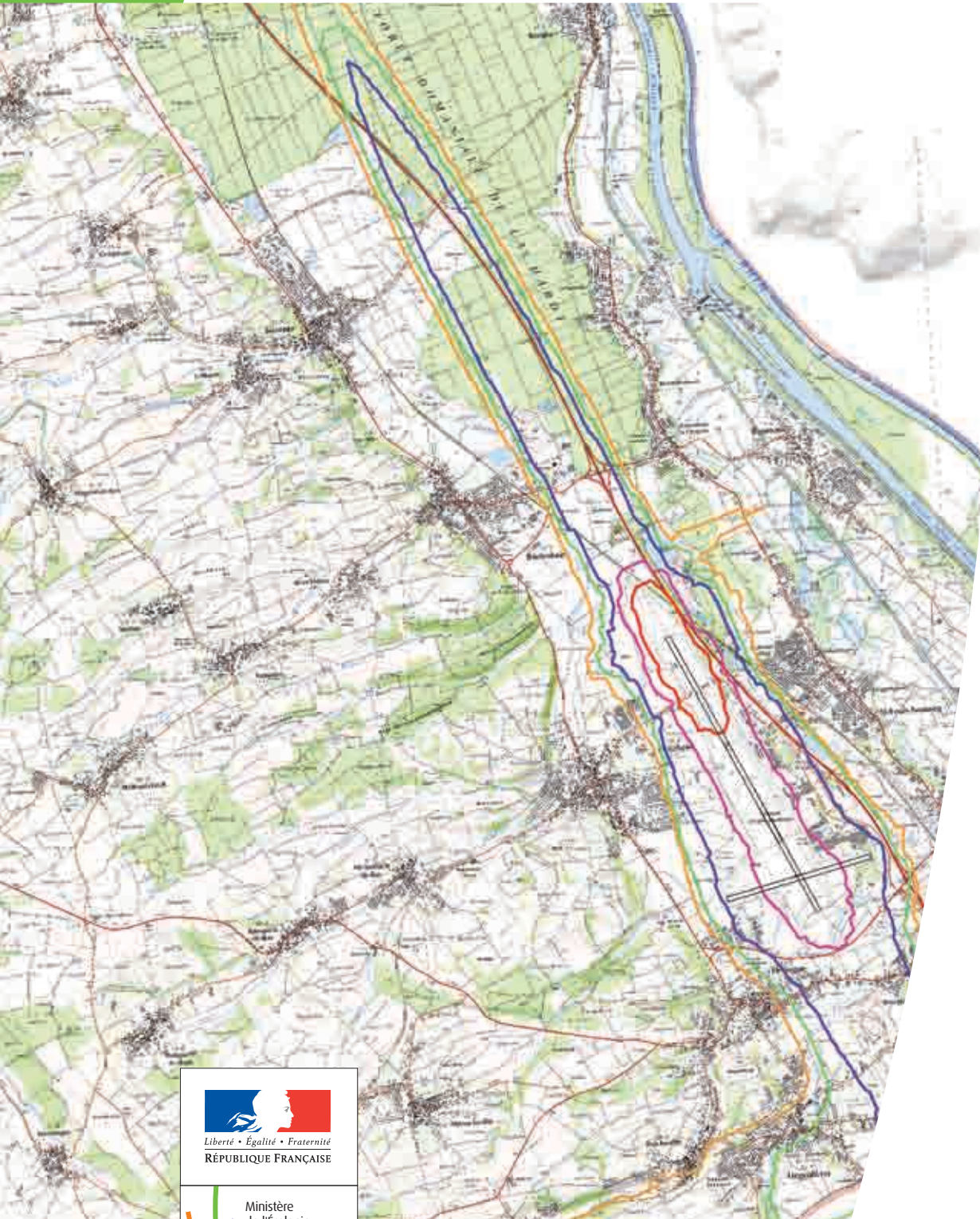


Étude de sensibilité de l'indicateur de bruit NA « Number Above »

Rapport



Ressources, territoires, habitats et logement
Énergie et climat
Prévention des risques
Développement durable
Infrastructures, transports et mer

Présent
pour
l'avenir



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER
en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat

Direction générale de l'aviation civile

Service technique de l'aviation civile

Département Aménagement Capacité Environnement

Etude de sensibilité de l'indicateur de bruit NA « Number Above »

Version **V1 du 17/05/10**

Rédacteurs : **Aude MALIGE**

Référence : RETU/STAC/ACE/MODL/10-142

Résumé

Cette étude méthodologique a été commandée par la DTA au STAC afin d'évaluer le potentiel d'utilisation de l'indicateur NA en France. Trois études tests ont été retenues : une étude fictive, le PGS 2008 de Bâle-Mulhouse et le PGS 2004 de Paris-Orly. Afin de mieux connaître le comportement de cet indicateur, l'impact de la variation de nombreux paramètres sur les contours en NA a été étudié. Cette analyse de la sensibilité a porté sur :

- les principaux paramètres liés aux hypothèses de trafic : nombre total de mouvements, impact des atterrissages et des décollages, impact relatif gros porteurs / moyens porteurs / avions régionaux / aviation légère et typologie des avions ;
- les principaux paramètres de modélisation : profils de vol, base de données INM, dispersion latérale des trajectoires, prise en compte du relief et finesse du pas de calcul ;
- les paramètres liés à la construction de l'indicateur : NA-SEL et NA-nuit

Les contours de bruit en NA (NA70, NA65 et NA62) ont été calculés pour de nombreux scénarios. L'analyse des variations surfaciques et de nombreuses superpositions graphiques a permis d'appréhender le comportement de l'indicateur NA notamment par rapport au Lden.

Outre les avantages bien connus de l'indicateur NA (définition et comportement arithmétique du NA aisément compréhensible par les néophytes, bonne prise en compte de l'effet fréquence), cette étude met également en évidence les principaux inconvénients techniques du NA¹ :

- difficulté de fixer des valeurs limites pertinentes et communes à tous les aéroports
- effets de seuil et de bord importants
- indicateur nettement plus instable et plus imprévisible que le Lden
- effets limités voire nuls de la modernisation de la flotte sur les contours en NA

La question du niveau de corrélation de l'indicateur NA avec la gêne effectivement ressentie par les riverains d'aéroports dépasse le champ de la présente étude et doit être traitée dans le cadre d'enquêtes de gêne sonore et d'études épidémiologiques sérieuses qui pourront notamment statuer sur la pertinence en termes de santé publique de l'indicateur NA-nuit pour évaluer les perturbations du sommeil.

Mots clés

Bruit, NA, Number Above, Lden, INM

¹ Il est fortement recommandé de lire l'intégralité des conclusions détaillées du rapport afin de mieux évaluer la complexité du sujet

SOMMAIRE

1. OBJET ET CONTEXTE DE L'ETUDE	5
1.1. ELEMENTS DE CONTEXTE	5
1.2. OBJET DE L'ETUDE	5
1.3. TERMINOLOGIE	5
2. METHODOLOGIE	7
2.1. TEST PREALABLE DU LOGICIEL N-INM	7
2.2. CHOIX DES TROIS SCENARIOS DE REFERENCE	8
2.2.1. Scénario de référence de l'aérodrome fictif	8
2.2.2. Scénario de référence de l'aérodrome de Bâle-Mulhouse	10
2.2.3. Scénario de référence de l'aérodrome de Paris-Orly	10
2.3. PARAMETRES TESTES	11
2.4. METHODE D'EXPLOITATION DES RESULTATS	13
2.4.1. Analyse de la sensibilité des courbes NA aux différents paramètres	13
2.4.2. Etude en 3 points particuliers de l'aérodrome fictif	16
3. ANALYSE DES RESULTATS	17
3.1. RESULTATS GENERAUX POUR LES 3 SCENARIOS DE REFERENCE	17
3.1.1. Aérodrome fictif – superposition NA/Lden	18
3.1.2. Paris-Orly – superposition NA/Lden	20
3.1.3. Bâle-Mulhouse – superposition NA/Lden	21
3.2. IMPACT DES PARAMETRES LIES AUX HYPOTHESES DE TRAFIC	22
3.2.1. Nombre total de mouvements	22
3.2.2. Impact des atterrissages et des décollages	23
3.2.3. Impact relatif gros porteurs / moyens porteurs / avions régionaux / aviation légère	26
3.2.4. Typologie des avions commerciaux	28
3.3. IMPACT DES PARAMETRES DE MODELISATION	30
3.3.1. Profils de vol au décollage	30
3.3.2. Profils de vol à l'atterrissage	30
3.3.3. Base de données	31
3.3.4. Dispersion latérale des trajectoires	31
3.3.5. Relief	32
3.3.6. Pas de calcul	33
3.4. IMPACT DES PARAMETRES LIES A LA CONSTRUCTION DE L'INDICATEUR	34
3.4.1. Résultat pour le NA SEL	34
3.4.2. Résultat pour le NA-Nuit	35
4. CONCLUSIONS	37
4.1. DES OUTILS INFORMATIQUES NON INTEGRES	37
4.2. DES VALEURS LIMITES EN NA DIFFICILES A FIXER	37
4.3. DES EFFETS DE SEUIL ET DE BORD IMPORTANTS	37
4.3.1. Effets de seuil	37
4.3.2. Effets de bord	39
4.4. UN COMPORTEMENT TRES DIFFERENT DU LDEN	40
4.5. UNE COMPARAISON AISEE AVEC LA MESURE	40
4.6. UNE CORRELATION AVEC LA GENE QUI RESTE A DEMONTRER	41
ANNEXE 1 - SYNTHESE DES COMPARAISONS SURFACIQUES POUR LES DIFFERENTS SCENARIOS ETUDIES	42
ANNEXE 2 - GLOSSAIRE	44
ANNEXE 3 - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	45

1. OBJET ET CONTEXTE DE L'ETUDE

1.1. ELEMENTS DE CONTEXTE

L'indicateur NA (Number of events Above) permet de calculer le nombre de mouvements d'avions qui dépassent un certain niveau de bruit durant une période donnée. Il peut être défini à partir de différents descripteurs acoustiques (SEL ou L_{max} par exemple). Cet indicateur permet de répondre à la question : combien d'avions par jour dépassent, en moyenne, un niveau de bruit fixé ?

Cet indicateur est utilisé depuis une dizaine d'années en Australie essentiellement à titre d'information et en complément d'un indicateur national de planification, l'ANEF². L'ANEF est proche dans son principe des indices acoustiques courants de cumul énergétique avec pondération comme le L_{dn} et le L_{den}. L'indicateur NA a été notamment très largement utilisé dans le cadre de la modification du système d'exploitation de l'aéroport de Sydney avec la création d'une 3^{ème} piste. En dehors de l'Australie, l'indicateur NA reste peu utilisé dans le monde notamment parce que ce n'est pas un indice paramétrable directement par les utilisateurs du logiciel américain INM de modélisation du bruit des aéronefs.

En France, l'ACNUSA, dans ses rapports d'activité 2005, 2007 et 2008, a émis des recommandations préconisant l'utilisation de l'indice NA, en complément du L_{den}, pour ajuster ponctuellement le zonage d'un PGS à partir de mesures de bruit in situ.

Par ailleurs plusieurs associations de riverains présentes en CCAR sont favorables à l'introduction de ce nouvel indicateur qui leur paraît plus représentatif de la gêne sonore.

1.2. OBJET DE L'ETUDE

Afin de pouvoir appréhender le potentiel d'utilisation du NA, la DTA a commandé en juillet 2009 au STAC une étude de sensibilité de cet indice (courrier du 6 juillet 2009 référence 09168). Cette étude sur l'influence de divers paramètres sur le comportement du NA ne porte que sur le NA calculé à partir d'outils de modélisation : aucune mesure de bruit en exploitation n'a été exploitée à ce stade.

1.3. TERMINOLOGIE

En complément de la terminologie essentielle définie ci-dessous et nécessaire à la compréhension de l'étude, un glossaire est joint en annexe.

Données bruit-puissance-distance d'un aéronef (ou courbes NPD noise-power-distance)

Rapport bruit-puissance-distance défini pour chaque aéronef dans des conditions standardisées. Les niveaux de bruit tiennent compte de la divergence géométrique du son et de l'absorption atmosphérique du son dans l'air.

Indice L_{den} (L= level, d= day, e= evening, n= night): indice de bruit exprimé en dB(A) représentant le niveau d'exposition totale au bruit.

Il tient compte :

- du niveau sonore moyen pendant chacune des trois périodes de la journée c'est à dire le jour (6h00-18h00), la soirée (18h00-22h00) et la nuit (22h00-6h00)
- d'une pondération du niveau sonore selon la période de la journée : les niveaux sonores de la soirée et de la nuit sont respectivement pénalisés de 5dB(A) et 10dB(A).

² Australian Noise Exposure Forecast

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left[12 \times 10 \frac{L_d}{10} + 4 \times 10 \frac{L_e+5}{10} + 8 \times 10 \frac{L_n+10}{10} \right]$$

où :

L_d = Niveau sonore moyen pondéré A, tel que défini dans ISO 1996-2:1987, déterminé sur la période de jour s'étendant de 6 heures à 18 heures ;

L_e = Niveau sonore moyen pondéré A, tel que défini dans ISO 1996-2:1987, déterminé sur la période de soirée s'étendant de 18 heures à 22 heures ;

L_n = Niveau sonore moyen pondéré A, tel que défini dans ISO 1996-2 :1987, déterminé sur la période de nuit s'étendant de 22 heures à 6 heures le lendemain.

Indice L_n (L= level, n= night) : indice de bruit pour la période nocturne défini comme le niveau sonore moyen pondéré A, tel que défini dans ISO 1996-2 :1987, déterminé sur la période de nuit s'étendant de 22 heures à 6 heures le lendemain.

L'indice L_n étant par définition un indice de bruit exclusif pour la période de nuit, aucune pondération fonction de la période de la journée n'est appliquée pour le calcul de l'indice.

INM : Integrated Noise Model : logiciel américain de modélisation du bruit des aéronefs

LAMax : niveau de bruit maximum d'un évènement sonore exprimé en LAeq,1s

NA : « Number of events Above », nombre d'évènements sonores au dessus d'un niveau donné, exprimé en LAmax (ou éventuellement en SEL)

N-INM : post-processeur d'INM nécessaire pour le calcul de l'indicateur NA

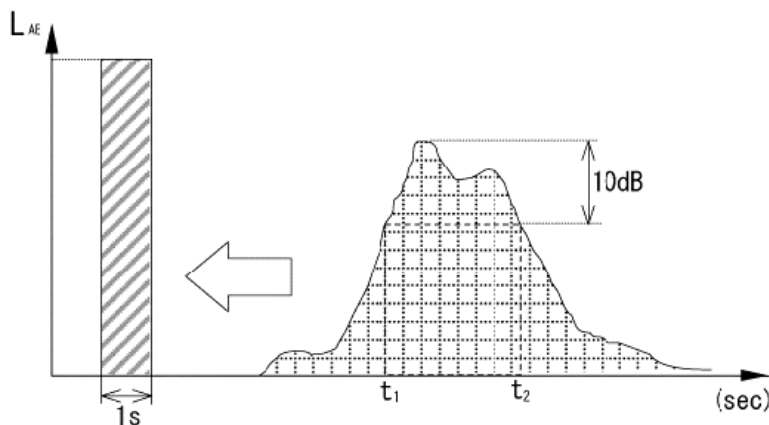
NM-Plot : logiciel américain développé pour éditer, visualiser et combiner des courbes, notamment de bruit, à partir de grilles de calcul

Profils de vols

Données relatives aux variations d'altitude, de vitesse et des paramètres de vol (dont la poussée) d'un aéronef le long d'une trajectoire sol

SEL : « sound exposure level » : niveau d'exposition au bruit d'un évènement sonore

Niveau de bruit que possèderait un évènement acoustique si toute son énergie acoustique était compressée uniformément pour une durée de référence de 1 seconde.



2. METHODOLOGIE

2.1. TEST PREALABLE DU LOGICIEL N-INM

Le calcul de courbes de bruit en NA à partir de l'outil INM est possible mais nécessite un post-processeur spécifique qui n'est pas livré avec le logiciel INM³. L'outil N-INM a donc été développé par la Mission Environnement de la DSNA en 2005 : il s'agit d'un post processeur à INM qui, à partir de grilles de calcul détaillées produites par le code INM, permet de générer des courbes de bruit en NA :

- La première étape consiste à calculer dans INM les niveaux de bruit (en LAMax la plupart du temps) générés par chaque vol étudié en tout point d'une grille de calcul. Les grilles de calcul détaillées ainsi produites dans INM contiennent des informations très détaillées au niveau de chaque vol et génèrent des fichiers informatiques volumineux de plusieurs Go⁴. Afin de limiter les temps de calcul, la phase préalable d'optimisation de la grille de calcul (définition du pas de calcul, taille et orientation de la grille) est primordiale.
- La deuxième étape consiste à exploiter, dans l'outil N-INM, les grilles de calcul détaillées pour comptabiliser en chaque point de la grille de calcul le nombre d'évènements ayant dépassé le niveau de bruit fixé.
- La dernière étape consiste à tracer les contours NA à l'aide du logiciel NM-Plot⁵ puis à les exporter et à les exploiter dans les outils SIG classiques comme Mapinfo.

La Mission Environnement de la DSNA était jusqu'à lors la seule utilisatrice de l'outil N-INM⁶. Préalablement à cette étude, le STAC a mené quelques tests pour s'assurer de la cohérence des résultats produits par ce nouvel outil et définir des paramètres de modélisation optimum en matière de temps de calcul et de rendu graphique.

Ces tests ont porté sur les 2 versions N-INM actuellement disponibles : N-INM 6 (compatible avec INM 6) et N-INM 7 (compatible avec INM 7). Ils ont consisté à vérifier la bonne superposition des empreintes LAMax et SEL avec les courbes en NA produites par N-INM et NM-Plot.

Ces tests ont révélé un problème de codage de l'outil N-INM dès lors que le nombre de mouvements journaliers sur une trajectoire n'est pas un nombre entier⁷. Ce problème a été résolu en janvier 2010 par la Mission Environnement pour l'outil N-INM 7. Le STAC a conclu sur la cohérence des résultats produits par la version N-INM 7 modifiée et sur la nécessité de retenir un pas de calcul fin pour améliorer la précision des résultats, limiter les interpolations dans NM-PLOT et les effets de « dentelles » très fréquents sur les courbes en NA en particulier pour des volumes de trafic modestes.

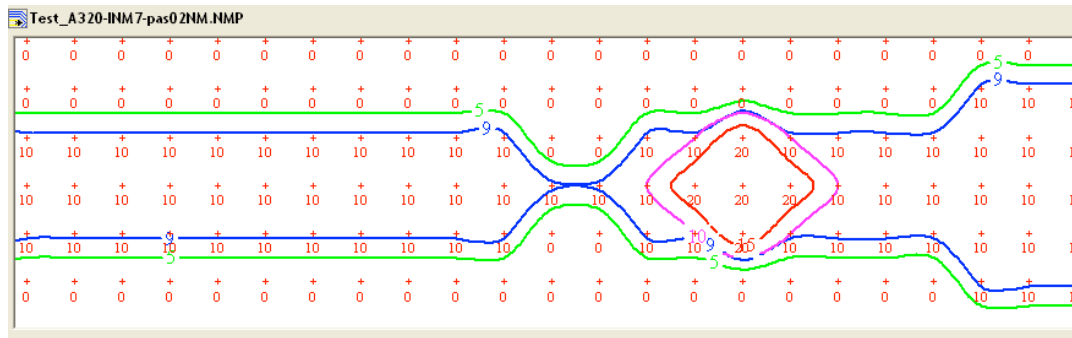
³ La FAA n'envisage apparemment pas d'ajouter à court terme le NA dans la liste des indicateurs paramétrés par défaut dans INM

⁴ Pour le cas pratique sur Orly, la grille comporte 60 000 points : ainsi, 60 000 lignes sont créées dans INM pour chaque vol modélisé

⁵ Le logiciel NM-PLOT édite les « courbes iso NA » à partir d'hypothèses d'interpolation linéaire entre les différents points de la grille de calcul générée par N-INM dans l'étape 2.

⁶ N-INM est un outil interne de la DGAC

⁷ Ce cas de figure se présente systématiquement pour les cartes de bruit type PEB-PGS où le trafic journalier pris en compte est la moyenne sur 365 jours d'un trafic annuel. Il ne se présente jamais si l'on cartographie le trafic d'une seule journée.



Exemple de courbes générées dans NM-Plot par interpolation avec un pas de calcul grossier (empreinte d'A320)

A l'inverse, un pas de calcul fin induit une augmentation importante du nombre de points et du temps de calcul et nécessite parfois des combinaisons fastidieuses de grilles de calcul dans l'outil NM-PLOT.

Au vu des différents tests réalisés, il a été décidé de retenir pour les trois scénarios testés un pas de calcul de 0.05NM (~ 100m) comme compromis temps de calcul – précision.

2.2. CHOIX DES TROIS SCENARIOS DE REFERENCE

Trois sites ont été étudiés pour couvrir des situations contrastées :

- un aéroport fictif spécifiquement créé pour mener, dans un premier temps, une étude méthodologique générale et analyser l'influence de divers paramètres sur le comportement de l'indicateur NA. Cette étude méthodologique aurait certes pu être menée sur un exemple concret, mais étant donné le nombre de paramètres à tester et les temps de calcul directement liés à la complexité des hypothèses, un tel choix aurait significativement allongé les délais de production. Il a donc été décidé de « dégrossir » le travail sur un aéroport fictif avec des hypothèses de trafic et de trajectoires très simplifiées avant d'étudier les deux exemples concrets ;

- l'aéroport de Bâle-Mulhouse : les hypothèses du PGS de Bâle-Mulhouse adopté en 2008 et élaboré avec INM 7 ont été retenues;

- l'aéroport de Paris-Orly : dans la mesure où les recommandations de l'ACNUSA portent sur un ajustement du PGS d'Orly, la DTA a demandé d'inclure celui-ci dans les exemples concrets à traiter. Il n'a toutefois pas été possible de conserver la version d'INM initialement utilisée pour le PGS de 2004 (INM 6-1), l'outil N-INM modifié ne fonctionnant qu'avec INM 7. Les hypothèses du PGS d'Orly de 2004 ont donc été conservées mais la version d'INM ayant été modifiée, le scénario de référence d'Orly en Lden ne correspond pas exactement aux courbes du PGS approuvées en 2004⁸.

Pour chaque site test et conformément à la réglementation actuelle en matière de PEB et de PGS, le trafic d'une journée « moyenne », c'est-à-dire le trafic annuel réparti sur 365 jours, a été modélisé. L'impact des variations journalières du trafic sur les courbes en NA n'a pas été étudié.

2.2.1. Scénario de référence de l'aéroport fictif

L'aéroport fictif comporte 2 pistes parallèles (09-27) espacées de 0.3NM (~550m) :

- Une piste de 3600m dédiée au trafic commercial (09L/27R) ;
- Une piste de 1000m pour l'aviation légère (09R/27L).

⁸ Outre les modifications du code de calcul, la base de données avions a également été modifiée depuis INM 6-1 (modifications des données de bruit et de profils de vol).



La typologie de la flotte accueillie est variée : gros porteurs, moyens porteurs, jets régionaux, turbopropulseurs et aviation légère. La répartition jour / soirée / nuit est identique pour tous les appareils.

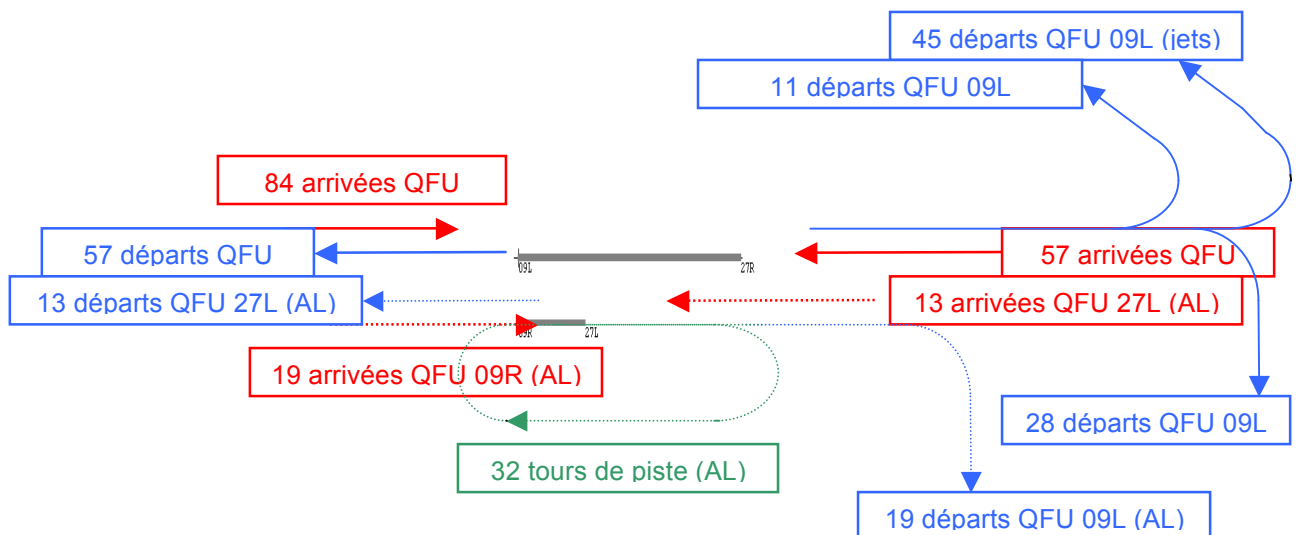
Type avion	Trafic annuel	Trafic journalier moyen	Trafic jour	Trafic soirée	Trafic nuit	% jour	% soirée	% nuit
B747-400	5000	13,7	9,6	3,4	0,7	70,00%	25,00%	5,00%
Gros porteurs		13,7						
A320/C FM 56	20000	54,8	38,4	13,7	2,7	70,00%	25,00%	5,00%
B737-500	20000	54,8	38,4	13,7	2,7	70,00%	25,00%	5,00%
MD83	5000	13,7	9,6	3,4	0,7	70,00%	25,00%	5,00%
B737-200 huskit (N17)	2000	5,5	3,8	1,4	0,3	70,00%	25,00%	5,00%
A319	10000	27,4	19,2	6,8	1,4	70,00%	25,00%	5,00%
Moyens porteurs		156,2						
CL601	10000	27,4	19,2	6,8	1,4	70,00%	25,00%	5,00%
EMB145	10000	27,4	19,2	6,8	1,4	70,00%	25,00%	5,00%
Jets régionaux		54,8						
DHC830	15000	41,1	28,8	10,3	2,1	70,00%	25,00%	5,00%
Beech 1900	5000	13,7	9,6	3,4	0,7	70,00%	25,00%	5,00%
Turbopropulseurs		54,8						
CNA 172	30000	82,2	57,5	20,5	4,1	70,00%	25,00%	5,00%
Beech 58P	5000	13,7	9,6	3,4	0,7	70,00%	25,00%	5,00%
Aviation légère		95,9						
Total	137000	375,3						

Les trajectoires sol sont simples et peu nombreuses :

- toutes les trajectoires d'approches sont rectilignes ;
- en configuration face à l'ouest, plusieurs trajectoires de départ sont possibles : une de ces trajectoires est réservée aux turbopropulseurs ;
- l'intégralité du trafic aviation légère (arrivées, départs et tours de piste) est concentrée sur la piste dédiée au sud.

Le relief (nécessairement inexistant) n'a pas été pris en compte dans l'étude et aucune dispersion n'est appliquée aux trajectoires dans le scénario de référence.

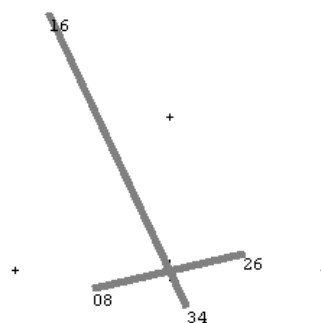
Le code de calcul INM 7-0b associée à la base de données 6-2 a été utilisé.



2.2.2. Scénario de référence de l'aérodrome de Bâle-Mulhouse

Le scénario de référence de l'aérodrome de Bâle-Mulhouse correspond au PGS élaboré par la DSAC/NE et adopté en 2008.

Le trafic sur les 2 pistes revêtues existantes (16/34 et 08/26) a été pris en compte. Aucun trafic sur la bande en herbe existante n'a été modélisé.



Les hypothèses du PGS de répartition par type d'appareils et par période de la journée sont les suivantes :

Type avion	Trafic annuel	Trafic journalier moyen	Trafic jour	Trafic soirée	Trafic nuit	% jour	% soirée	% nuit
747400	472	1,3	0,9	0,4	0,0	66%	32%	2%
757PW	1267	3,5	1,7	0,2	1,5	50%	7%	43%
A310	1696	4,6	1,4	0,4	2,9	30%	8%	63%
Gros porteurs		9,4						
737400	6077	16,6	12,5	2,0	2,1	75%	12%	13%
A320	23189	63,5	43,2	14,8	5,5	68%	23%	9%
MD82	1165	3,2	2,4	0,6	0,2	75%	19%	6%
Moyens porteurs		83,4						
F10062	2454	6,7	5,7	0,6	0,4	85%	9%	6%
EMB145	2663	7,3	5,4	1,8	0,1	75%	24%	1%
BAE300	8804	24,1	15,2	4,9	4,0	63%	20%	16%
CL600	8831	24,2	19,1	5,1	0,0	79%	21%	0%
CL601	4161	11,4	7,7	2,5	1,2	67%	22%	11%
Jets régionaux		73,7						
1900D	4521	12,4	8,5	3,9	0,0	69%	31%	0%
DHC8	5835	16,0	9,3	4,3	2,3	58%	27%	15%
Turbopropulseurs		28,4						
GASE PV	15000	41,1	33,1	7,0	1,0	81%	17%	2%
Aviation légère		41,1						
Total	86134	207,6						

Les trajectoires sol prises en compte ont été déterminées à partir de l'exploitation de traces radar.

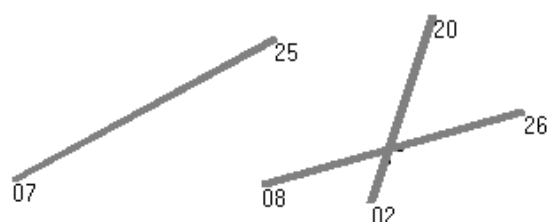
Le relief et la dispersion latérale des trajectoires ont été pris en compte dans le scénario de référence.

Le code de calcul INM 7-0 associée à la base de données 6-2 a été utilisé pour assurer une cohérence complète avec le PGS de 2008.

2.2.3. Scénario de référence de l'aérodrome de Paris-Orly

Le scénario de référence de l'aérodrome de Paris-Orly correspond aux hypothèses du PGS élaboré par ADP et adopté en 2004.

Le trafic a été réparti sur les 3 pistes utilisées actuellement à Orly, le trafic de la piste nord-sud (02/20) étant très limité.



Les hypothèses du PGS de répartition par type d'appareil et par période de la journée sont les suivantes :

Type avion	Trafic annuel	Trafic journalier moyen	Trafic jour	Trafic soirée	Trafic nuit	% jour	% soirée	% nuit
747200	241	0,7	0,6	0,0	0,0	94%	5%	0%
74720B	6529	17,9	14,6	2,8	0,5	82%	15%	3%
747400	208	0,6	0,4	0,2	0,0	66%	29%	5%
757RR	4166	11,4	5,8	4,9	0,7	51%	43%	6%
767300	1109	3,0	1,9	1,1	0,1	61%	35%	3%
767JT9	558	1,5	1,1	0,2	0,2	71%	13%	16%
777200	313	0,9	0,5	0,3	0,0	63%	31%	6%
A300	1562	4,3	2,7	1,6	0,1	62%	37%	1%
A310	1875	5,1	3,9	1,2	0,1	76%	23%	2%
A330	2813	7,7	5,5	1,7	0,5	71%	22%	7%
A340	3645	10,0	7,6	2,3	0,1	76%	23%	1%
DC1030	2708	7,4	6,4	0,7	0,3	86%	10%	4%
Gros porteurs		70,5						
737300	5162	14,1	9,6	3,5	1,0	68%	25%	7%
737400	4022	11,0	6,9	2,4	1,8	62%	21%	16%
737500	1738	4,8	2,6	1,7	0,4	56%	36%	8%
737700	8349	22,9	17,0	5,0	1,0	74%	22%	4%
A319	46388	127,1	87,5	36,8	2,7	69%	29%	2%
A320	83302	228,2	155,7	65,7	6,8	68%	29%	3%
MD82	5807	15,9	10,8	4,4	0,7	68%	27%	4%
MD83	20370	55,8	37,9	14,9	3,0	68%	27%	5%
MD87	2156	5,9	4,6	0,5	0,7	78%	9%	13%
Moyens porteurs		485,7						
BAE146	1042	2,9	1,5	1,2	0,1	54%	43%	3%
CL601	11458	31,4	21,3	9,9	0,2	68%	32%	1%
F10062	4880	13,4	8,7	4,5	0,2	65%	34%	1%
F10065	7099	19,4	13,3	6,0	0,2	68%	31%	1%
LEAR35	104	0,3	0,2	0,1	0,0	69%	29%	2%
Jets régionaux		67,4						
ATR42	10874	29,8	17,8	11,9	0,1	60%	40%	0%
DHC6	7311	20,0	11,2	8,7	0,1	56%	44%	0%
DHC830	4212	11,5	6,8	4,7	0,0	59%	41%	0%
Turbopropulseurs		61,4						
Total	250001	684,9						

Les trajectoires sol prises en compte ont été déterminées à partir de l'exploitation de traces radar.

Le relief et la dispersion latérale des trajectoires ont été pris en compte dans le scénario de référence.

Le code de calcul INM 7-0b a été utilisé et est à l'origine des écarts entre les courbes Lden du scénario de référence de l'étude et les courbes officielles du PGS 2004 calculé avec INM 6-1.

2.3. PARAMETRES TESTES

Trois types de paramètres ont été testés :

- Les paramètres liés aux hypothèses de trafic ;
- Les paramètres de modélisation ;
- Les paramètres liés à la définition de l'indicateur

L'ensemble des paramètres testés sur l'aérodrome fictif ne l'a pas été sur les 2 cas concrets.

Programme de test sur l'aérodrome fictif

	Paramètre testé	Valeur du paramètre
Hypothèses de l'étude	Nombre total de mouvements	Doublement du nombre de mouvements
	Impact relatif des atterrissages et des décollages	Etude sans décollages
		Etude sans atterrissages
	Aviation générale	Etude sans aviation générale
		Etude sans aviation commerciale : 50000 mouvements d'aviation légère uniquement
	Typologie de la flotte	B737-200 hushkit remplacé par B737-500
		Suppression du trafic gros porteurs
		Remplacement B747-400 par A380
Suppression du trafic d'avions régionaux (jets + turboprops)		
Modélisation	Profils de décollage	Profils MTOW
	Base de données aéronefs	BD INM7-0
	Dispersion des trajectoires	Dispersion doc 29 pour les décollages
	Pas de calcul dans INM	Pas de 0,1NM (grossier)
		Pas de 0,025NM (fin)
Déf. de l'indicateur	Descripteur acoustique - SEL	NA-SEL85/10-20-50-100
		NA-SEL80/20-50-100-150-200
		NA-SEL75/50-100-150-200-250
	Période de la journée	NA-nuit-70/2-5-10
		NA-nuit-65/2-5-10
		NA-nuit-62/2-5-10

Programme de test sur l'aérodrome de Bâle-Mulhouse

	Paramètre testé	Valeur du paramètre
Hypothèses de l'étude	Impact relatif des atterrissages et des décollages	Etude sans décollages
		Etude sans atterrissages
	Aviation générale	Etude sans aviation générale
Modélisation	Profils de décollage	Profils MTOW
	Base de données aéronefs	BD INM7-0
	Relief	Etude sans prise en compte du relief
Déf. de l'indicateur	Période de la journée	NA-nuit-70/2-5-10
		NA-nuit-65/2-5-10
		NA-nuit-62/2-5-10

Programme de test sur l'aérodrome d'Orly

	Paramètre testé	Valeur du paramètre
Hypothèses de l'étude	Impact relatif des atterrissages et des décollages	Etude sans décollages
		Etude sans atterrissages
	Typologie de la flotte	Remplacement B747-200 par B747-400
		Remplacement de l'intégralité du trafic GP par du B777-200
		Suppression du trafic d'avions régionaux (jets + turboprops)
	Remplacement MD80 par A320	
Modélisation	Relief	Etude sans prise en compte du relief
Déf. de l'indicateur	Période de la journée	NA-nuit-70/2-5-10
		NA-nuit-65/2-5-10
		NA-nuit-62/2-5-10

2.4. METHODE D'EXPLOITATION DES RESULTATS

Contrairement au Lden, les courbes en NA comportent deux paramètres :

- un paramètre bruit qui correspond au seuil fixé (en LAMax la plupart du temps) au-delà duquel les événements sonores sont incrémentés : NA70, NA65... ;
- un paramètre fréquence : 20, 30, 50, 100 événements par jour.

Il est donc possible de représenter les courbes en NA de deux manières :

- Carte de type 1 : le niveau de bruit est fixé et les différentes courbes visualisées représentent la variation du paramètre fréquence : NA70/20-50-100 événements ;
- Carte de type 2 : la fréquence est fixée et les différentes courbes visualisées représentent la variation du paramètre bruit : NA 75-70-65dB / 50 événements.

Les outils actuels de calcul de l'indicateur NA⁹ permettent de produire des cartes de type 1, c'est-à-dire que les courbes calculées correspondent à différentes valeurs de la variable fréquence, le seuil de bruit étant fixé a priori. C'est donc cette méthode qui a été principalement retenue dans la suite de l'étude.

A titre d'information, deux cartes de type 2 ont été produites pour chaque scénario de référence des 3 sites testés : une carte 50 événements (NA 62-65-70) et une carte 100 événements (NA 62-65-70).

2.4.1. Analyse de la sensibilité des courbes NA aux différents paramètres

Pour chaque scénario étudié, 4 jeux de courbes ont été calculés :

- NA70/10-20-50-100
- NA65/50-100-150

⁹ Outil français N-INM et outil australien

- NA62/100-150-200
- Lden 50-55-62-70

Les niveaux de bruit étudiés (70, 65 et 62dB(A)) ont été arrêtés à partir :

- Du contenu des recommandations actuelles de l'ACNUSA qui portent sur le NA65/100 et le NA62/200
- Des pratiques actuelles australiennes : sur les principaux aéroports australiens, des courbes NA70 sont produites¹⁰. Ce niveau 70dB(A) en LAMax a été retenu en Australie car il correspond approximativement à un niveau de 60dB(A) à l'intérieur d'une habitation fenêtres ouvertes, niveau pouvant par exemple perturber une conversation.

Les variations surfaciques des courbes par rapport au scénario de référence sont exploitées pour analyser la sensibilité de l'indicateur NA aux différents paramètres et évaluer les différences de comportement entre le NA et le Lden. Les surfaces sont exprimées en km². Certaines courbes, en particulier le NA62/200 sur l'aérodrome fictif et sur Bâle-Mulhouse n'ont pas toujours été exploitées car les surfaces impactées sont trop petites et présentent des discontinuités importantes.

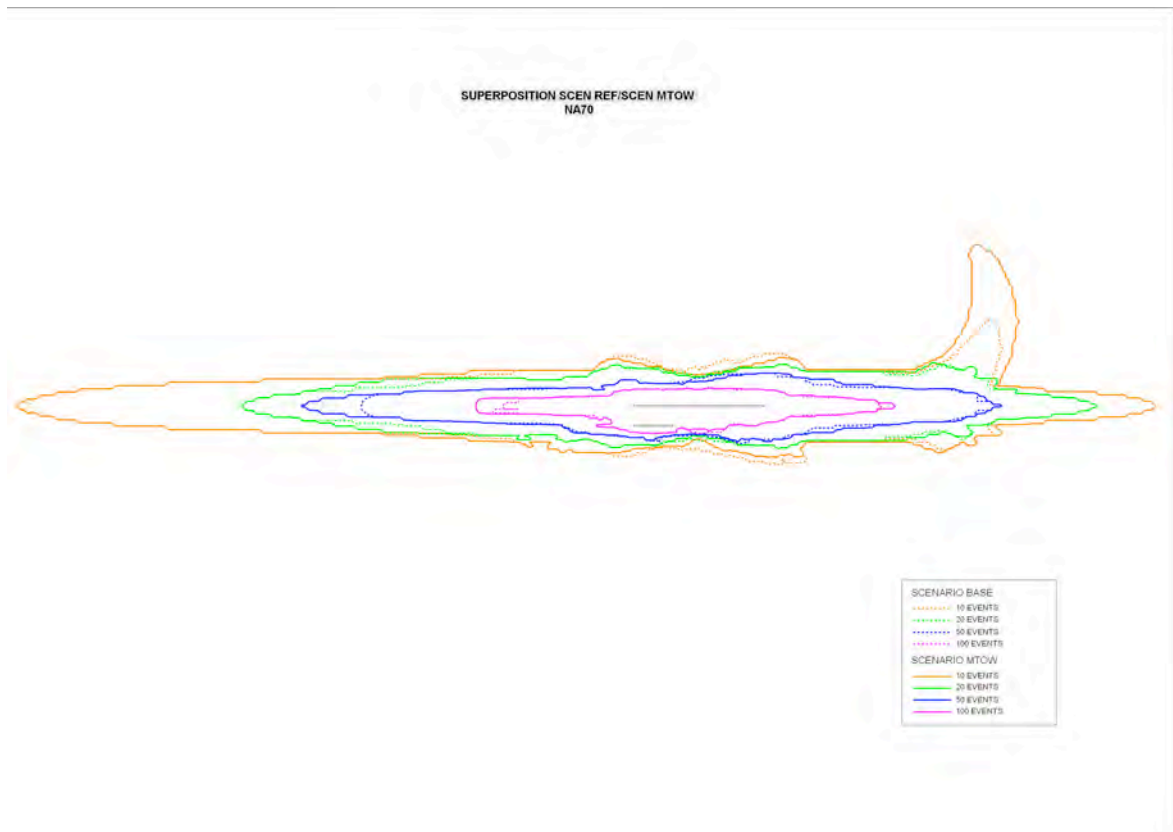
LDEN	50	12%
	55	8%
	62	10%
	70	3%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	5%	4%	6%	5%		
65		6%	1%	1%	0%	
62				1%	2%	0%

Exemple de tableau des variations surfaciques (aérodrome fictif – scénario MTOW)

L'indicateur de surface ne permettant pas de traduire complètement les déformations locales des zones de bruit, des superpositions graphiques avec le scénario de référence sont également produites.

¹⁰ Des courbes NA60 sont produites autour des aéroports australiens d'aviation générale pour appréhender la problématique survol et sont également produites pour le trafic de nuit.



Exemple de superposition (aérodrome fictif – scénario MTOW – NA70)

L'intégralité des cartes est fournie en annexe du rapport (document séparé). Certaines courbes éloignées (NA70/10, NA65/20 et NA62/50) sont tronquées et ne sont pas incluses en totalité dans la zone d'étude arrêtée a priori pour chaque scénario de référence afin d'optimiser les temps de calcul : les courbes tronquées n'ont pas été exploitées.

Contrairement au Lden, la construction classique du NA n'intègre pas de pondération particulière pour les vols de soirée et de nuit. Il est néanmoins toujours techniquement possible de prendre en compte des pondérations y compris avec l'indice NA en pondérant le nombre de mouvements opérés en soirée et de nuit : un mouvement de nuit qui dépasse le seuil fixé peut par exemple compter comme 10 mouvements de jour qui dépassent ce même seuil. Le comportement arithmétique de l'indicateur NA permet des combinaisons simples de grilles de calcul pondérées dans NM-Plot.

Une autre manière de prendre en compte la variation de la gêne en fonction de la période de la journée consiste à retenir un seuil de bruit différent pour la journée (NA70 : perturbation d'une conversation à l'intérieur des habitations), la soirée (NA65 : perturbation d'activités calmes) et la nuit (NA60 : perturbation du sommeil) et de faire une simple somme arithmétique des 3 grilles.

Les combinaisons techniques pour créer un indicateur NA pondéré sont nombreuses et n'ont pas été étudiées dans le détail dans le cadre de cette étude.

Pour rester fidèle à l'esprit de simplicité qui sous-tend l'indicateur NA mais néanmoins évaluer l'intérêt de l'indicateur NA pour le trafic de nuit uniquement (22h-6h), 4 jeux de courbes supplémentaires ont été produites pour chacun des trois scénarios de référence :

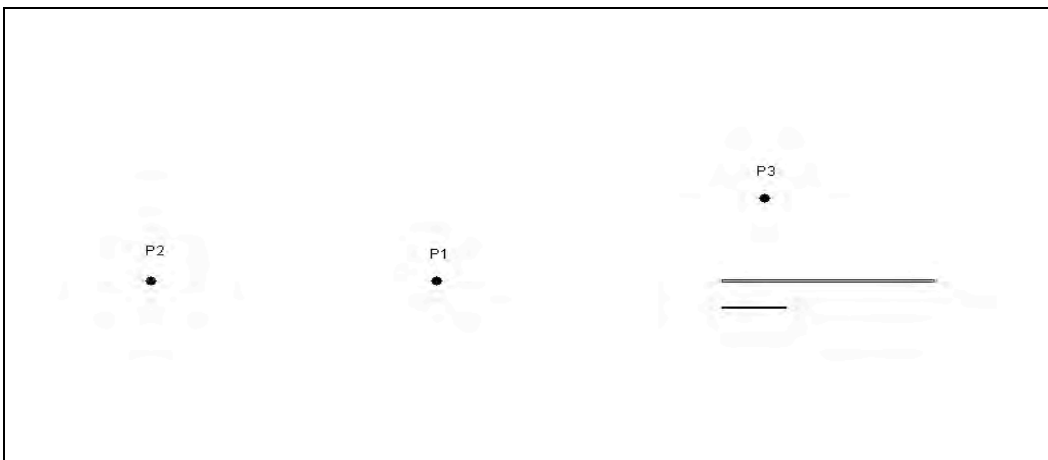
- NA70-nuit/2-5-10
- NA65-nuit/2-5-10
- NA62-nuit/2-5-10
- Ln 40-45-50 : le Ln 40 est la valeur limite, a priori assez conservatrice, préconisée en 2009 par l'OMS (cf. [10])

A ce stade, les mêmes niveaux de bruit ont été étudiés pour le NA journée et le NA-nuit (70, 65, 62dB(A)) et seul le paramètre fréquence a été adapté à la gêne nocturne. Si l'intérêt du NA-nuit pour évaluer la perturbation du sommeil des riverains d'aérodrome était démontré notamment par des études épidémiologiques comme l'étude DEBATS confiée en 2009 par l'ACNUSA à l'INRETS, il conviendrait alors d'ajuster plus finement les niveaux de bruit du NA-nuit.

2.4.2. Etude en 3 points particuliers de l'aérodrome fictif

En complément de l'analyse surfacique des courbes en NA et des superpositions graphiques, une analyse plus fine a été menée en trois points particuliers autour de l'aérodrome fictif :

- Premier point P1 situé à 5 Km dans l'axe de la piste à l'est ;
- Deuxième point P2 situé à 10 Km dans l'axe de piste à l'est
- Troisième point P3 situé à 740 m en latéral de la piste



3. ANALYSE DES RESULTATS

3.1. RESULTATS GENERAUX POUR LES 3 SCENARIOS DE REFERENCE

	Nbre d'évènements	Aérodrome fictif	Bâle	Orly
NA70	10	54,7	33,3	*
	20	35,5	22,7	103,2
	50	20,7	15,5	50,9
	100	8,2	4,2	35,4
NA65	20	81,1	*	*
	50	41,9	32,5	103,0
	100	19,4	7,3	72,5
	150	5,3	1,9	49,0
NA62	50	61,3	49,7	*
	100	28,8	10,9	105,2
	150	7,6	2,6	70,6
	200	3,1	-	45,4
LDEN	50	82,2	56,5	*
	55	32,5	21,8	96,8
	62	8,8	5,5	30,1
	70	2,0	1,4	6,2

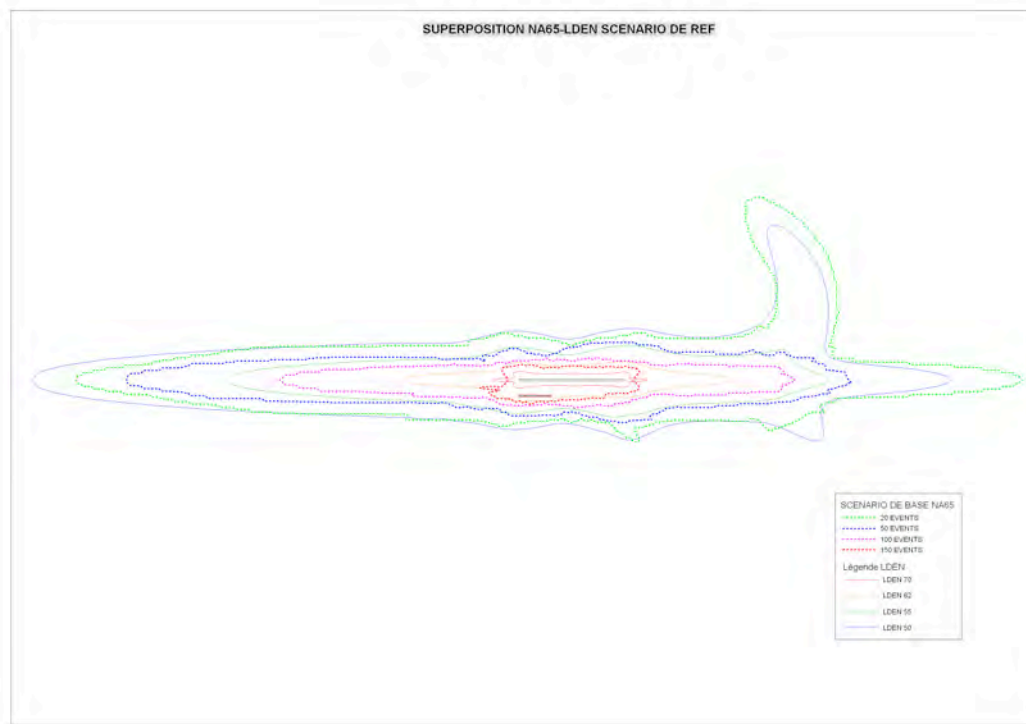
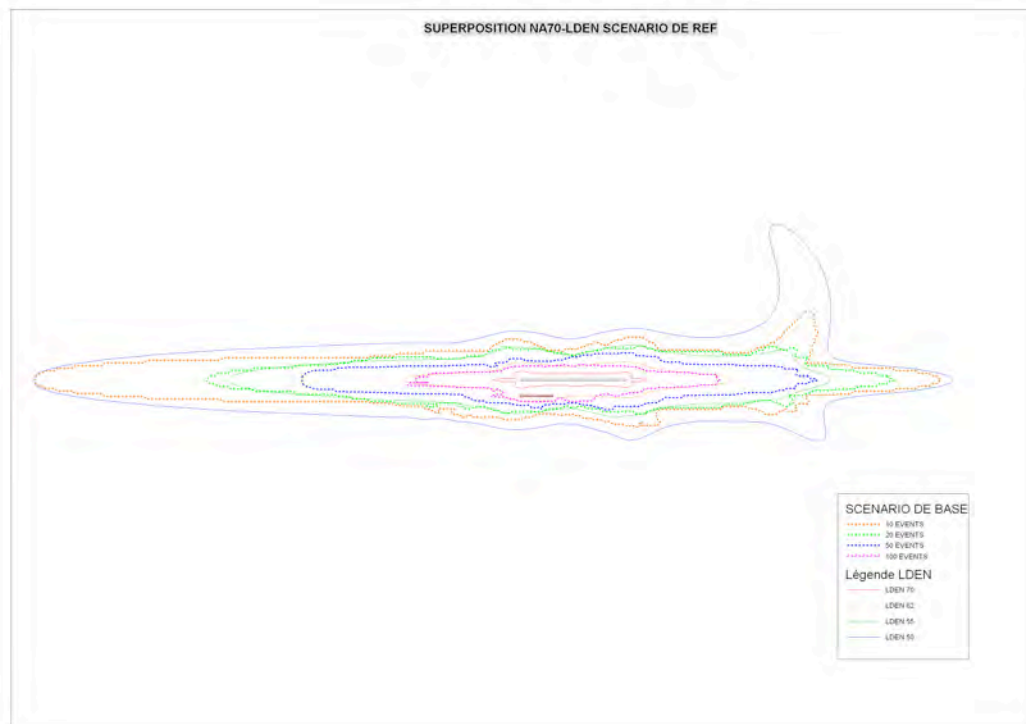
Surfaces des zones des scénarios de référence (km²) (- : courbe inexistante, * : courbe tronquée)

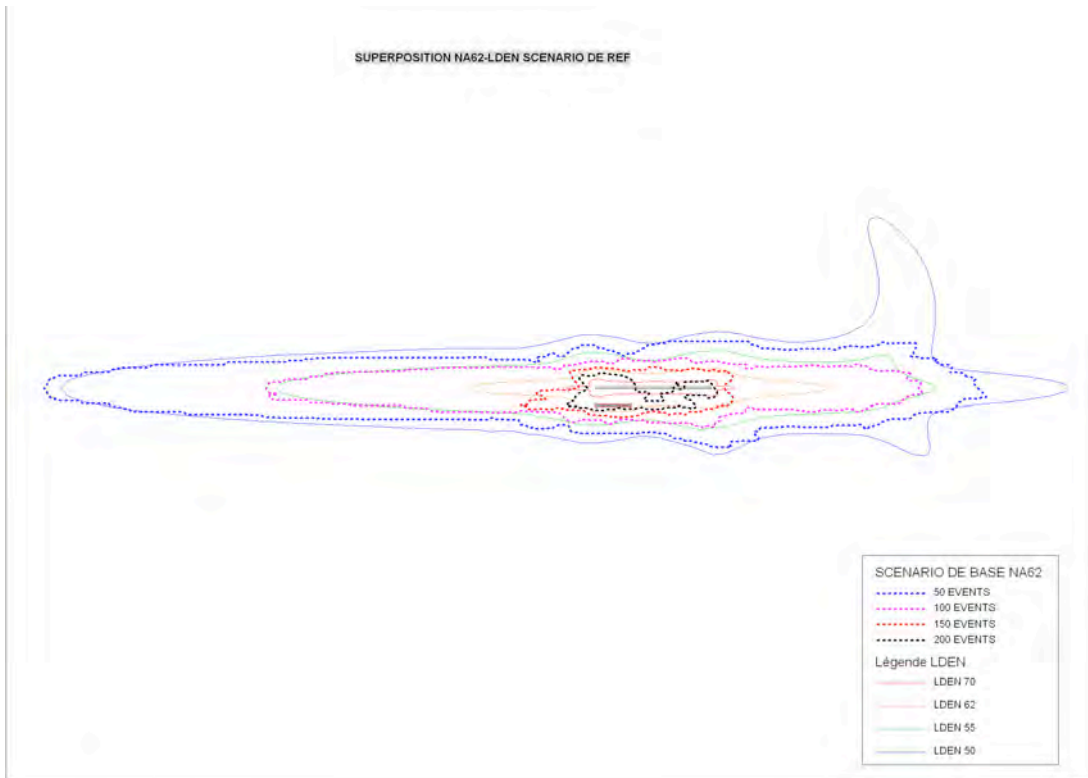
Certaines courbes éloignées sont tronquées c'est-à-dire qu'elles dépassent les grilles de calcul déterminées a priori sur chaque site étudié.

Les courbes en NA obtenues dans NMPlot sont en règle générale assez hachées et nettement moins lissées que les courbes en Lden. La fonction lissage des angles de NMPlot n'améliore pas de façon convaincante les sorties. La diminution du pas de calcul corrige légèrement le rendu, mais le problème persiste. Les effets de seuil et les interpolations indispensables sous NMPlot sont à l'origine de ces courbes « dentelées » très caractéristiques de l'indicateur NA.

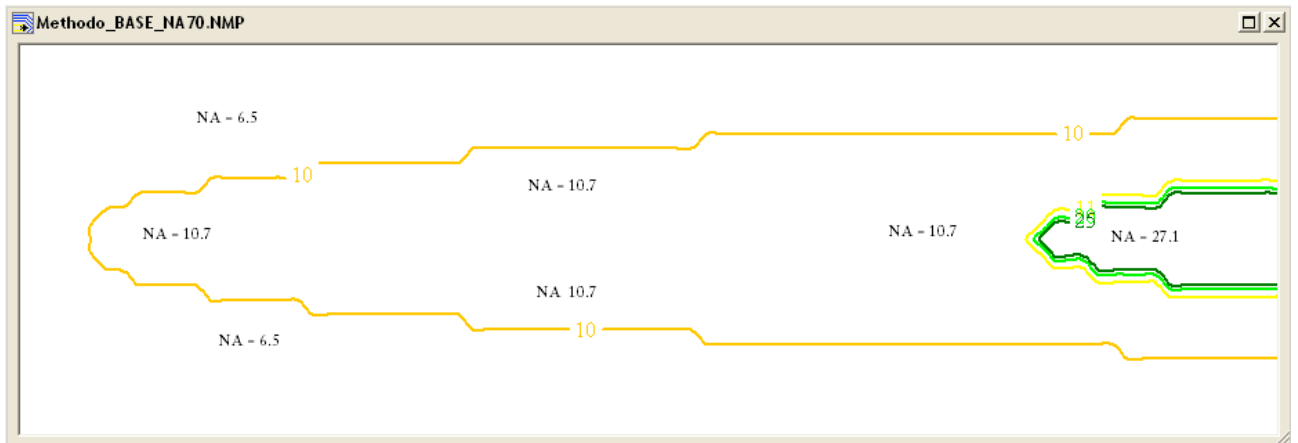
Il n'existe aucune correspondance automatique entre les courbes en NA et celles en Lden, les deux indices étant construits différemment : sur les 3 sites étudiés, c'est la courbe NA70/20 qui tend à se rapprocher le plus de la courbe Lden 55, même si les observations diffèrent d'une zone à l'autre.

3.1.1. Aérodrome fictif – superposition NA/Lden



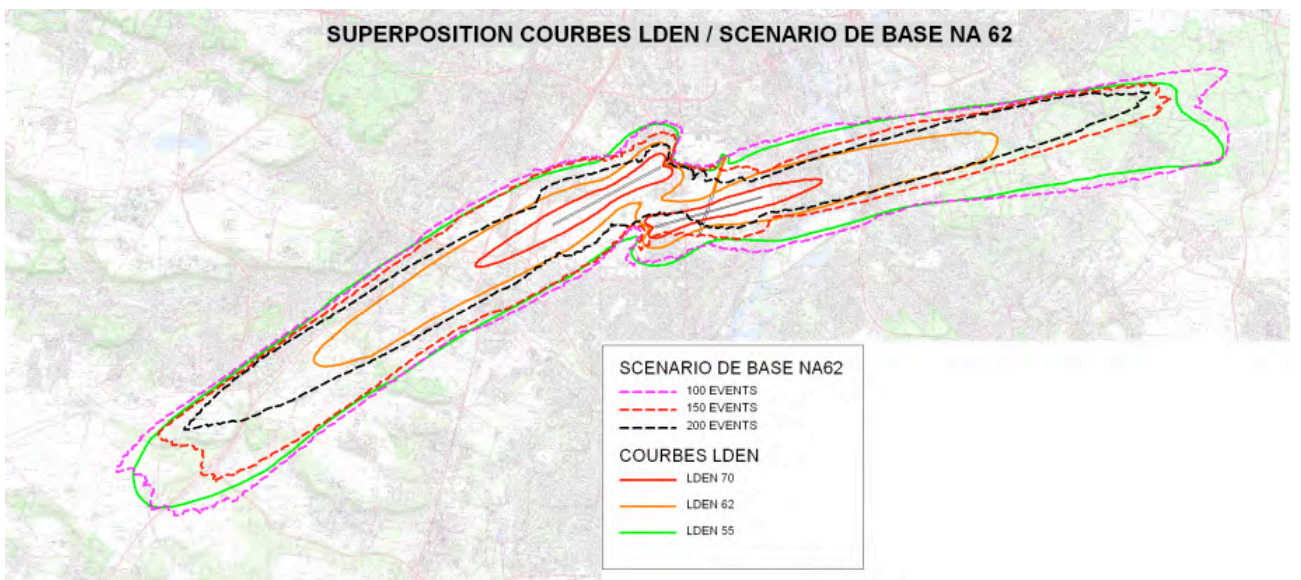
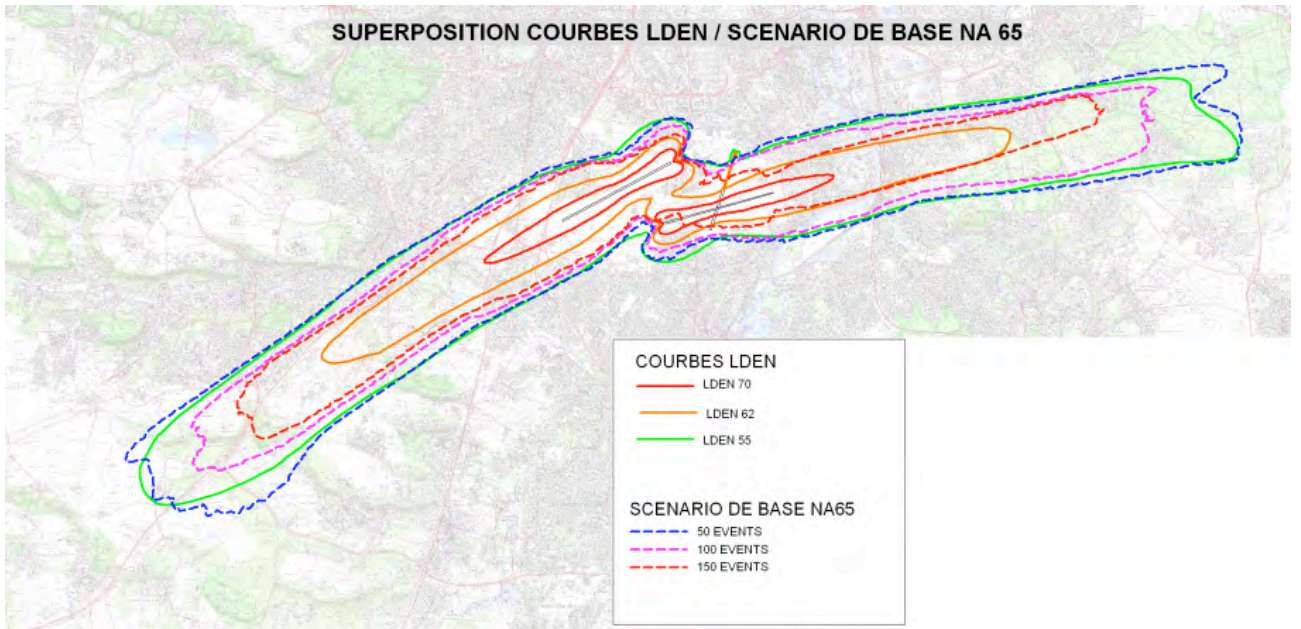
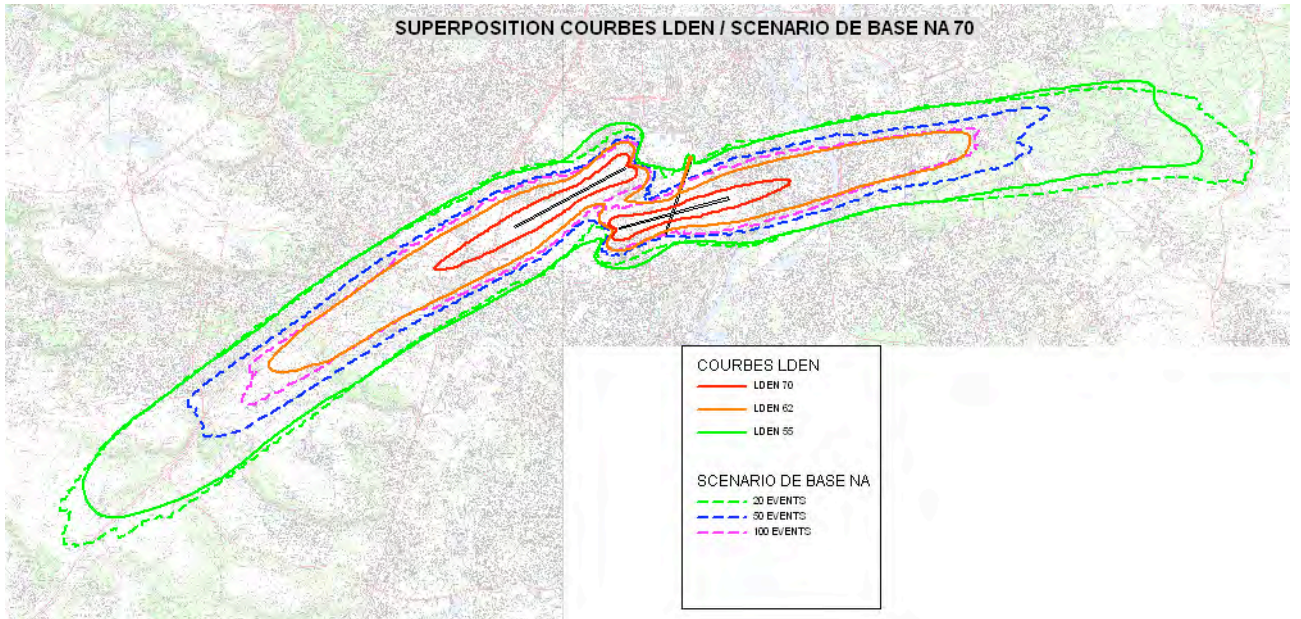


L'analyse dans le détail de la courbe NA70/10 du scénario de référence de l'aérodrome fictif met particulièrement en évidence les effets de seuil potentiellement énormes avec le NA alors qu'ils sont inexistantes avec la formule de cumul énergétique du Lden. Les courbes en NA ne sont pas nécessairement régulièrement espacées : la partie est de la courbe NA70/11 est par exemple confondue avec la courbe NA70/25. La courbe NA70/10 est donc sensible à la moindre petite modification d'un paramètre.



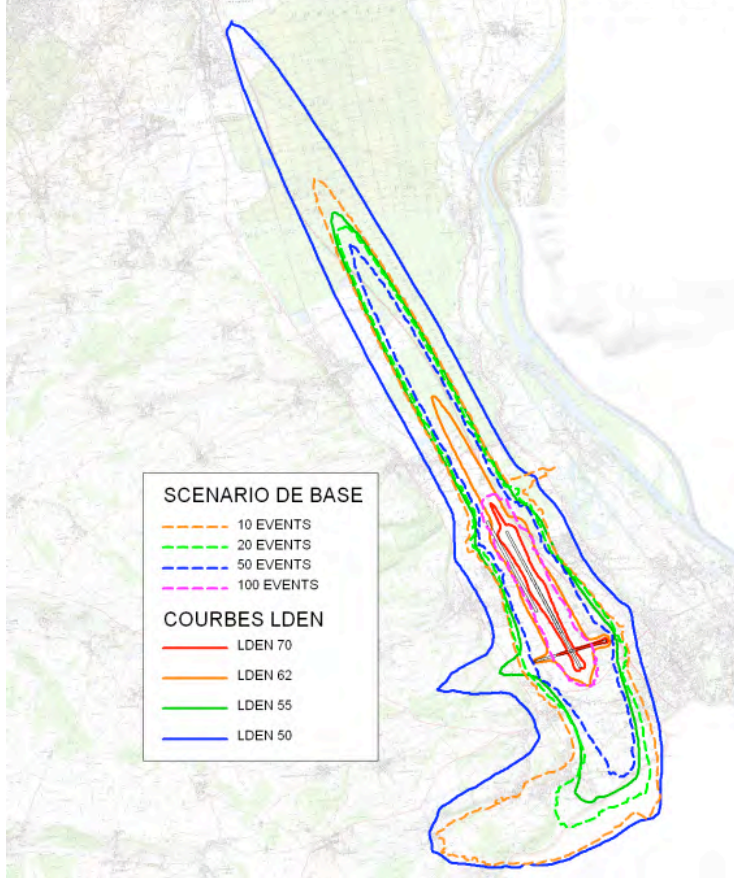
Aérodrome fictif – Scénario de référence – NA70/10-11-20-25 – Zoom partie est

3.1.2. Paris-Orly– superposition NA/Lden

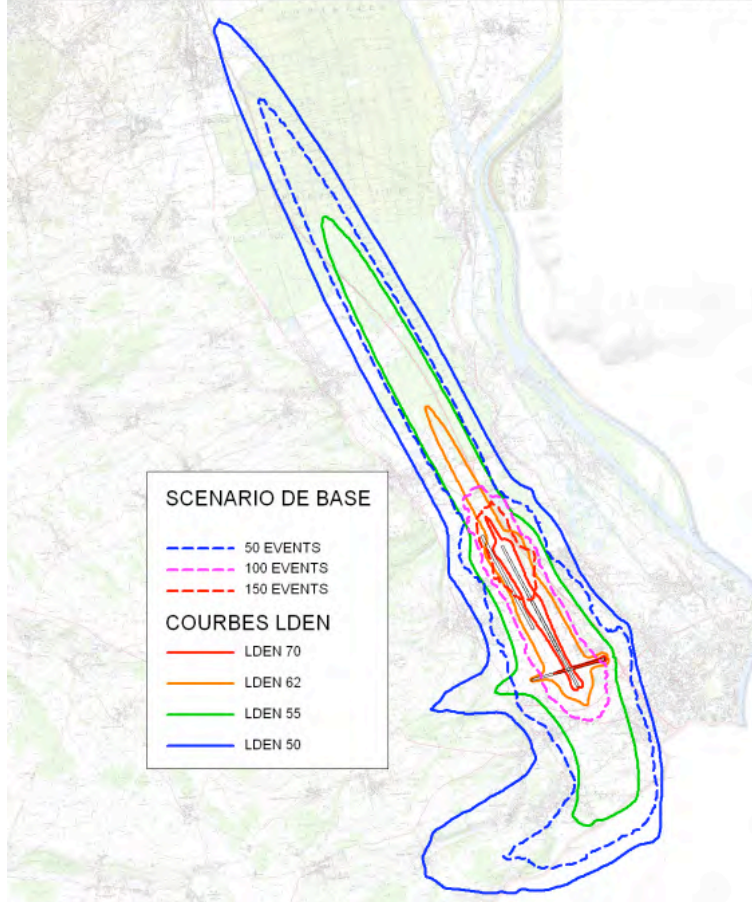


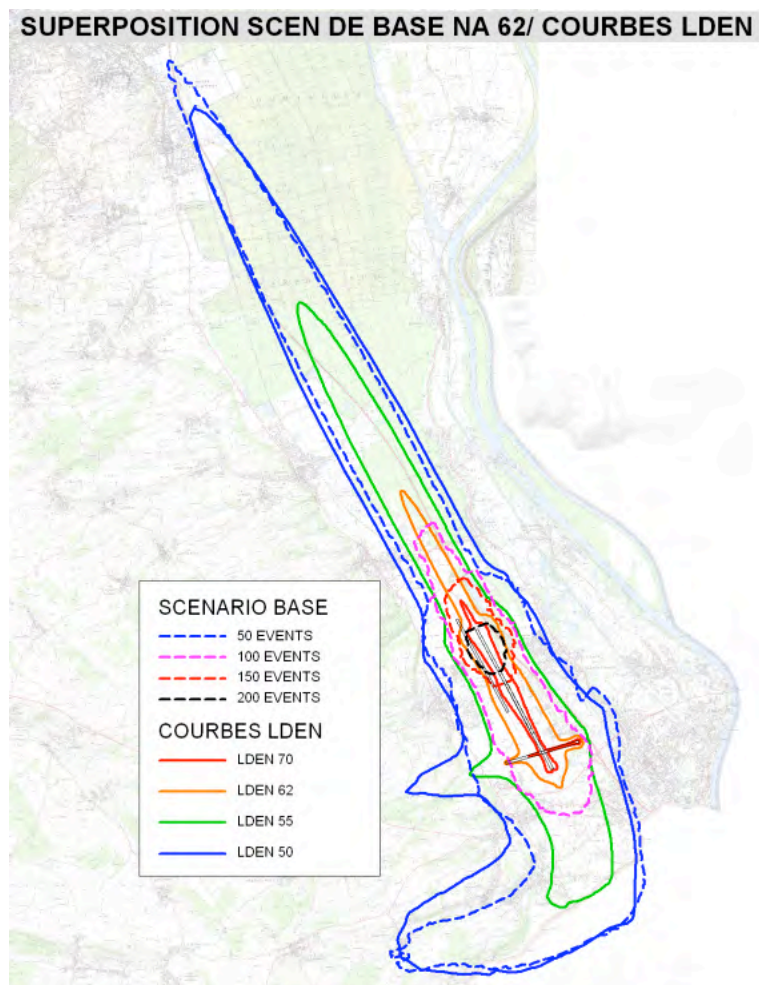
3.1.3. Bâle-Mulhouse– superposition NA/Lden

SUPERPOSITION SCEN DE BASE NA 70/ COURBES LDEN



SUPERPOSITION SCEN DE BASE NA 65/ COURBES LDEN





3.2. IMPACT DES PARAMETRES LIES AUX HYPOTHESES DE TRAFIC

3.2.1. Nombre total de mouvements

FICTIF / TRAFIC X2

LDEN	50	78%
	55	73%
	62	79%
	70	73%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70		54%	58%	151%		
65			81%	116%	449%	
62				113%	466%	818%

Tableau des variations de surfaces : aérodrome fictif - doublement du nombre de mouvements

L'impact du nombre total de mouvements sur les courbes en Lden est assez bien connu et il est courant d'observer une augmentation de l'ordre de 75-80% des surfaces en Lden pour un doublement du trafic, toute chose restant égale par ailleurs (cf. [4]).

L'impact du nombre total de mouvements sur les courbes en NA est sensiblement différent. Le doublement du trafic n'a pas le même effet sur toutes les courbes en NA : les courbes à proximité de la piste, très sensibles au paramètre fréquence sont beaucoup plus impactées par le nombre total de mouvements que les courbes éloignées.

L'analyse des valeurs en NA aux 3 points particuliers de l'aérodrome fictif a permis de vérifier le comportement arithmétique du NA en un point donné : le doublement du trafic, toute chose restant égale par ailleurs, a pour effet de doubler la valeur du NA 70, 65 ou 62 en un point donné.

	POINTS	SCENARIO DE REFERENCE	TRAFIC X2
NA70	P1 : 5 Km dans l'axe	100	200
	P2 : 10 Km dans l'axe	27	54
	P3 : Latéral	68	137
NA65	P1 : 5 Km dans l'axe	131	261
	P2 : 10 Km dans l'axe	92	184
	P3 : Latéral	99	197
NA62	P1 : 5 Km dans l'axe	133	267
	P2 : 10 Km dans l'axe	107	215
	P3 : Latéral	114	227

Valeurs en NA aux 3 points particuliers de l'aérodrome fictif

3.2.2. Impact des atterrissages et des décollages

FICTIF / SANS DECOLLAGES

LDEN	50	-62%
	55	-64%
	62	-72%
	70	-80%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	-55%	-45%	-66%	-100%		
65		-50%	-60%	-99%	-100%	
62			-57%	-97%	-100%	-100%

Tableau des variations de surfaces : aérodrome fictif – étude sans décollages

ORLY / SANS DECOLLAGES

LDEN	50	
	55	-77%
	62	-84%
	70	-87%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70		-79%	-73%	-75%		
65			-73%	-72%	-83%	
62				-72%	-82%	-89%

Tableau des variations de surfaces : Orly – étude sans décollages

BALE / SANS DECOLLAGES

LDEN	50	-61%
	55	-61%
	62	-68%
	70	-78%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	-66%	-63%	-62%			
65			-61%			
62			-59%			

Tableau des variations de surfaces :Bâle– étude sans décollages

FICTIF / SANS ATERRISSAGES

LDEN	50	-23%
	55	-26%
	62	-27%
	70	-10%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	-30%	-23%	-44%	-43%		
65		-15%	-44%	-64%	-69%	
62			-45%	-68%	-66%	-94%

Tableau des variations de surfaces : aéroport fictif – étude sans atterrissages

ORLY / SANS ATERRISSAGES

LDEN	50	
	55	-11%
	62	-11%
	70	-11%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70		-3%	-8%	-10%		
65			-8%	-8%	-36%	
62				-8%	-37%	-86%

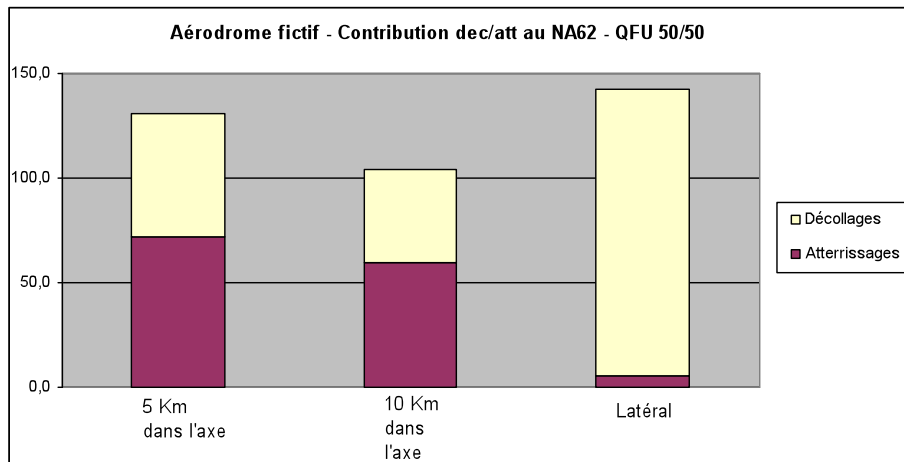
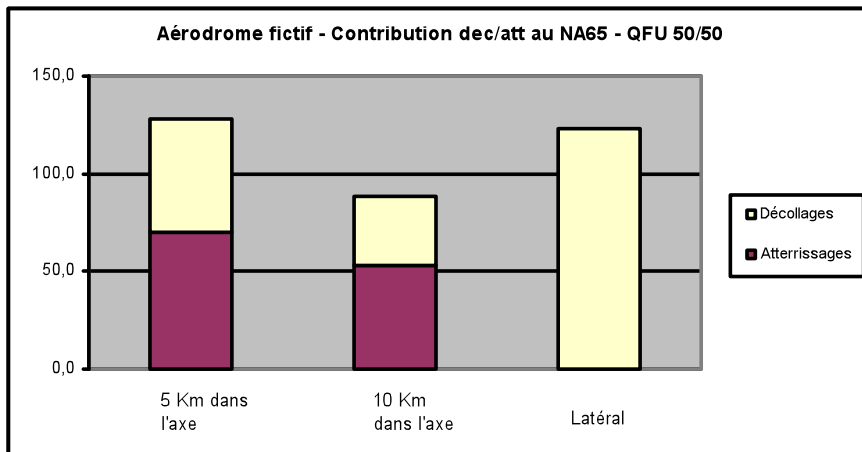
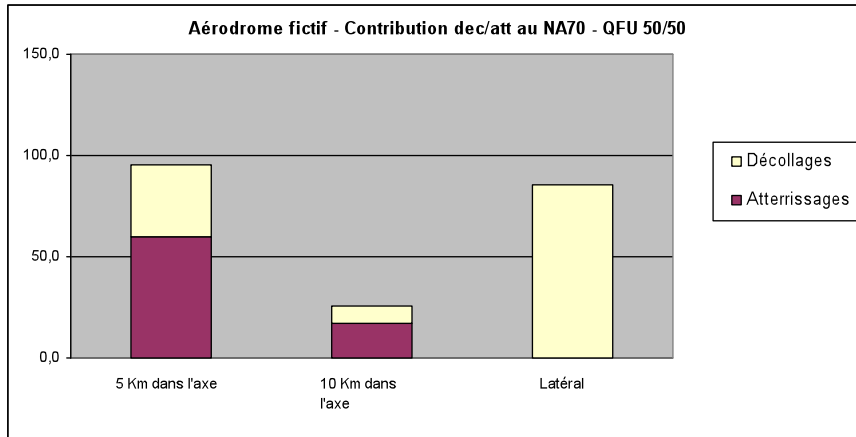
Tableau des variations de surfaces : Orly – étude sans atterrissages

BALE / SANS ATERRISSAGES

LDEN	50	-34%
	55	-38%
	62	-27%
	70	-10%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	-24%	-31%	-33%	-43%		
65			-36%	-35%		
62			-38%	-33%		

Tableau des variations de surfaces : Bâle – étude sans atterrissages



Comme prévu, la largeur des courbes en NA est dimensionnée par les décollages comme pour les courbes en Lden (constat confirmé par l'analyse des valeurs en NA au point latéral P3 où la part des décollages est prépondérante).

La longueur des courbes en NA est surtout dimensionnée par les atterrissages : dans l'axe des pistes, la contribution des atterrissages est prépondérante : ce constat est confirmé par l'analyse des valeurs en NA aux points P1 et P2 dans l'axe.

Alors que la surface des courbes en Lden est principalement dimensionnée par les décollages notamment pour les zones de bruit fort à proximité des pistes, la contribution des atterrissages sur les courbes en NA est plus importante que pour le Lden notamment à proximité des pistes où l'effet fréquence prend le dessus sur l'effet niveau de bruit pour le calcul du NA.

3.2.3. Impact relatif gros porteurs / moyens porteurs / avions régionaux / aviation légère

FICTIF / SANS GROS PORTEURS

LDEN	50	-21%
	55	-19%
	62	-20%
	70	-19%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	-24%	-9%	-8%	-15%		
65		-6%	-11%	-14%	-17%	
62			-12%	-14%	-16%	-37%

Tableau des variations de surfaces : aéroport fictif – étude sans gros porteurs

FICTIF / SANS AVIATION REGIONALE

LDEN	50	-5%
	55	-5%
	62	-5%
	70	-3%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	0%	0%	-2%	-51%		
65		0%	-2%	-63%	-74%	
62			-3%	-63%	-68%	-89%

Tableau des variations de surfaces : aéroport fictif – étude sans aviation régionale

ORLY / SANS AVIATION REGIONALE

LDEN	50	
	55	-3%
	62	-3%
	70	-4%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70		0%	-2%	-4%		
65			-3%	-5%	-9%	
62				-5%	-10%	-21%

Tableau des variations de surfaces : Orly – étude sans aviation régionale

FICTIF / SANS AVIATION GENERALE

LDEN	50	-3%
	55	-4%
	62	-6%
	70	-5%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	-2%	-1%	-5%	-13%		
65		-2%	-4%	-9%	-34%	
62			-4%	-11%	-33%	-63%

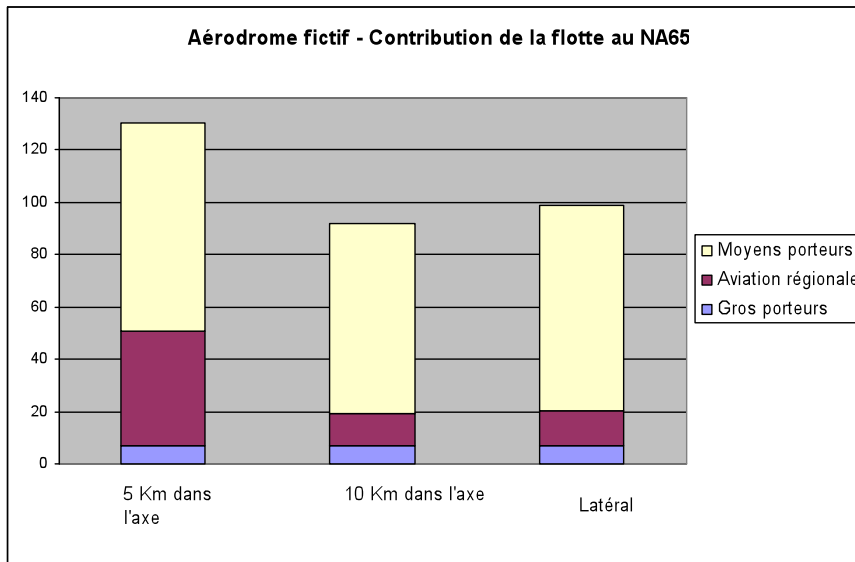
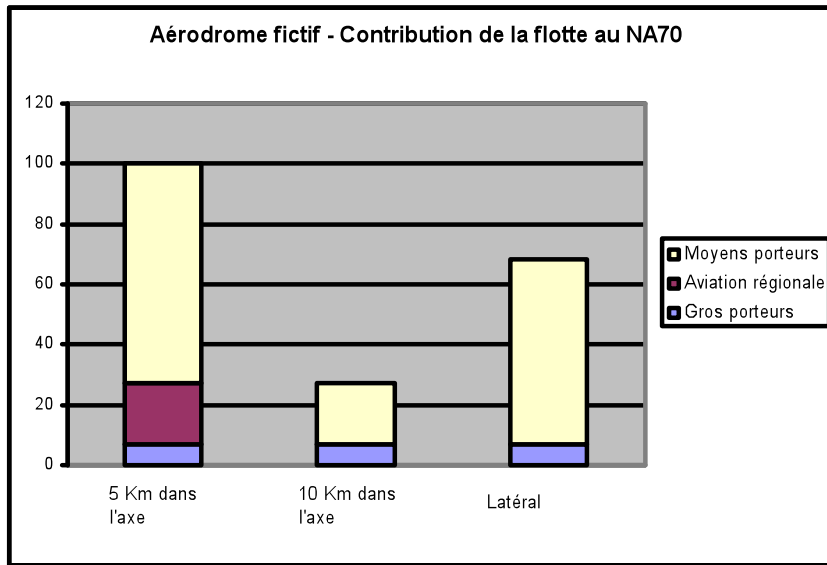
Tableau des variations de surfaces : aéroport fictif – étude sans aviation générale

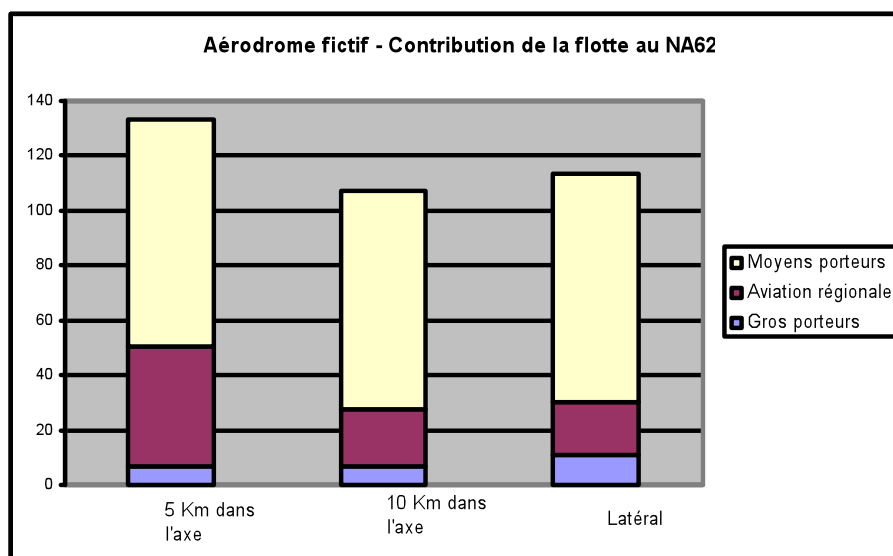
BALE / SANS AVIATION GENERALE

LDEN	50	-2%
	55	-2%
	62	-4%
	70	-7%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	-1%	-1%	-2%	-54%		
65			-3%	-39%	-25%	
62			-5%	-37%	-25%	

Tableau des variations de surfaces : Bâle – étude sans aviation générale





Le trafic gros porteurs a dans l'ensemble moins d'impact sur les courbes en NA que sur les courbes en Lden (sauf effets de seuil ponctuels sur la courbe NA70/10 de l'aérodrome fictif).

Le trafic d'aviation régionale et d'aviation générale n'ont pas d'effet significatif sur les courbes en NA éloignées, mais ont, à l'inverse des effets importants sur les courbes 100 événements et plus pour lesquelles l'effet fréquence est prépondérant en particulier sur l'aérodrome fictif et sur Bâle-Mulhouse : les effets sont les mêmes mais de moindre importance pour le cas pratique d'Orly où la part relative en nombre de mouvements de l'aviation régionale est plus limitée.

3.2.4. Typologie des avions commerciaux

FICTIF / SANS HUSKIT

LDEN	50	-6%
	55	-6%
	62	-8%
	70	-9%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	-20%	-1%	-1%	-1%		
65		-1%	0%	0%	0%	
62			0%	0%	0%	0%

Tableau des variations de surfaces : aérodrome fictif – remplacement des B737-hushkit par des B737-500

FICTIF / A380

LDEN	50	-13%
	55	-11%
	62	-12%
	70	-12%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	-22%	-5%	-3%	-2%		
65		-3%	-4%	-1%	-2%	
62			-4%	-1%	-3%	-1%

Tableau des variations de surfaces : aérodrome fictif – remplacement des B747-400 par des A380

ORLY / SANS B747-200

LDEN	50	
	55	-9%
	62	-16%
	70	-15%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70		-4%	0%	-35%		
65			0%	0%	0%	
62				0%	0%	0%

Tableau des variations de surfaces : Orly –remplacement des B747-200 par des B747-400

ORLY / B777-200

LDEN	50	
	55	-19%
	62	-26%
	70	-24%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70		-27%	-5%	-2%		
65			-5%	-2%	0%	
62				-2%	0%	-1%

Tableau des variations de surfaces : Orly –remplacement de tous les GP par des B777-200

ORLY / SANS MD 80

LDEN	50	
	55	-13%
	62	-12%
	70	-11%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70		-42%	-15%	-3%		
65			-13%	-4%	-3%	
62				-5%	-3%	-3%

Tableau des variations de surfaces : Orly –remplacement des MD 80 par des A320

Si l'on exclut la partie Est de la courbe NA70/10 dont les modifications ne reflètent que les effets de seuil, le remplacement des B737-200 hushkités (2000 mouvements par an) par des B737-500 sur l'aérodrome fictif n'a aucun impact sur les courbes NA70, NA65 et NA62 y compris sous la trace de la trajectoire de départ la plus utilisée. A l'inverse, les surfaces des courbes Lden sont significativement réduites par un tel remplacement.

De même, si l'on exclut les effets de seuil observés sur la courbe NA70/10, le remplacement du B747-400 par l'A380 sur l'aérodrome fictif a des effets beaucoup plus limités sur les courbes en NA que sur les courbes en Lden. A noter que les données A380 actuellement disponibles dans INM 7 tendent à sous-estimer le bruit généré en approche : la diminution induite par le remplacement des B747-400 par des A380 est donc dans l'ensemble surestimée par le calcul.

Cette tendance est confirmée sur Orly : le remplacement des B747-200 par des B747-400 ainsi que le remplacement de tous les gros porteurs par des B777-200 ont, à l'exception de courbes isolées très sensibles aux effets de seuil, nettement moins d'impact sur les courbes en NA que sur les résultats en Lden.

L'indicateur NA est donc nettement moins sensible à la typologie de la flotte des avions les plus bruyants que le Lden. Toute chose restant égale par ailleurs, le NA peut ne pas toujours refléter l'ensemble des mesures importantes prises pour réduire les nuisances sonores (renouvellement de la flotte, interdiction des avions bruyants, procédures moindre bruit au décollage) alors que les hypothèses d'entrée en matière de typologie des aéronefs sont prépondérantes pour la modélisation en Lden.

A noter que les MD 80, pour lesquels un doute persiste concernant la validité des données constructeurs utilisées pour la modélisation, ont un impact significatif sur les courbes en Lden et sur les courbes en NA éloignées autour d'Orly.

3.3. IMPACT DES PARAMETRES DE MODELISATION

3.3.1. Profils de vol au décollage

FICTIF / MTOW

LDEN	50	12%
	55	8%
	62	10%
	70	3%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	5%	4%	6%	5%		
65		6%	1%	1%	0%	
62				1%	2%	0%

Tableau des variations de surfaces : aéroport fictif – profils MTOW

BALE / MTOW

LDEN	50	
	55	13%
	62	11%
	70	10%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70		27%	4%	1%		
65			1%	8%	1%	
62			0%	12%	0%	

Tableau des variations de surfaces : Bâle – profils MTOW

Au vu des tests réalisés sur l'aéroport fictif et sur Bâle-Mulhouse, les modifications de profils de vol au décollage ont dans l'ensemble moins d'impact sur les courbes en NA que sur les courbes en Lden : les courbes NA65 et NA62 très sensibles au paramètre fréquence, mais peu sensibles au paramètre niveau de bruit sont assez peu impactées par les modifications de profils au décollage.

3.3.2. Profils de vol à l'atterrissage

Les modifications des profils de vol à l'atterrissage (relèvement du palier d'interception de l'axe ILS de 1000ft, descente continue) n'ont pas été étudiées car leurs effets ne sont perceptibles qu'à des distances importantes de la piste¹¹ en dehors de la zone d'étude des trois scénarios de référence.

¹¹ L'interception de l'axe ILS à 3° avec un palier à 3000ft sol s'effectue à plus de 9NM du seuil de piste

3.3.3. Base de données

FICTIF / BD INM 7-0

LDEN	50	0%
	55	-2%
	62	-3%
	70	1%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	-3%	-7%	-4%	5%		
65		-6%	-4%	-5%	0%	
62			-5%	-7%	-2%	-2%

Tableau des variations de surfaces : Aéroport fictif – Impact de la BD 7-0

BALE / BD INM 7-0

LDEN	50	-10%
	55	-9%
	62	-4%
	70	-6%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	-3%	-6%	-5%	-4%		
65			-11%	-3%	3%	
62			-16%	-2%	1%	

Tableau des variations de surfaces : Orly – Impact de la BD 7-0

La base de données INM 7-0 tend à réduire les courbes en Lden comme en NA dans les zones impactées par les approches, mais les résultats obtenus sur l'aéroport fictif et sur Bâle-Mulhouse ne permettent pas de tirer d'autres conclusions générales sur les effets de la version de la base de données sur les contours en NA par rapport aux courbes en Lden, les effets variant d'un site à l'autre et d'une courbe à l'autre.

3.3.4. Dispersion latérale des trajectoires

FICTIF / DISPERSION

LDEN	50	-2%
	55	0%
	62	-2%
	70	0%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	-5%	-1%	-1%	2%		
65		-6%	-3%	-3%	0%	
62			-3%	-4%	0%	0%

Tableau des variations de surfaces : aéroport fictif – impact de la dispersion latérale des trajectoires

Le scénario sur l'aéroport fictif relatif à la dispersion a consisté à appliquer une dispersion latérale théorique point par point pour les trajectoires de décollage comme préconisé par défaut dans le doc 29, 3^{ème} édition¹².

¹² Affectation du trafic suivant une distribution statistique gaussienne sur 7 sous-trajectoires (i.e. trois sous-trajectoires de part et d'autre de la trajectoire nominale) conformément à la note méthodologique NOT/STAC/ACE/MODL/09-64

La prise en compte de la dispersion latérale des trajectoires augmente significativement les temps de calcul dans INM et dans N-INM.

Comme pour les courbes Lden, la dispersion latérale des trajectoires a des effets limités aux courbes en NA les plus éloignées de l'aérodrome et les surfaces impactées totales tendent dans l'ensemble à se réduire légèrement. Les effets bien connus de raccourcissement et de gonflement des courbes en extrémité de zone induits par la dispersion latérale des trajectoires sur les courbes Lden ne s'observent pas systématiquement sur les courbes en NA. On note une déformation en forme de « doigts » de certains contours en NA éloignés de l'aérodrome (NA70/10 et NA65/20). Cette déformation est induite par la répartition discrète du trafic sur un nombre limité de sous-trajectoires.



Aérodrome fictif – impact de la dispersion latérale des trajectoires – NA65/20-50-100 (extrait)

3.3.5. Relief

BALE / SANS RELIEF

LDEN	50	-2%
	55	-1%
	62	-2%
	70	-4%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	-4%	-2%	-1%	-3%		
65			-1%	-5%	-9%	
62			-1%	-4%	-10%	

Tableau des variations de surfaces : Bâle – Impact du relief

ORLY / SANS RELIEF

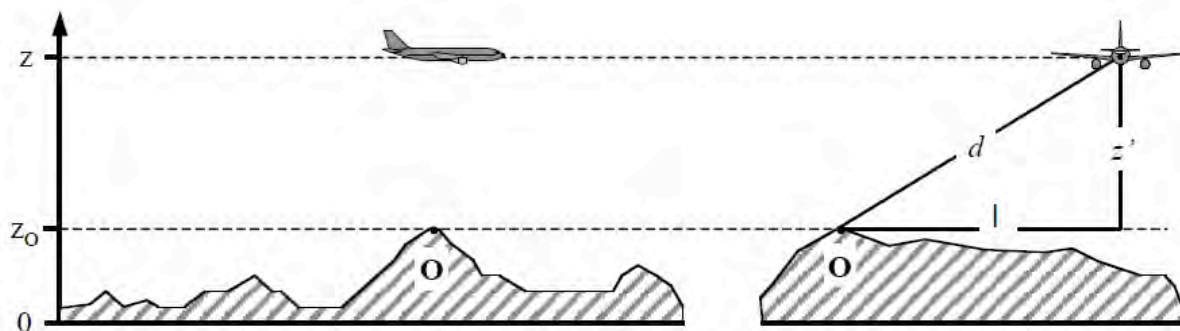
LDEN	50	
	55	-2%
	62	-2%
	70	4%

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70		-1%	-3%	-5%		
65			-3%	-2%	-2%	
62				-2%	-2%	-2%

Tableau des variations de surfaces : Orly – Impact du relief

La prise en compte du relief dans le modèle de bruit INM n'intervient que dans le calcul de la distance entre la source de bruit (l'avion) et le récepteur au sol. Les effets de masques et de réflexions ne sont pas pris en compte. Lorsque l'altitude du terrain augmente sous la trajectoire, la distance source-récepteur

diminue et donc les niveaux de bruit augmentent. A l'inverse, lorsque l'altitude du terrain diminue, les niveaux de bruit sous trace diminuent¹³.



Au voisinage de l'aérodrome de Bâle-Mulhouse, les principales collines sont situées à l'ouest de la piste principale : c'est donc dans ce secteur que les effets du relief sur les courbes en Lden comme sur les courbes en NA sont les plus visibles.

Au voisinage de l'aérodrome d'Orly (altitude de référence de 89m), le terrain est dans l'ensemble montant à l'ouest (160m-170m) et descendant (lit de la Seine) puis plat à l'est. La prise en compte du relief a donc tendance à étendre les zones de bruit à l'ouest, les effets du relief étant quasiment inexistant à l'est.

Le relief a des effets très localisés sur les contours en Lden comme en NA. Ces effets sont bien entendu liés à la topographie locale du site.

3.3.6. Pas de calcul

FICTIF / PAS 0,1NM

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	0%	1%	2%	7%		
65		0%	1%	2%	-4%	
62			1%	-1%	-1%	-2%

Tableau des variations de surfaces : aérodrome fictif – pas de calcul grossier (0,1NM)

FICTIF / PAS 0,025NM

Niveau\Fréquence	10	20	50	100	150	200
70	0%	0%	0%	1%		
65			0%	-1%	0%	
62			1%	0%	0%	1%

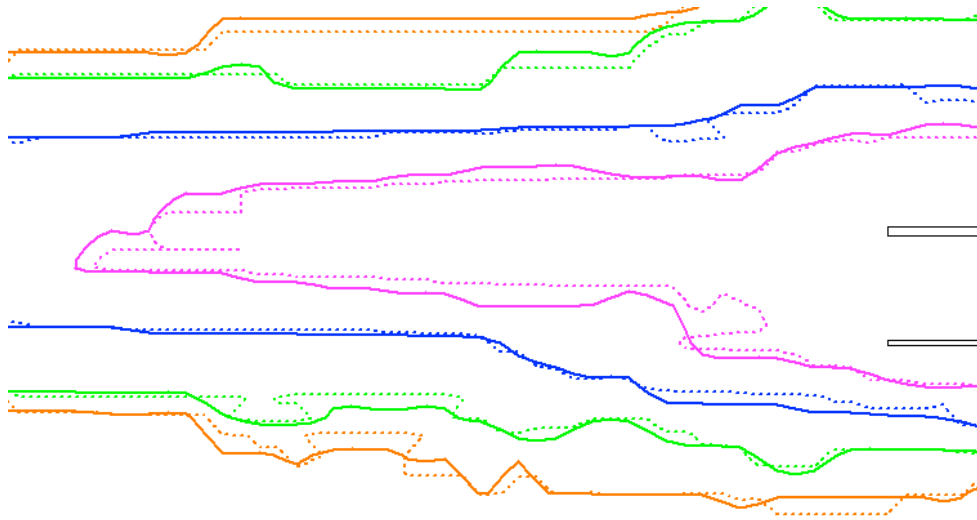
Tableau des variations de surfaces : aérodrome fictif – pas de calcul fin (0,025NM)

Le choix du pas de calcul influe peu sur la surface totale des zones de bruit mais de façon significative sur la précision et le lissage des contours en NA.

Un pas de calcul grossier (0.1NM) induit de nombreuses interpolations dans NM-Plot. A l'inverse, un pas de calcul fin (0.025NM) limite les imprécisions dues aux interpolations mais augmente sensiblement le nombre de points calculés et donc le temps de calcul.

Le choix d'un pas de calcul intermédiaire (0.05NM) est a priori un bon compromis précision / temps de calcul.

¹³ Les effets du relief en latéral sont moins systématiques car la valeur de l'angle de site intervient dans l'atténuation latérale



Aérodrome fictif – impact du pas de calcul - NA70/10-20-50-100 (extrait)

(trait plein : pas 0.1NM, trait pointillé : pas 0.05NM)

3.4. IMPACT DES PARAMETRES LIES A LA CONSTRUCTION DE L'INDICATEUR

3.4.1. Résultat pour le NA SEL

Il est d'usage, en Australie notamment, de construire l'indicateur NA à partir du descripteur LAMax, même si aucun obstacle technique n'empêche de calculer des valeurs NA à partir du SEL.

Le SEL est un descripteur acoustique plus complet et plus stable que le LAMax mais, dans le même temps, plus complexe et moins communicant que le LAMax. Le SEL est le descripteur utilisé pour le calcul de l'indice Lden. Sa relative complexité explique sa non utilisation pour un indicateur comme le NA dont le principal avantage est sa compréhension rapide par les néophytes.

La modélisation du bruit en LAMax dans INM s'appuie, pour certains avions¹⁴, sur davantage d'approximations que la modélisation en SEL. En effet, pour ces avions, la base de données ANP ne comporte que des courbes NPD en SEL. Le logiciel INM estime donc les courbes NPD LAMax à partir de formules de conversion SEL-LAMax définies sur la base d'analyses statistiques. Pour cette liste d'avions, certes limitée, les résultats en SEL issus d'INM sont donc plus fiables que les résultats en LAMax.

Dans le cadre de cette étude, seul un test pour le scénario de référence de l'aérodrome fictif a été réalisé avec l'indicateur NA-SEL. Les niveaux de bruit ont été adaptés à l'échelle du SEL (75, 80, 85dB(A)) : ces seuils demeurent néanmoins arbitraires.

- NA85/10-20-50-100
- NA80/50-100-150
- NA75/100-150-200

¹⁴ Il s'agit notamment des B767, MD11, B727, KC135R, B747-200, DHC7, DHC8, DHC830, MD11, B757, F28, F100

	Nbre d'évènements	Aérodrome fictif
NA-SEL 85	10	31,1
	20	17,3
	50	10,6
	100	3,5
NA-SEL 80	20	48,7
	50	27,3
	100	9,0
	150	2,7
NA-SEL 75	50	58,0
	100	23,9
	150	5,9
	200	1,5

Aérodrome fictif – scénario de référence : surface (km²) des zones en NA-SEL

Il n'y a pas de correspondance entre les courbes NA-LAMax et les courbes NA-SEL : les surfaces et les formes des courbes diffèrent. Au vu des trois jeux de courbes calculées, les courbes en NA-SEL sont dans l'ensemble plus larges au droit de la piste que les courbes NA-LAMax, la durée d'exposition augmentant pendant les phases où la vitesse est faible, en particulier lors du roulage au décollage.

Les mêmes effets de seuil et de bord s'observent avec le NA-SEL et le NA-LAMax.

Le comportement et la sensibilité du NA-SEL n'ont pas été étudiés dans le cadre de cette étude. Si la pertinence de cet indicateur, notamment à travers d'études épidémiologiques comme l'étude DEBATS était démontrée, il serait alors intéressant d'approfondir ce sujet.

3.4.2. Résultat pour le NA-Nuit

	Nbre d'évènements	Aérodrome fictif	Bâle	Orly
NA-nuit 70	2	24,5	23,0	48,0
	5	8,9	12,5	15,1
	10	0,5	6,8	3,6
NA-nuit 65	2	49,4	51,1	98,0
	5	19,4	24,4	32,0
	10	1,6	14,5	8,8
NA-nuit 62	2	*	*	*
	5	28,8	*	48,7
	10	3,1	22,5	14,1
Lnight	40	65,3	*	*
	45	26,2	26,3	59,7
	50	10,3	10,1	25,5

Trafic de nuit (22h-6h) : surfaces des zones des scénarios de référence (km²) (: courbe tronquée)*

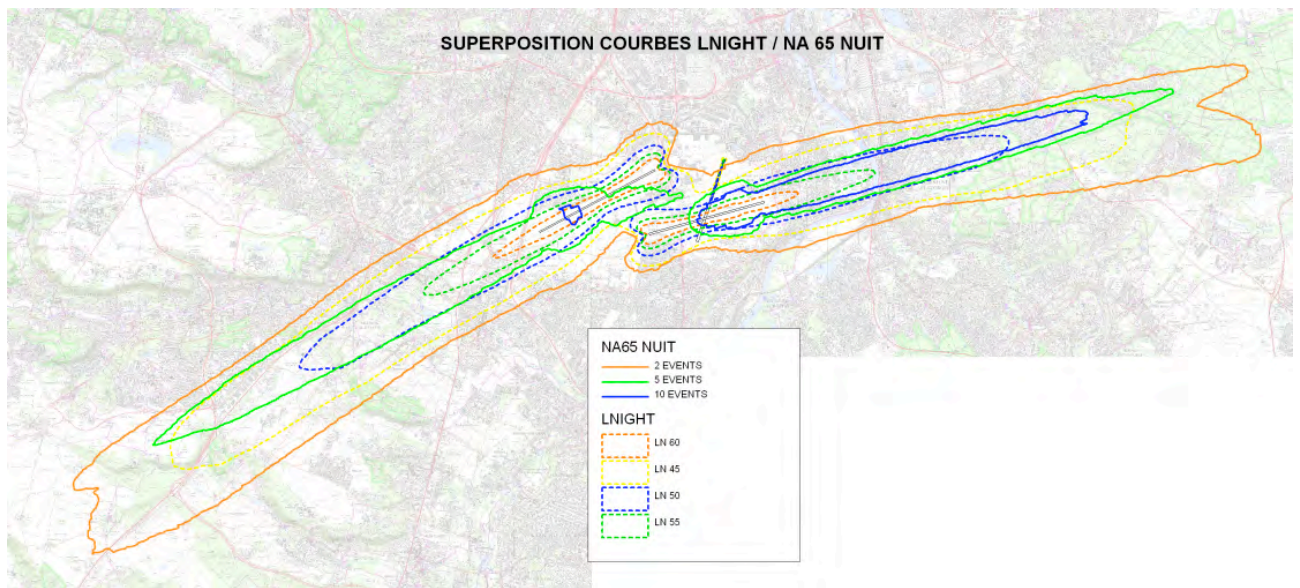
Il n'y a aucune correspondance automatique entre les courbes en Ln et les courbes en NA-nuit.

En 1^{ère} analyse, un indicateur évènementiel comme le NA caractérise a priori mieux les émergences isolées et donc les éventuelles perturbations ponctuelles du sommeil qu'un indicateur qui s'appuie une sommation énergétique comme le Ln.

A l'inverse, les effets à long terme sur la santé d'une exposition au bruit nocturne (problèmes cardio-vasculaires notamment) sont d'après l'OMS davantage corrélés à des indicateurs intégrés comme le Ln qu'à un indicateur évènementiel du type NA (cf. [10]).

La question de la pertinence en termes de santé publique de l'indicateur NA-nuit doit être traitée dans le cadre d'études épidémiologiques spécifiques.

Si l'intérêt du NA-nuit pour évaluer la perturbation du sommeil des riverains d'aérodrome était démontré, il conviendrait alors d'ajuster plus finement les paramètres niveaux de bruit et fréquence du NA-nuit qui ont été fixés ici de manière arbitraire.



Exemple NA65 nuit sur Paris-Orly

4. CONCLUSIONS

4.1. DES OUTILS INFORMATIQUES NON INTEGRES

L'indicateur NA n'étant pas actuellement paramétrable directement dans INM, le calcul de contours en NA nécessite la manipulation de plusieurs outils informatiques non intégrés dont certains sans manuel d'utilisateur. La solution informatique actuellement disponible pour générer des courbes en NA requiert un paramétrage optimum des grilles de calcul détaillées dans INM, des temps de calcul importants et la manipulation de fichiers informatiques volumineux.

Cette solution informatique « maison » est a priori incompatible avec une industrialisation et une déconcentration de la production de courbes en NA à l'ensemble des utilisateurs actuels du logiciel INM au sein de la DGAC.

4.2. DES VALEURS LIMITES EN NA DIFFICILES A FIXER

Il n'existe pas de correspondance entre les deux paramètres (bruit et fréquence) qui définissent les contours de bruit en NA : le NA70/50 n'a aucune raison d'être équivalent au NA65/100. L'articulation entre les deux dimensions est complexe et fortement liée au type de trafic accueilli. Le choix des seuils en matière de niveau de bruit et de fréquence n'est pas aisé et conditionne fortement les résultats obtenus :

- Si le seuil de niveau de bruit est élevé et la fréquence faible, ce sont essentiellement les avions les plus bruyants qui vont être comptabilisés dans le calcul du NA, comme dans le cas du Lden : l'indice NA70 est l'indice dont le comportement se rapproche le plus du Lden ;

- A l'inverse, si le seuil de niveau de bruit est faible et la fréquence élevée (NA62, NA65), ce sont les avions les plus fréquemment observés (qui ne sont pas nécessairement les plus bruyants) qui vont conditionner le résultat du calcul en NA.

De plus, il paraît difficile de fixer des seuils pertinents et communs à tous les aéroports ce qui complique la tâche du législateur. Le contour NA65/100 préconisé par l'ACNUSA peut par exemple être pertinent pour caractériser le trafic de Paris-Orly et de Paris - CDG, mais le seuil des 100 mouvements journaliers moyens en un point donné est mathématiquement inatteignable, même en bout de piste, pour la plupart des aéroports de province : le trafic annuel doit dépasser les 73 000 mouvements¹⁵ (100*2*365) pour que le contour NA65/100 commence à peine à exister autour d'une piste dans le cadre de la réglementation actuelle PEB-PGS qui s'appuie sur un trafic journalier moyen¹⁶.

De même, le NA 62/200 qui met fortement l'accent sur le paramètre fréquence des événements n'est pas adapté pour cartographier l'environnement sonore de la plupart des aéroports français.

4.3. DES EFFETS DE SEUIL ET DE BORD IMPORTANTS

Le choix des valeurs limites pour les niveaux de bruit et les fréquences est d'autant plus complexe que les effets de seuil et de bord sont particulièrement marqués pour l'indicateur NA : il s'agit du principal inconvénient du NA.

4.3.1. Effets de seuil

L'indicateur NA est un indicateur binaire : en un point donné, chaque vol opéré compte pour 0 ou pour 1. Dans le cas du NA70 par exemple, un vol qui génère en un point donné un LAMax de 69.8dB(A) ne sera pas

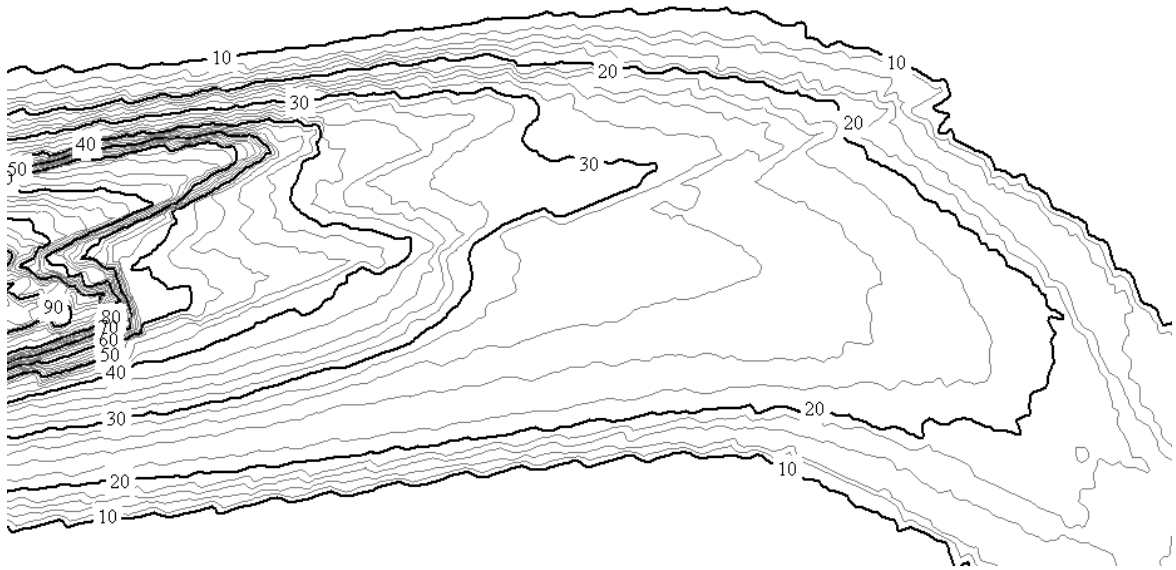
¹⁵ D'après les stats 2007, Strasbourg, Nantes, Bordeaux et Bâle n'atteignent pas ce seuil

¹⁶ Trafic annuel réparti uniformément sur 365 jours

du tout comptabilisé alors qu'un vol à 70dB(A) le sera. Dans le même temps, un vol qui génère 85dB(A) n'aura pas davantage d'effet sur le NA qu'un vol à 70dB(A). Ces effets de seuil sont d'autant plus marqués avec une typologie du trafic et des trajectoires simples. Ils dépendent de la typologie du trafic et induisent un comportement imprévisible et instable de l'indicateur NA qui tranche avec la stabilité et la robustesse du Lden.

Pour un niveau bruit donné, il existe plusieurs méthodes pour visualiser ces effets de seuil :

- si l'on visualise l'ensemble des courbes en NA, outre les effets de dentelles, on remarque que les différentes courbes ne sont pas régulièrement espacées entre elles et que certains sauts entre courbes sont particulièrement marqués. Le choix d'un NA-nuit 65/2 ou 65/3 n'est par exemple pas anodin et change radicalement les surfaces impactées à l'ouest d'Orly (et donc les conclusions qu'on peut en tirer..).

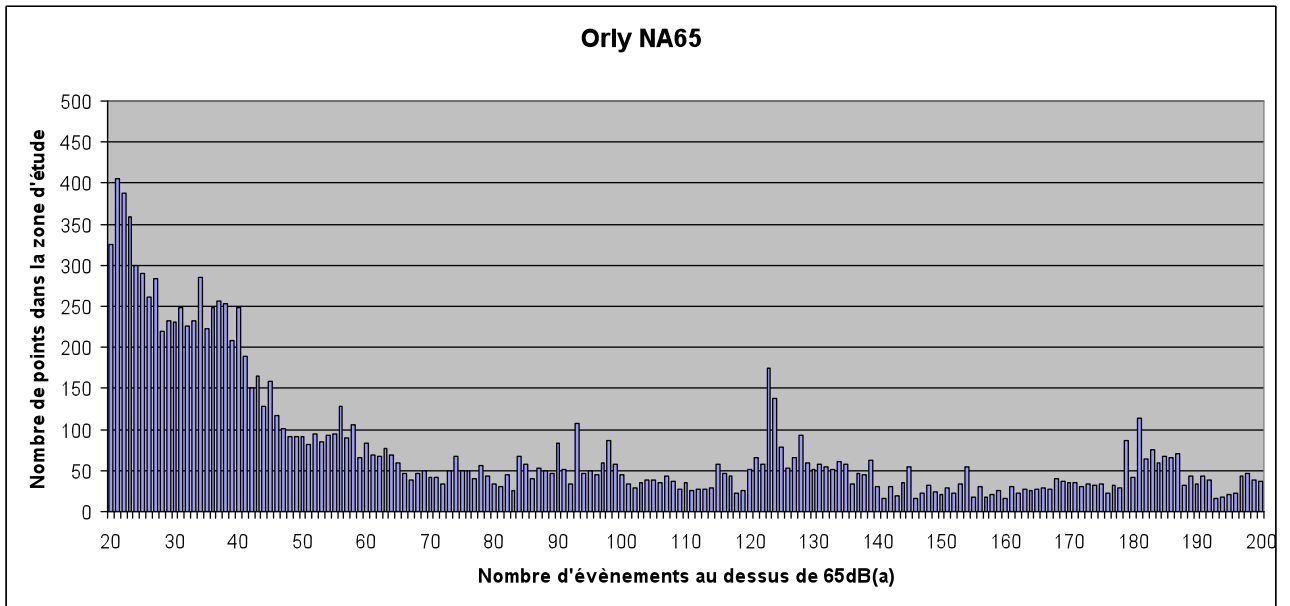


Orly – scénario de base – NA70 (extrait partie ouest)



Orly – scénario de base – NA65 nuit (extrait partie ouest)

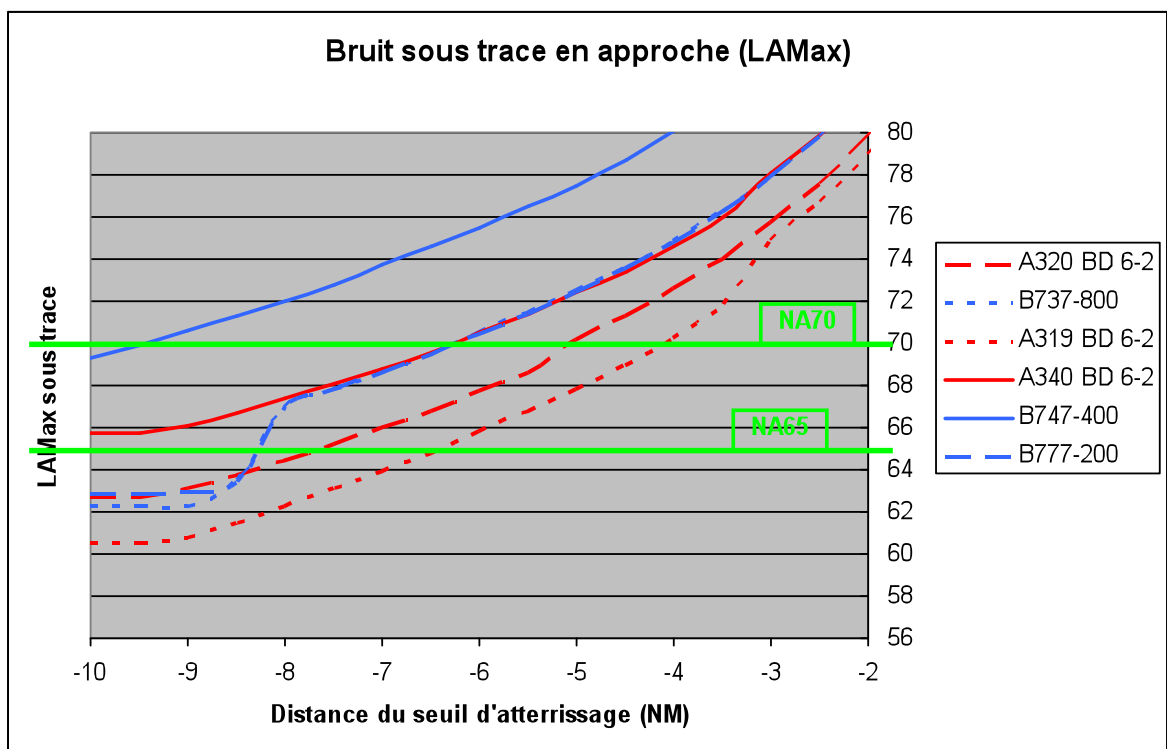
- la visualisation de l'histogramme des valeurs en NA pour l'ensemble de la zone d'étude permet également de mettre en évidence les « fréquences seuils » qui correspondent aux pics.



En l'absence de cadre méthodologique, il est actuellement, en pratique, beaucoup plus facile de manipuler des courbes en NA en fonction des conclusions qu'on veut tirer que des courbes en Lden, en ajustant notamment la valeur du paramètre fréquence ou en choisissant une journée caractéristique plutôt qu'une autre.

4.3.2. Effets de bord

Les courbes en NA ne sont pas indéfiniment extensibles : indépendamment du volume de trafic, elles sont nécessairement incluses à l'intérieur de l'enveloppe des contours LAMax des avions accueillis. A titre d'exemple, les contours en NA 70 d'un aéroport qui accueille des A320 et des A319 ne pourront jamais aller au-delà de 5NM du seuil de piste pour la partie approche (cf. schéma ci-dessous) : même avec un trafic d'A320 décuplé, cette limite ne pourra jamais être dépassée à cause des effets de bord. A l'inverse, l'augmentation du trafic induit, sur les courbes en Lden, des gonflements homothétiques certes limités mais prévisibles et sans effets de bord qui résultent de la sommation énergétique de la définition du Lden.



4.4. UN COMPORTEMENT TRES DIFFERENT DU LDEN

D'une manière générale, l'indicateur NA ne se comporte pas du tout comme le Lden lorsque l'on modifie des paramètres de trafic.

Le NA est dans l'ensemble plus sensible au nombre de mouvements total et moins sensible à la typologie de la flotte et aux profils de vol que le Lden : il est néanmoins difficile de dégager des tendances générales concernant le comportement des courbes en NA, les effets observés n'étant pas toujours les mêmes en fonction des niveaux et des fréquences fixés.

La définition et le comportement arithmétique du NA¹⁷ est facilement compréhensible par le néophyte, permet une bonne prise en compte de l'effet fréquence, mais peut aussi, dans certains cas, gommer les effets de certains paramètres primordiaux dont la modernisation de la flotte.

A l'inverse, le Lden est un indicateur complexe, difficilement explicable voire technocratique, qui intègre et agrège de nombreux phénomènes (niveau et durée de chaque évènement sans écrêtage, pondération jour/ soirée/ nuit), mal compris et donc mal perçu par les riverains d'aérodrome, mais qui a les avantages de ses inconvénients : aucun effet n'est écrêté et sa robustesse permet des comparaisons stables entre contours annuels historiques.

Le NA n'est pas une réelle alternative au Lden, mais un indicateur complémentaire possible. La cohabitation de plusieurs indicateurs de bruit qui ne mesurent pas les mêmes effets enrichit et complique à la fois le débat avec le public¹⁸.

4.5. UNE COMPARAISON AISEE AVEC LA MESURE

Il est nettement plus facile de mesurer, en un point donné, une valeur en NA qu'une valeur en Lden et donc de comparer le résultat d'un calcul avec une campagne de mesures. Une telle comparaison, toujours très délicate, n'était pas dans le champ de la présente étude et nécessiterait dans tous les cas beaucoup de précautions concernant la qualité et la durée des campagnes de mesure¹⁹.

Les biais mis en évidence pour le NA calculé (effets de seuil et effets de bord notamment) existe aussi pour le NA mesuré, même si l'amplitude des niveaux mesurés est dans l'ensemble plus importante que l'amplitude des niveaux calculés.

A l'instar de ce qui a été fait en Australie autour de l'aéroport de Sydney et étant donnée la forte sensibilité de cet indicateur aux variations journalières, une communication sur des amplitudes de valeurs en NA mesuré sur une année en complément de l'information sur la moyenne agrégée paraît le plus pertinent.

¹⁷ En un point donné et toute chose restant égale par ailleurs, le doublement du trafic induit le doublement du NA

¹⁸ Une telle cohabitation entre indicateurs de bruit existe déjà entre d'un côté les données de certification acoustique en EPNdB et de l'autre côté la cartographie du bruit et les mesures en exploitation qui reposent sur le dB(A)

¹⁹ L'exploitation des données des stations de monitoring permanent et des stations IGMP pourrait être envisagée



Morning: 06:00: to 07:00. Daytime: 07:00 to 20:00. Evening: 20:00 to 23:00. Night: 23:00 to 06:00 (in the same day)

4.6. UNE CORRELATION AVEC LA GENE QUI RESTE A DEMONTRER

La meilleure compréhension par les riverains d'aérodrome de l'indicateur NA en comparaison avec les indicateurs acoustiques standard comme le Lden est un avantage évident en termes de communication, mais ne démontre pas à elle seule une meilleure corrélation avec la gêne ressentie. Une telle démonstration suppose de s'appuyer sur des enquêtes de gêne sonore et des études épidémiologiques sérieuses. Ce travail dépasse le cadre de la présente étude.

Certaines questions notamment sur la pertinence en terme de santé publique de l'indicateur NA-nuit pour évaluer les perturbations du sommeil, trouveront peut être des réponses dans le cadre de l'étude DEBATS lancée en 2009 par l'ACNUSA et par le ministère de la santé.

ANNEXE 1 - SYNTHÈSE DES COMPARAISONS SURFACIQUES POUR LES DIFFÉRENTS SCÉNARIOS ETUDIÉS

	NOMBRE EVENEMENTS	TRAFFIC X2	SANS DECOLLAGES	SANS ATERRISSAGES	SANS AVIATION GENERALE	SANS AVIATION COMMERCIALE	SANS HUSKIT	SANS GROS PORTEURS	A380	SANS AVIATION REGIONALE	PROFILS MTOW	BD INM 7-0	DISPERSION	PAS NINM 0,1	PAS NINM 0,025
NA70	10		-55%	-30%	-2%	-89%	-20%	-24%	-22%	0%	5%	-3%	-5%	0%	0%
	20	54%	-45%	-23%	-1%	-92%	-1%	-9%	-5%	0%	4%	-7%	-1%	1%	0%
	50	58%	-66%	-44%	-5%	-93%	-1%	-8%	-3%	-2%	6%	-4%	-1%	2%	0%
	100	151%	-100%	-43%	-13%	-98%	-1%	-15%	-2%	-51%	5%	5%	2%	7%	1%
NA65	20		-50%	-15%	-2%	-93%	-1%	-6%	-3%	0%	6%	-6%	-6%	0%	
	50	81%	-60%	-44%	-4%	-93%	0%	-11%	-4%	-2%	1%	-4%	-3%	1%	0%
	100	116%	-99%	-64%	-9%	-97%	0%	-14%	-1%	-63%	1%	-5%	-3%	2%	-1%
	150	449%	-100%	-69%	-34%	-100%	0%	-17%	-2%	-74%	0%	0%	0%	-4%	0%
NA62	50		-57%	-45%	-4%	-93%	0%	-12%	-4%	-3%		-5%	-3%	1%	1%
	100	113%	-97%	-68%	-11%	-98%	0%	-14%	-1%	-63%	1%	-7%	-4%	-1%	0%
	150	466%	-100%	-66%	-33%	-100%	0%	-16%	-3%	-68%	2%	-2%	0%	-1%	0%
	200	818%	-100%	-94%	-63%	-100%	0%	-37%	-1%	-89%	0%	-2%	0%	-2%	1%
LDEN	50	78%	-62%	-23%	-3%	-93%	-6%	-21%	-13%	-5%	12%	0%	-2%		
	55	73%	-64%	-26%	-4%	-93%	-6%	-19%	-11%	-5%	8%	-2%	0%		
	62	79%	-72%	-27%	-6%	-94%	-8%	-20%	-12%	-5%	10%	-3%	-2%		
	70	73%	-80%	-10%	-5%	-93%	-9%	-19%	-12%	-3%	3%	1%	0%		

Tableau 1 : comparaisons surfaciques - aéroport fictif

	NOMBRE EVENEMENTS	SANS DECOLLAGES	SANS ATERRISSAGES	SANS AVIATION GENERALE	MTOW	BD 7-0	SANS RELIEF
NA70	10	-66%	-24%	-1%		-3%	-4%
	20	-63%	-31%	-1%	27%	-6%	-2%
	50	-62%	-33%	-2%	4%	-5%	-1%
	100		-43%	-54%	1%	-4%	-3%
NA65	20						
	50	-61%	-36%	-3%	1%	-11%	-1%
	100		-35%	-39%	8%	-3%	-5%
	150			-25%	1%	3%	-9%
NA62	50	-59%	-38%	-5%	0%	-16%	-1%
	100		-33%	-37%	12%	-2%	-4%
	150			-25%	0%	1%	-10%
	200						
LDEN	50	-61%	-34%	-2%		-10%	-2%
	55	-61%	-38%	-2%	13%	-9%	-1%
	62	-68%	-27%	-4%	11%	-4%	-2%
	70	-78%	-10%	-7%	10%	-6%	-4%

Tableau 2 : comparaisons surfaciques - Bâle-Mulhouse

Etude de sensibilité de l'indicateur de bruit NA

Version v1 du 17/05/10

	NOMBRE EVENEMENTS	SANS DECOLLAGES	SANS ATTERRISSAGES	SANS B747-200	B777-200	SANS AVIATION REGIONALE	SANS MD 80	SANS RELIEF
NA70	10							
	20	-79%	-3%	-4%	-27%	0%	-42%	-1%
	50	-73%	-8%	0%	-5%	-2%	-15%	-3%
	100	-75%	-10%	-35%	-2%	-4%	-3%	-5%
NA65	20							
	50	-73%	-8%	0%	-5%	-3%	-13%	-3%
	100	-72%	-8%	0%	-2%	-5%	-4%	-2%
	150	-83%	-36%	0%	0%	-9%	-3%	-2%
NA62	50							
	100	-72%	-8%	0%	-2%	-5%	-5%	-2%
	150	-82%	-37%	0%	0%	-10%	-3%	-2%
	200	-89%	-86%	0%	-1%	-21%	-3%	-2%
LDEN	50							
	55	-77%	-11%	-9%	-19%	-3%	-13%	-2%
	62	-84%	-11%	-16%	-26%	-3%	-12%	-2%
	70	-87%	-11%	-15%	-24%	-4%	-11%	4%

Tableau 3: comparaisons surfaciques - Paris-Orly

ANNEXE 2 - GLOSSAIRE

ACNUSA	autorité de contrôle des nuisances sonores aéroportuaires
ADP	aéroports de Paris
ANP	aircraft noise and performance (base de données européenne)
CCAR	commission consultative d'aide aux riverains
CEAC	conférence européenne de l'aviation civile
CCE	commission consultative de l'environnement
DEBATS	discussion sur les effets du bruit des aéronefs touchant la santé
DSAC	direction de la sécurité de l'aviation civile
DTA	direction du transport aérien
DGAC	direction générale de l'aviation civile
DSNA/ME	direction des services de la navigation aérienne / mission environnement
GP	avion gros porteur
IGMP	indicateur global mesuré pondéré
INRETS	institut national de recherche sur les transports et leur sécurité
INM	integrated noise model
MP	avion moyen porteur
MTOW	maximum take off weight: masse maximum au décollage
NM	nautical mile: mille marin (= 1852m)
NPD	noise power distance
OACI	organisation de l'aviation civile internationale
OMS	organisation mondiale de la santé
PEB	plan d'exposition au bruit
PGS	plan de gêne sonore
QFU	direction magnétique de la piste
SEL	sound exposure level : niveau d'exposition au bruit (ou LAE)
SIG	système d'information géographique
STAC	service technique de l'aviation civile
TDP	tour de piste
TGO	touch & go

ANNEXE 3 - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] *Rapport sur la méthode normalisée de calcul des courbes de niveau de bruit autour des aéroports civils (document 29)*
Conférence Européenne de l'Aviation Civile, 3^{ème} édition, décembre 2005
- [2] *Recommended method for computing noise contours around airports, doc 9911*
International Civil Aviation Organization, 1st edition, 2008
- [3] *Guide d'élaboration des cartes de bruit aérien*
Service technique de l'aviation civile, septembre 2007
- [4] *Impact des paramètres de trafic sur la modélisation des courbes de bruit en Lden*
Service technique des bases aériennes, juillet 2004
- [5] *Expanding ways to describe and assess aircraft noise*
Department of Transport and Regional Services (Australia), mars 2000
- [6] *Integrated Noise Model 7.0, user's guide*
Federal Aviation Administration, avril 2007
- [7] *Integrated Noise Model 7.0, technical manual*
Federal Aviation Administration, janvier 2008
- [8] *NMPlot 4.954, user's guide*
Wasmer consulting
- [9] *Rapports d'activité 2005, 2006, 2007 et 2008*
Autorité de contrôle des nuisances sonores aéroportuaires
- [10] *Night noise guidelines for Europe*
Organisation Mondiale de la Santé, 2009

Ressources, territoires, habitats et logement
Énergie et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**

service technique de l'Aviation civile
31, avenue du Maréchal Leclerc
94381 BONNEUIL-SUR-MARNE CEDEX
Tél. 33 (0) 1 49 56 80 00
Fax 33 (0) 1 49 56 82 19

Site de Toulouse
9, avenue du Docteur Maurice Grynfolgel - BP 53735
31037 TOULOUSE CEDEX 1
Tél. 33 (0) 1 49 56 83 00
Fax 33 (0) 1 49 56 83 02

Centre de test de détection d'explosifs
Centre d'essais de lancement de missiles - BP 38
40602 BISCARROSSE CEDEX
Tél. 33 (0) 5 58 83 01 73
Fax 33 (0) 5 58 78 02 02