) Lden scénario flotte à jour pour 2032. Les traits pleins correspondent à la variante Evolution supérieure à la tendance (VST), les pointillés correspondent à la variante Evolution inférieure à la tendance (VIT)

## 5.2 Calcul inverse

Une partie de cette étude a consisté à faire un calcul inverse, afin de déterminer le nombre maximum de mouvements permettant de ne pas dépasser une limite de 55 Lden dB(A) sur une zone déterminée. Cette limite est définie comme la rive nord du “Bras de Pirmil” entre 1000 mètres à l’ouest et 400 mètres à l’est du “Pont des Trois Continents” qui se situe au centre de Nantes (comme indiqué figure 11).

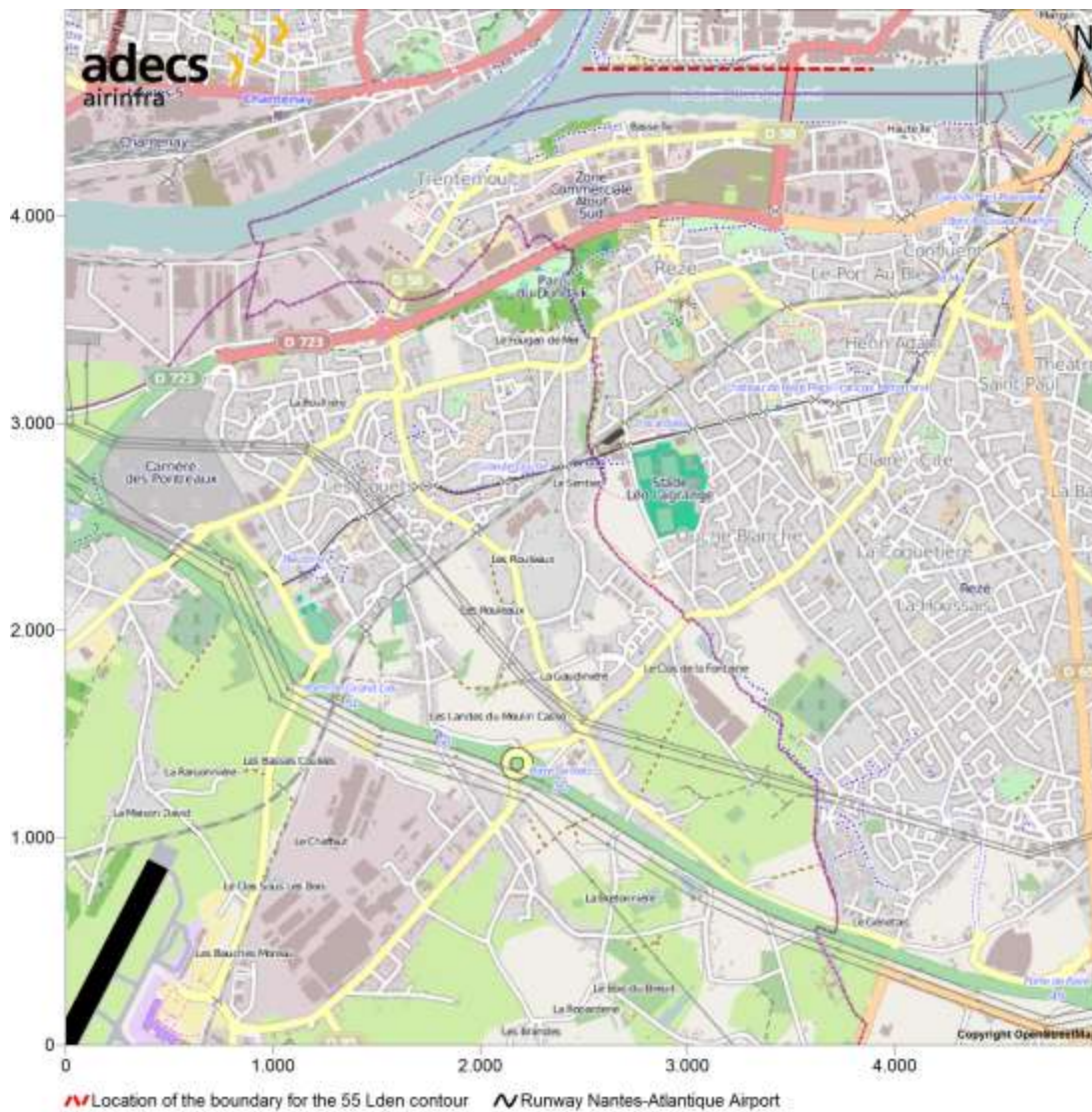


Figure 11 Localisation de la limite définie pour le niveau de 55 Lden dB(A)

Les nombres de mouvements possibles sans dépasser la limite de 55 Lden ont été calculés, ils sont présentés tableau 20.

Année	Scénario	Hypothèse d'évolution technique des appareils	Nombre maximum de mouvements		
			VFR	IFR	Total
2022	Flotte figée	-	16 800	80 100	96 900
	Flotte à jour	Inférieure à la tendance	24 200	115 700	139 900
	Flotte à jour	Supérieure à la tendance	28 500	136 000	164 500
2032	Flotte figée	-	10 700	80 400	91 100
	Flotte à jour	Inférieure à la tendance	21 400	160 300	181 700
	Flotte à jour	Supérieure à la tendance	30 900	231 800	262 700

Tableau 20 - Nombres maxima de mouvements compatibles avec la limite de 55 Lden prédéfinie

De manière analogue aux courbes de bruit, le calcul inverse montre clairement l'impact de la mise à jour de la flotte. Au fur et à mesure du progrès technique et du renouvellement de la flotte des compagnies aériennes opérant à Nantes Atlantique, le trafic peut augmenter significativement sans augmenter l'exposition au bruit autour de l'aéroport. Toutefois, l'impact réel ne peut être calculé avec précision, car il dépend de façon importante du rythme d'évolution de la technologie et de celui du renouvellement de la flotte.

## Références

---

- AIP (2013). Aeronautical Information Publications. Service de L'Information Aéronautique. 20 mai 2013. [https://www.sia.aviation-civile.gouv.fr/html/frameset\\_aip\\_uk.htm](https://www.sia.aviation-civile.gouv.fr/html/frameset_aip_uk.htm) Dernière visite : 20 juin 2013.
- Cédpa (2013). Statistiques de Nantes Atlantique (LFRS). Collectif d'élus Doutant de la pertinence de l'aéroport de Notre-Dame-des-Landes. Rapport interne, basé sur une source anonyme.
- ICAO (2010). ICAO Rapport environnemental 2010: Aviation et Changement climatique. Branche Environnement de l'ICAO, organisation de l'aviation civile internationale (International Civil Aviation Organization).
- Jarvis, A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2008, Hole-filled SRTM for the globe Version 4, disponible sur CGIAR-CSI SRTM 90m Database (<http://srtm.csi.cgiar.org>).
- NLR (2006). Accuracy analysis of RNAV-based night-time transitions to runway 18R. National Aerospace Laboratory. Executive summary. Octobre 2006.
- Have H.B.G. ten and Heppe G. (1997) Handleiding voor het tekenen van spreidingsgebieden. Versie 1.3. National Aerospace Laboratory. Septembre 1997.



## Annexe - Historique de la répartition de la flotte IFR à Nantes Atlantique

Type	2010	2011	2012	Moyenne
E145	14,4%	17,6%	15,8%	15,9%
A319	9,2%	10,1%	9,9%	9,7%
B738	10,2%	8,4%	10,0%	9,5%
A320	9,9%	8,4%	9,6%	9,3%
F50	3,9%	8,7%	7,0%	6,5%
A321	4,8%	4,9%	5,3%	5,0%
CRJX	0,0%	1,7%	12,9%	4,9%
CRJ7	7,4%	5,0%	1,2%	4,5%
CRJ1	3,9%	3,7%	3,3%	3,6%
CRJ2	3,8%	4,2%	1,5%	3,2%
A318	4,5%	3,0%	1,3%	2,9%
DH8D	0,7%	3,5%	2,8%	2,3%
B752	2,5%	2,3%	2,1%	2,3%
E135	3,8%	3,0%	0,0%	2,3%
B735	2,2%	2,2%	2,1%	2,2%
AT45	2,2%	2,0%	1,6%	1,9%
E170	0,7%	1,5%	2,5%	1,6%
B712	0,0%	0,0%	3,5%	1,2%
B737	1,4%	1,2%	0,9%	1,2%
E190	3,2%	0,0%	0,0%	1,1%
CRJ9	1,6%	0,8%	0,7%	1,0%
BE9L	1,1%	1,0%	0,9%	1,0%
B190	1,1%	1,0%	0,7%	0,9%
AT43	0,9%	0,8%	0,6%	0,8%
B733	2,2%	0,0%	0,0%	0,7%
B736	0,7%	0,8%	0,7%	0,7%
C510	0,4%	0,8%	0,7%	0,6%
B734	0,9%	0,8%	0,0%	0,6%
C25A	0,4%	0,5%	0,2%	0,4%
TRIN	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%
A3ST	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%
JS41	0,0%	0,8%	0,0%	0,3%
B744	0,7%	0,0%	0,0%	0,2%
BE20	0,4%	0,0%	0,3%	0,2%
A333	0,2%	0,2%	0,0%	0,1%
C550	0,2%	0,0%	0,0%	0,1%
B77W	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%



ADECS Airinfra, Bagijnhof 80, 2611 AR Delft, Netherlands

[www.adecs-airinfra.nl](http://www.adecs-airinfra.nl)

info@adecs-airinfra.nl