

**EVALUATION DES IMPACTS LIES
A LA LIMITATION DES NIVEAUX
DE BRUIT DU TRAFIC AERIEN EN
REGION DE BRUXELLES-CAPITALE**

I.B.G.E.

**Laboratoire de Recherche
en Environnement**

Cellule bruit

Novembre 1997_(v2)

Table des matières

1. Introduction

2. Projet d'arrêté relatif à la lutte contre le bruit des avions

2.1. Zonage

2.2. Périodes "jour" et "nuit"

2.3. Indices acoustiques utilisés

2.3.1. Limite par passage

2.3.2. Limite par période

2.4. Choix des valeurs limites

2.5. Evolution et perspectives

3. Recommandations générales existantes

4. Analyse du trafic aérien actuel

4.1. Méthodologie

4.2. Relevés acoustiques

4.3. Localisation et caractéristiques des points de mesures

4.3.1. Station de mesure d'Evere

4.3.2. Station de mesure de Haren

4.4. Périodes d'observation

4.5. Résultats

4.6. Constatations

5. Détermination des impacts liés à l'application de valeurs limites (par simulations)

5.1. Méthodologie

5.1.1. Simulation A

5.1.2. Simulation B

5.1.3. Simulation C

5.2. Résultats

5.3. Constatations

6. Evaluation des valeurs limites proposées

6.1. Considérations générales

6.2. Observations particulières

6.3. Impacts liés à la mise en applications des valeurs limites

6.3.1. Limites par passage isolé

6.3.2. Limites par période

6.3.3. Tableau de synthèse

7. Conclusions

ANNEXES

1. Introduction.

Des campagnes de mesures effectuées en 1994, 1995 et 1996 ont permis de quantifier l'impact acoustique dû au trafic aérien inhérent aux activités de l'aéroport de Zaventem¹. Il est ainsi apparu que le trafic aérien modifie de manière significative l'ambiance sonore des quartiers survolés, et altère de manière considérable la quiétude des zones habitées et donc leur qualité de vie.

Les quartiers situés à l'extrême nord-est de la région sont particulièrement touchés par ces nuisances sonores. A ces endroits, il semble en effet impossible qu'un individu puisse, dans une telle ambiance sonore, exercer une activité normale ou puisse bénéficier d'un minimum d'heures de repos indispensables à son équilibre, sinon à sa santé. Cette dégradation de l'environnement sonore n'est certainement pas sans incidence sur le développement social, économique, urbanistique et démographique de cette zone.

En 1997, une étude réalisée par la cellule bruit de l'I.B.G.E.² évalue sur base de mesures, de normes et de calculs, l'importance de la gêne acoustique nocturne subie par les riverains à l'égard du bruit du trafic aérien. Cette étude tend à démontrer l'existence d'une réelle gêne acoustique nocturne engendrée par le trafic aérien actuel. Elle justifie la nécessité de limiter ces nuisances à des valeurs permettant au moins un repos réparateur pour les habitants des quartiers survolés.

En application de l'ordonnance cadre du 17 juillet 1997 (MB 20 octobre 1997), un projet d'arrêté relatif à la lutte contre le bruit des avions a été mis en chantier. Il est destiné à limiter les nuisances sonores des avions sur le territoire régional, notamment par la définition de valeurs limites en fonction de la zone et de la période de la journée.

La présente étude repose sur la méthodologie développée dans le projet d'arrêté (voir point 2.). Elle ne vise donc pas à remettre en question les périodes et les indices acoustiques définis dans ce texte. Elle se limite à analyser la situation actuelle, sur base d'observations faites en deux points de mesures localisés dans deux zones différentes. Les constatations qui en découlent n'ont donc pas la prétention d'être représentatives de la totalité de la zone dans laquelle le point de mesures considéré se situe, mais donnent par contre une bonne indication quant à la situation réelle actuelle à ces points et dans les environs proches de ceux-ci.

¹ : Bruit des avions à Evere juin - juillet 1994 (FR et NL)
Bruit des avions à Schaerbeek septembre - octobre 1994 (FR)
Bruit des avions à Evere juin - juillet 1995 (FR)
Bruit des avions à Evere - Haren - Neder-Over-Heembeek juin-juillet 1996 (FR)

² : Evaluation de la gêne acoustique nocturne due au trafic aérien au nord-est de la région bruxelloise (FR et NL)

Cette étude donne ainsi une première évaluation des conséquences que va engendrer la mise en application de valeurs limites tant pour le trafic aérien que pour l'environnement sonore. L'évaluation doit ainsi permettre de quantifier, d'une part, le "gain acoustique" qu'une limitation du bruit du trafic aérien peut apporter pour les quartiers concernés et, d'autre part, les contraintes qu'elle impose à l'égard du trafic aérien (et donc aux acteurs liés à la gestion et l'exploitation des installations de l'aéroport de Zaventem et aux compagnies aériennes qui utilisent ces installations). Cette évaluation visera à quantifier la portion du trafic aérien litigieux qui serait à "éliminer" ou à modifier d'un point de vue acoustique pour répondre aux exigences de la législation.

2. Projet d'arrêté relatif à la lutte contre le bruit des avions

Les activités générées par des installations aéroportuaires de Zaventem engendrent des nuisances sonores qui constituent souvent pour les habitants du nord-est de la Région de Bruxelles-Capitales la nuisance principale. Le projet d'arrêté est destiné à limiter ces nuisances sonores sur le territoire régional.

La mise en application de ce texte et le respect des valeurs limites imposées doivent garantir à tous les Bruxellois, de jour comme de nuit, une ambiance sonore leur permettant une activité normale et un repos réparateur. Ces valeurs doivent s'inspirer de recommandations et d'indices de gêne existant dans ce domaine.

L'imposition de valeurs limites à l'égard du bruit des avions doit toutefois autoriser la poursuite à Zaventem d'une activité aéroportuaire et donc permettre le décollage ou l'atterrissage des avions. Aussi les niveaux limites fixés doivent être réalistes et permettre le survol de la région bruxelloise ceci tout en tenant compte des possibilités existantes en matière de réduction du bruit des avions.

Le respect des limites doit donc aussi encourager le recours à un ensemble de solutions complémentaires, telles l'utilisation d'avions moins bruyants, l'utilisation de procédures de moindre bruit, la limitation du poids au décollage, ou encore la recherche de couloirs aériens plus favorables en matière de nuisances acoustiques à l'égard des zones habitées.

L'arrêté est basé notamment sur les principes suivants:

- la définition de zones dans lesquelles sont définies des valeurs limites d'immission
- la définition de périodes "jour" et "nuit"
- la définition de valeurs limites par passage d'avion
- la définition de valeurs limites par période.

2.1. Zonage

La Région de Bruxelles-Capitale est divisée en trois zones (0, 1, 2). Le tracé de ces zones a été conçu en prenant en considération les procédures officielles définies par les SID (Départ Normalisé aux Instruments) et les STAR (Arrivée Normalisée aux Instruments) publiées dans les AIP (Publication d'Information Aéronautique) par les soins de la RVA (Régie des Voies Aériennes). Les trajectoires des avions, correspondant approximativement au respect de ces procédures par un type d'avion très moyennement performant, dans des conditions météorologiques moyennes, plutôt peu favorables, sont représentées sur le schéma ci-après (fig. 1.).

Les zones sont délimitées par les limites du territoire régional et des arcs de cercle de rayons donnés et centrés en un point défini par ses coordonnées géographiques. Le centre des arcs de cercle est localisé au droit d'une balise³, permettant au commandant de bord de savoir à tout instant à quelle distance il s'en trouve. Cette balise est située dans l'axe de la piste 25L/07R, du côté nord-est.

Le choix de cette balise comme centre des cercles délimitant les zones acoustiques est un choix délibéré, permettant au pilote de se situer aisément par rapport aux frontières de ces zones.

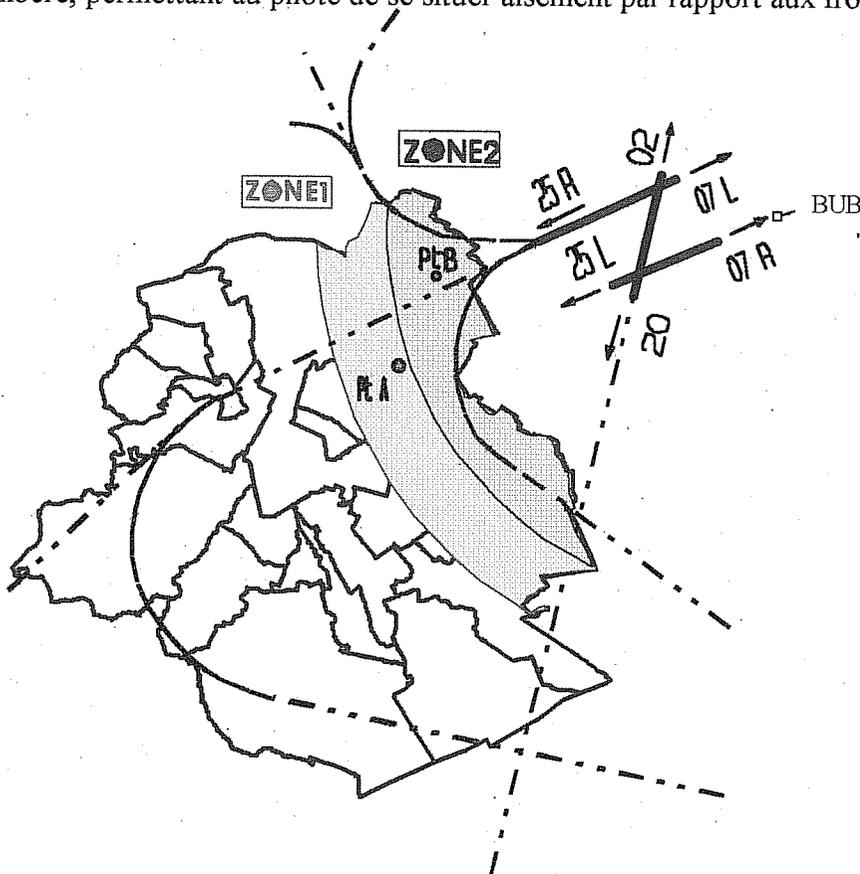


Fig. 1. : Zonage de la région de Bruxelles - Capitale et couloirs aériens des pistes 25R et 02/20

La **zone 2** correspond à la partie du territoire régional (extrême nord-est) qui est soit inévitablement survolée (au décollage ou à l'atterrissage) à une altitude relativement faible, soit exposée au bruit des avions survolant le territoire proche des limites de la Région.

La **zone 1** correspond à une zone intermédiaire où soit, les avions sont à une altitude relativement plus élevée, soit, le bruit des avions est perçu alors qu'ils ont déjà quitté l'espace aérien de la Région.

Le reste de la Région est classé en **zone 0**. Cette zone correspond au territoire de la Région qui soit n'est pas survolé, soit est survolé par des avions (théoriquement) à une altitude nettement plus élevée.

³ : balise DVOR/DME BUB 50° 54.2' N 004° 32.4'E

2.2. Périodes "jour" et "nuit"

La journée a été répartie en deux périodes; une période diurne (appelée ici période "jour") et une période nocturne (appelée ici période "nuit"). Ces périodes sont définies en heures locales. La période "jour" est d'une durée continue de 16 heures (ou 57.600 secondes) et couvre l'intervalle de temps compris entre 7 heures et 23 heures. La période "nuit" est d'une durée continue de 8 heures (ou 28.800 secondes) et couvre l'intervalle de temps compris entre 23 heures et 07 heures. La période "nuit" est, par ailleurs, identique à celle définie dans l'Arrêté Royal du 20 mai 1997 (entré en application le 1 juin 1997) qui interdit le décollage et l'atterrissage de certains avions la nuit .

2.3. Indices acoustiques utilisés

2.3.1. Limite par passage

Les valeurs limites relatives aux passages isolés sont fixées en recourant à l'**indice SEL** (Sound Exposure Level). Cet indice intègre à la fois le niveau de bruit et la durée durant laquelle le bruit est présent. Il est tout à fait approprié au bruit généré par le trafic aérien et est directement corrélé à la gêne ressentie par les personnes exposées.

Le niveau SEL est lié au niveau équivalent $L_{Acq,t}$ par la relation:

$$SEL = L_{Acq,t} + 10 \times \text{LOG}(t) \quad \text{avec } t = \text{durée exprimée en secondes}$$

Sur base du graphique donné ci-après (Fig. 2.), on peut ainsi observer l'évolution de l'indice SEL en fonction des niveaux de bruit et de la durée du bruit . Par exemple un SEL de 90 dB(A) correspond en pratique à un niveau de bruit de 80 dB(A) pendant 10 secondes ou encore à un peu plus de 75 dB(A) pendant 30 secondes.

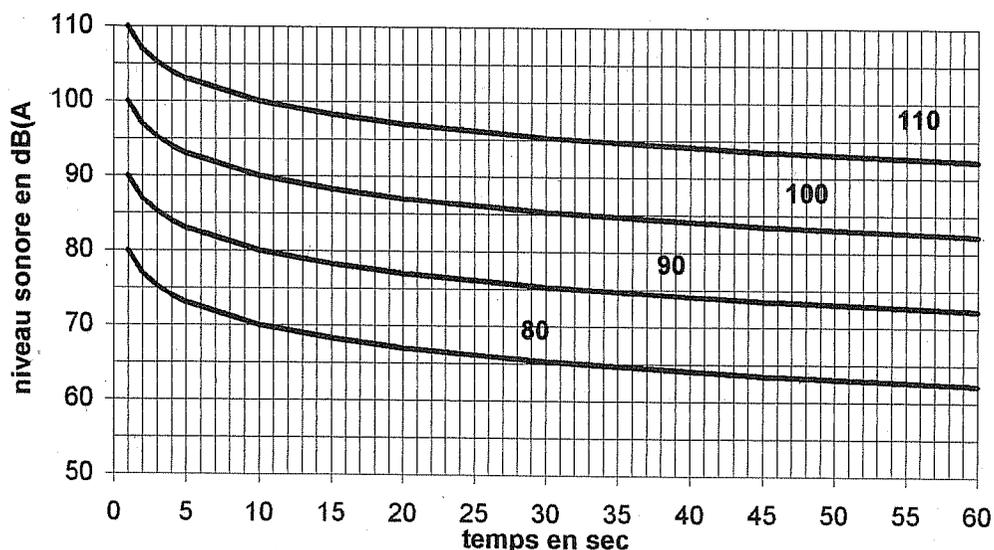
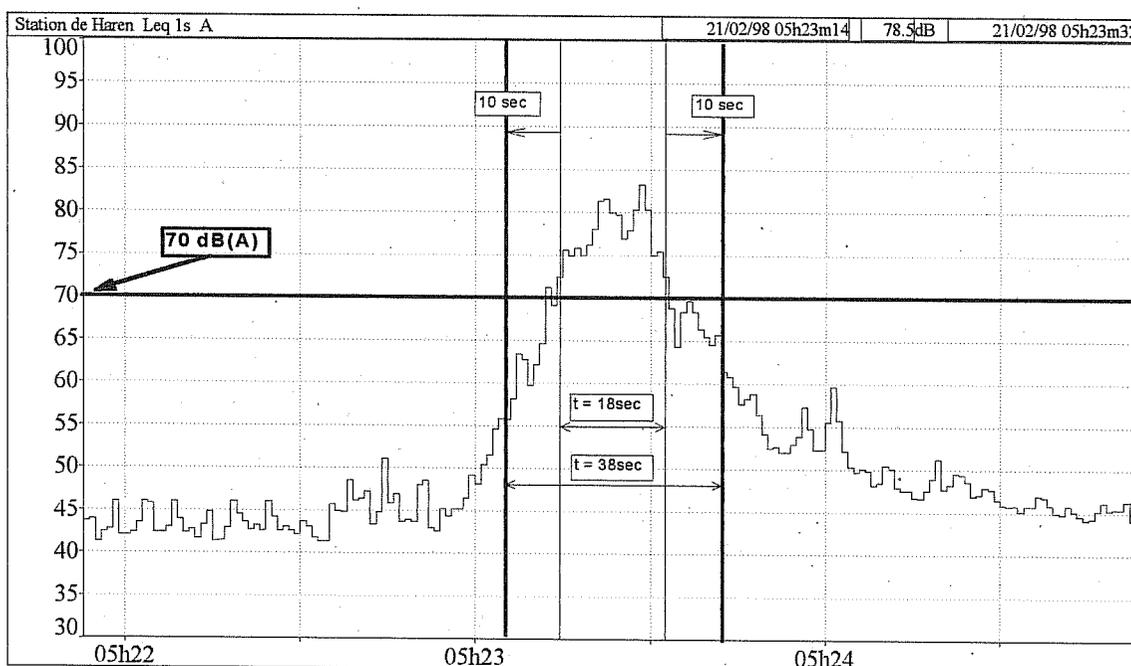


Fig. 2. : Courbes SEL constants

Le calcul de l'indice SEL est effectué pour les passages d'avion générant un niveau de bruit supérieur à 70 dB(A). L'intervalle de temps pris en compte pour le calcul du niveau SEL, couvre la période durant laquelle le niveau de bruit émis par l'avion est supérieur à 70 dB(A), et 10 secondes immédiatement avant et après cette période. Ceci permet de mieux prendre en compte l'émergence réelle du bruit des avions par rapport au bruit ambiant.

Dans l'exemple ci-après, la période durant laquelle le niveau de bruit provoqué par le passage d'un avion est supérieur à 70 dB(A) est de 18 secondes, le SEL sera donc calculé pour une période total de 38 secondes (10 secondes avant et après la période de 18 secondes).



Les niveaux limites sont fixés en fonction de la zone et de la période de la journée. Ils sont repris dans le tableau suivant.

Zones	SEL en dB(A)	
	jour	nuit
Zone 0	80	70
Zone 1	90	80
Zone 2	100	90

2.3.2. Limite par période

Le niveau acoustique équivalent spécifique au bruit des avions ($L_{sp,avion}$) est utilisé comme valeur limite de bruit généré par le trafic aérien pour une période de la journée donnée. Il s'agit en fait d'un niveau fictif, déterminé par calcul, correspondant uniquement au bruit généré par le passage des avions à l'exclusion de tout autre bruit (bruit ambiant local, trafic routier, chants d'oiseaux, cris d'enfants, bruit de tondeuse à gazon,...).

La détermination du $L_{sp,avion}$ nécessite de repérer, dans le bruit local, tout ce qui peut être identifié comme bruit, émergeant du bruit ambiant, généré par le passage d'un avion et de globaliser, pour une période d'observation donnée, ce bruit sous forme de niveau équivalent.

Des outils informatiques existants permettent de réaliser ces opérations de manière relativement simple, sûre et rapide. Les stations de mesures de l'I.B.G.E. sont particulièrement bien appropriées à ce type de surveillance, Elles sont relativement bien situées (actuellement une à Evere en zone 1 et une à Haren en zone 2).

Les niveaux limites sont fixés en fonction de la zone et de la période de la journée. Ils sont repris dans la tableau suivant:

Zones	$L_{sp,avion}$ en dB(A)	
	jour	nuit
Zone 0	55	45
Zone 1	60	50
Zone 2	65	55

Le choix de l'indice acoustique $L_{sp,avion}$ comme valeur limite par période, permet aux opérateurs de l'aéroport de planifier leur trafic, en étant exclusivement concernés par le seul bruit des avions. De leur côté, les habitants subissent cependant l'addition des bruits des avions et des autres bruits urbains.

2.4. Choix des valeurs limites

L'analyse et les investigations développée dans la suite du rapport illustrent à suffisance l'interaction entre le "gain acoustique" et les contraintes qui en résultent pour le trafic aérien, en fonction d'une valeur limite de bruit. C'est en partant de cette analyse, qu'il a été possible de procéder à un choix de valeurs limites en connaissant directement les différentes conséquences qui vont en résulter dans les environs proches du point de mesures concerné.

Tout en cherchant à autoriser un maximum d'activité à l'aéroport de Zaventem, la valeur limite choisie doit prioritairement garantir aux riverains une relative quiétude à l'égard du bruit du trafic aérien. Pour respecter cet objectif, la valeur des niveaux limites imposés dans le projet d'arrêté est inspirée des recommandations existantes en la matière et notamment celles de l'O.M.S. et celles résultant de l'indice de gêne L_{dn} .

2.5. Evolution et perspectives

Les valeurs limites proposées sont basées sur la situation actuelle. Les zones et les valeurs limites sont susceptibles d'être modifiées ultérieurement, en fonction de l'apparition et/ou de la généralisation d'avions plus performants et de la mise au point de procédures plus efficaces ou plus restrictives. Ces modifications auront pour objet de restreindre la surface des zones 2 et 1, et de diminuer les valeurs limites en fonction de l'amélioration continue des caractéristiques techniques et des performances des avions.

3. Recommandations générales existantes

Les valeurs limites ou les valeurs guides conseillées peuvent varier assez sensiblement selon le type de source considéré et l'indice de gêne utilisé.

L'indice L_{dn} est régulièrement utilisé (surtout aux Etats-Unis) pour caractériser une zone subissant les nuisances acoustiques dues au trafic aérien. Cet indice résulte d'un calcul prenant en compte les niveaux de bruit mesurés le jour (de 07h à 22h) et les niveaux de bruit mesurés la nuit (de 22h à 07h) lesquels ont été majorés de 10 dB(A). Il se calcule par la relation:

$$L_{dn} = 10 \times \log\left(\frac{15 \times 10^{(L_{Acq, 7-22})/10} + 9 \times 10^{(L_{Acq, 22-7+10})/10}}{24}\right)$$

Suivant l'expérience internationale ⁴, pour que le bruit du trafic aérien reste acceptable, l'indice L_{dn} doit être inférieur à 65 dB(A) dans les zones construites et inférieur à 60 dB(A) dans les zones à construire. Autrement dit, les zones où cet indice serait supérieur à 65 dB(A) ne doivent pas être habitées.

D'autre part l'indice L_{dn} peut être corrélé à la gêne ressentie par les riverains à l'égard du bruit du trafic aérien. L'appréciation de la gêne se répartit de la manière suivante:

$L_{dn} < 55$	Peu gênant
$55 < L_{dn} < 60$	Gênant
$60 < L_{dn} < 65$	Très gênant
$L_{dn} > 65$	Insupportable

De manière générale, on constate aussi que la plupart des indices de gêne, des valeurs guides et/ou des valeurs limites de nuit sont généralement 10 dB(A) inférieurs aux valeurs fixées pour le jour.

L'Organisation Mondiale pour la Santé (O.M.S.) recommande, en matière de nuisances sonores les valeurs reprises dans le tableau suivant:

	jour		nuit	
	intérieur	extérieur	intérieur	extérieur
valeur guide ($L_{Acq, 8h}$)	30 dB(A)	50 dB(A)	30 dB(A)	45 dB(A)
valeur limite ($L_{Acq, 8h}$)		55 dB(A)		
valeur max (L_{Amax})			45 dB(A)	

⁴ : Inter-Noise 94

Par ailleurs, une récente étude (septembre 1997) menée par la cellule bruit de l'I.B.G.E. évalue la gêne nocturne ressentie dans un local de repos isolé conformément à la norme NBN S01-400, et dont les portes et les fenêtres sont fermées. Sur base de cette étude, il est apparu que le bruit perçu à l'intérieur de ce type de local est 30 dB(A) inférieur au niveau de bruit perçu à l'extérieur lors du survol d'un avion à basse altitude.

On peut ainsi déduire de ces diverses considérations que:

- sur base des valeurs recommandées par l'O.M.S.:

- le niveau de $L_{Aeq,8h}$ à l'extérieur des habitations, (et donc, notamment, le niveau de bruit spécifique des avions) devrait rester inférieur à 55 dB(A) le jour et 45 dB(A) la nuit;

- la nuit, le niveau maximum de bruit dû au passage (L_{Amax}) d'un avion doit être inférieur à 75 dB(A) à l'extérieur des habitations ceci pour ne pas perturber de manière significative le sommeil des riverains en supposant que ceux-ci dorment, portes et fenêtres fermées, dans un local isolé acoustiquement selon les normes en vigueur.

- sur base de l'expérience internationale, en aucun cas, l'indice L_{dn} ne peut être supérieur à 65 dB(A) dans une zone habitée (et donc partout en région bruxelloise).

4. Analyse du trafic aérien actuel

4.1. Méthodologie

La méthodologie développée ci-après a été appliquée aux valeurs acoustiques relevées aux deux points de mesures et aux périodes "jour" et "nuit" prises en compte dans la période d'observation.

Le trafic aérien a été analysé en fonction de ses caractéristiques acoustiques. Le bruit émis par le passage d'un avion a été caractérisé par la valeur SEL. Cette valeur est utilisée dans le projet d'arrêté pour définir la valeur limite par passage isolé.

Les passages d'avions ont été recherchés, à partir des relevés acoustiques, en appliquant le critère énoncé dans le projet d'arrêté. Tous les passages produisant un niveau de bruit supérieur à 70dB(A) pendant au moins une seconde ont été codés et "élargis" 10 secondes avant et après le dépassement du seuil de 70dB(A). Seuls ces passages sont donc pris en compte dans la présente étude. Dans la suite du document ils sont dénommés "passages repérés". Pour chaque passages repérés, le niveau acoustique SEL a été calculé.

Les passages d'avions ne rentrant pas dans le critère spécifié dans le projet d'arrêté n'ont pas été pris en considération. Même si leur nombre n'est pas négligeable, ces passages "moins bruyants" contribuent peu dans l'ambiance sonore du point de mesures. Le bruit généré par les "passages repérés" représentent la partie prépondérante du bruit provoqué par l'ensemble des avions.

Cette analyse a permis d'évaluer la répartition du trafic aérien en fonction de sa qualité acoustique. Cette répartition a été déterminée pour les deux points de mesures, séparément pour les périodes "jour" et "nuit", et globalement pour chaque mois compris dans la période d'observation.

4.2. Relevés acoustiques

L'analyse du trafic aérien existant repose sur des valeurs acoustiques relevées "in situ", et auxquelles les dispositions prévues dans le projet d'arrêté ont été appliquées. Les points de mesures sont localisés aux stations de mesures d'Evere et de Haren qui relèvent en continu les niveaux de bruit sous forme de valeurs élémentaires (niveaux équivalents) d'une durée d'une seconde ($L_{Aeq,1s}$).

Les stations de mesures sont constituées essentiellement des éléments suivants:

- un PC type bureau équipé de ses périphériques classiques: clavier, souris, écran,...;
- une interface d'acquisition des données acoustiques;
- une unité d'alimentation assurant une protection contre les surtensions et les coupures de courte durée;
- une unité microphonique extérieure équipée d'une protection contre le vent et contre les oiseaux;
- de différents accessoires nécessaires à son bon fonctionnement (coffret, protections électriques, chauffage, ventilation, compteur électrique, modem,...).

4.3. Localisation et caractéristiques des deux points de mesures.

4.3.1 Station de mesures d'Evere

Le point de mesure se trouve dans une zone mixte (habitat-entreprise) dont l'environnement sonore peut être a priori considéré comme relativement calme. Il est situé à environ 5 kilomètres au sud-ouest du bout de la piste 25R, et est très régulièrement survolé de jour et occasionnellement la nuit

Le micro est fixé à une hauteur d'environ 15 mètres par rapport au sol, côté intérieur d'îlot, au sommet d'un mât et dépasse le faîte d'un toit à deux versants d'un immeuble d'habitation à deux étages situé rue J-B Mosselmans à Evere (Pt A-figures 1 et 3).

Cet îlot est circonscrit par la rue J-B Mosselmans, la rue Kurth, la rue du Tilleul, et la rue de la Résistance. Par rapport aux dispositions du projet d'arrêté, ce point de mesures se situe en zone 1.

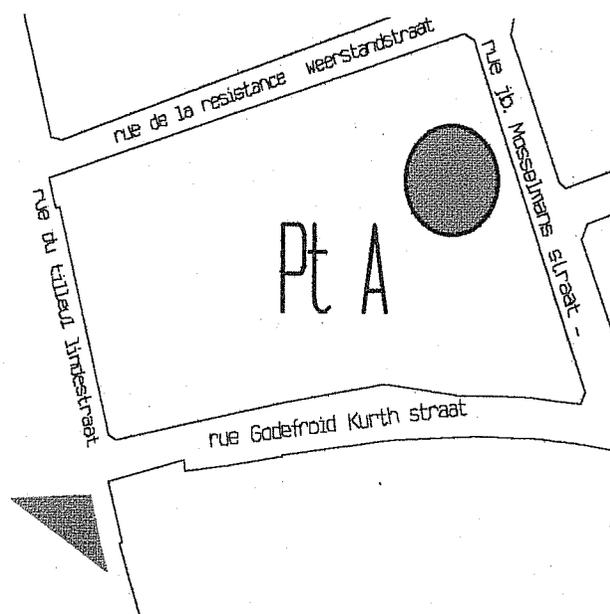


Fig. 3 : Localisation de la station d'Evere.

4.3.2. Station de mesures de Haren

Le point de mesures se trouve à proximité de l'Eglise Sainte-Elisabeth, d'une crèche, de la ligne de bus 54 et de la rue de Verdun relativement animée. Ce point se situe ainsi dans un quartier qui peut être considéré à priori en journée comme moyennement bruyant. Il est situé à environ 2,8 kilomètres au sud-ouest du bout de la piste 25R, et est très régulièrement survolé de jour et régulièrement la nuit.

Le micro est installé à une hauteur d'environ 8 mètres par rapport au sol, côté intérieur d'îlot, au sommet d'un mât et dépasse le faîte d'un toit à deux versants, d'un immeuble à un étage situé rue Cortenbach à Haren (Pt B -figures 1 et 4).

Cet îlot est circonscrit par la rue Cortenbach, le rue Sainte-Elisabeth, la rue du Donjon et la rue de Verdun. Par rapport aux dispositions du projet d'arrêté, ce point de mesures se situe en zone 2.

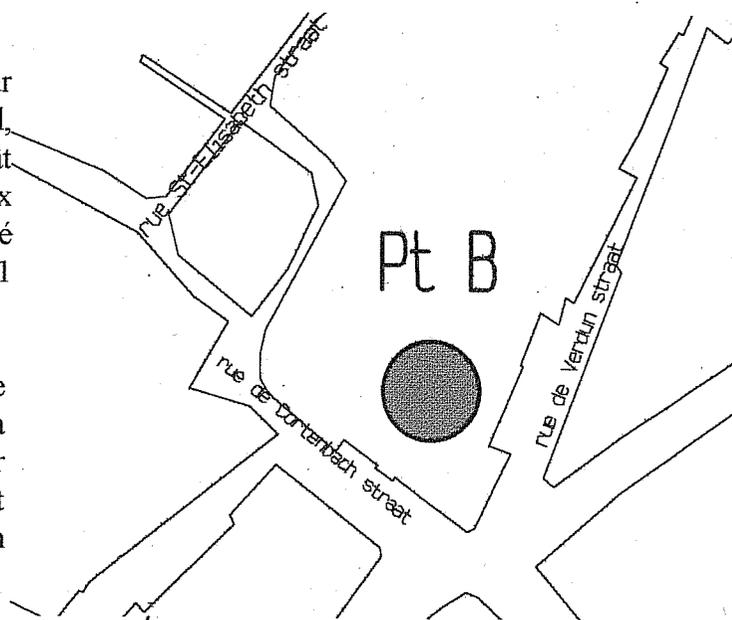


Fig. 4 : Localisation de la station de Haren

4.4. Périodes d'observation

La période d'observation prise en considération pour cette analyse a couvert les mois de juin 1997 et de septembre 1997. Pour des raisons techniques les mesures ont toutefois été interrompues à plusieurs reprises.

Dans le projet d'arrêté, les valeurs limites sont définies en fonction de la période de la journée. Celle-ci est divisées en deux périodes: le "jour" de 07:00 à 23:00 et la "nuit" de 23:00 à 07:00. L'analyse a porté sur les périodes "jour" et "nuit" complètes ou comportant de brèves interruptions. Les périodes étudiées sont reprises dans le tableau joint en annexe. Globalement les périodes "jour" et "nuit" ont été étudiées pour toute la période d'observation sauf :

- pour la station de Haren
 - du 07/06 23:00 au 09/06 07:00
 - du 21/06 23:00 au 23/06 07:00
 - du 26/09 07:00 au 27/09 23:00

- pour la station d'Evere

- du 09/06 23:00 au 18/06 23:00

Deux brèves interruptions se sont aussi produites à la station de Haren le 17/06 entre 13:10 et 14:16 et le 25/06 entre 11:17 et 11:53. Les périodes "jour" comportant ces interruptions sont prises en compte dans l'analyse.

4.5. Résultats

Les résultats relatifs à l'analyse du trafic aérien existant sont présentés en annexe sous forme de graphiques. Ces graphiques donnent la répartition du trafic aérien sur base d'une distribution cumulée de tous les "passages repérés". Cette répartition est exprimée en % du trafic en fonction du niveau SEL (en dB(A)).

Se trouvent ainsi en annexe pour chaque point de mesures les graphiques suivants:

- séparément pour chaque mois compris dans la période d'observation :

- la répartition pour les périodes "jour"
- la répartition pour les périodes "nuit"

- globalement les deux mois compris dans la période d'observation :

- la répartition pour les périodes "jour"
- la répartition pour les périodes "nuit".

Ces graphiques donnent entre autre une indication relative à la proportion d'avions qui, au point de mesures concerné, auraient été en infraction en fonction d'une valeur limite SEL si celle-ci avait été d'application au moment des mesures (et donc sans que des mesures spécifiques anti-bruit ne soient prises).

Les résultats sont aussi synthétisés dans les tableaux qui suivent:

Station d'Evere		juin		septembre		total	
		jour	nuit	jour	nuit	jour	nuit
nbe de périodes étudiées		21	20	30	29	51	49
nbe de passages repérés		989	54	1807	132	2796	186
nbe moyen par période		47	2,7	60,2	4,5	54,8	3,8
nbe moyen par heure		2,9	0,3	3,7	0,5	3,4	0,5
% d'avions dont SEL >	80 dB(A)	85,2	88,9	89,2	94,7	87,9	93
	90 dB(A)	20,6	0	25,6	9,8	23,8	7
	100dB(A)	0,7	0	1,7	0	1,4	0
	110dB(A)	0	0	0	0	0	0

Station de Haren		juin		septembre		total	
		jour	nuit	jour	nuit	jour	nuit
nbe de périodes étudiées		28	25	28	28	56	53
nbe de passages repérés		5530	469	5895	556	11425	1025
nbe moyen par période		197,5	18,7	210,5	19,8	204	19,3
nbe moyen par heure		12,3	2,3	13,1	2,5	12,7	2,4
% d'avions dont SEL >	80 dB(A)	92,5	95	94,6	96,7	93,6	95,9
	90 dB(A)	33,7	42,2	35,3	38,5	34,5	40,2
	100dB(A)	5,4	13,2	5,8	11,5	5,6	12,3
	110dB(A)	0,1	0,4	0,1	0,2	0,1	0,3

4.6. Constatations

Sur base de la méthodologie développée plus haut et appliquée aux relevés effectués aux deux points de mesures durant la période d'observation on peut constater :

- au point de mesures d'Evere (station EVE1):

- pour les 51 périodes "jour", il y a un total 2.796 "passages repérés". Ce qui représente en moyenne 54,8 passages par période, ou 3,4 passages par heure.
- pour les 49 périodes "nuit", il y a eu un total de 186 "passages repérés". Ce qui représente en moyenne 3,8 passages par période ou 1 passage toutes les deux heures;
- la nuit il y a eu peu de trafic bruyant en juin (aucun passage dont le SEL est supérieur à 90 dB(A)). Le trafic du mois de septembre est globalement plus bruyant que celui du mois de juin;
- le jour les courbes de répartition des indices SEL de juin et de septembre présentent un léger décalage. Elles sont relativement proches pour le trafic caractérisé par un SEL inférieur à 80 dB(A). Pour le trafic dont le SEL est supérieur à cette valeur, les courbes s'écartent sensiblement, le trafic de septembre étant plus bruyant que celui de juin;
- les avions moins bruyants (SEL < 80 dB(A)) sont sensiblement plus nombreux la nuit que le jour;
- les avions plus bruyants (SEL > 90 dB(A)) sont sensiblement plus nombreux le jour que la nuit;

- au point de mesures de Haren (station BXL1):

- pour les 56 périodes "jour", il y a eu un total de 11.425 "passages repérés". Ce qui représente en moyenne 204 passages par période, ou 12,7 passages par heure.

- pour les 53 périodes "nuit", il y a eu un total de 1025 "passages repérés". Ce qui représente en moyenne 19.3 passages par période ou 2.4 passages par heure;

- tant pour le jour que pour la nuit, les courbes de répartition des indices SEL de juin et de septembre présentent globalement une allure identique;

- les avions plus bruyants sont sensiblement plus nombreux la nuit que le jour.

- le nombre de "passages repérés" est très nettement supérieur à la station de Haren. Cette différence est encore plus importante pour les périodes "nuit". En moyenne, on constate qu'il y a eu en journée quatre fois plus de trafic à Haren qu'à Evere et cinq fois plus la nuit.

5. Détermination des impacts liés à l'application de valeurs limites (par simulations)

5.1. Méthodologie

Plusieurs formules et grandeurs de base d'acoustique ont été utilisées pour quantifier d'un point de vue acoustique l'impact de la mise en application de valeurs limites conformément aux dispositions prévues dans le projet d'arrêté.

Pour rappel, le niveau acoustique équivalent ($L_{Aeq,t}$) et l'indice SEL (Sound Exposure Level) ont été utilisés pour caractériser la situation actuelle et pour évaluer, au travers de différentes simulations, l'impact de la mise en application de valeurs limites. Le niveau équivalent et le niveau SEL ont été déterminés soit sur base des relevés acoustiques soit par calcul. Ces valeurs acoustiques sont liées par la relation :

$$SEL = L_{Aeq,t} + 10 \times \text{LOG} (\text{durée de la période } t \text{ en secondes}).$$

La situation acoustique actuelle a été caractérisée sur base des relevés acoustiques par le niveau équivalent global réel ($L_{Aeq,t\text{-global}}$) (bruit des avions et bruit ambiant). Le niveau SEL global a été calculé à partir de ce niveau équivalent.

Le niveau équivalent est aussi utilisé pour caractériser le niveau de bruit spécifique (ou bruit propre) des avions d'une situation donnée. Ce niveau de bruit spécifique des avions (L_{sp}) caractérise le bruit produit uniquement par les avions. Tous les autres bruits constituant le bruit ambiant en sont donc exclus.

Les "passages repérés" ont été recherchés lors de l'analyse du trafic aérien effectuée précédemment. Le nombre de passages et le SEL de chaque passage est ainsi connu. Pour chaque période étudiée, le SEL total des "passages repérés" ($SEL_{\text{passages repérés}}$) a été calculé. Il résulte de la somme des SEL de chaque "passage repéré" relatif à une période donnée. Le $SEL_{\text{passages repérés}}$ représente donc uniquement le bruit produit par les avions faisant partie des "passages repérés".

Le niveau de bruit spécifique des "passages repérés" correspondant au bruit propre total des avions ($L_{sp \text{ tot avion}}$), pour une période donnée, est calculé à partir du $SEL_{\text{passages repérés}}$ par la relation:

$$L_{sp \text{ tot avion}} = SEL_{\text{passages repérés}} - 10 \times \text{LOG}(t)^5$$

⁵ : t (en secondes) égale à :
- 57.600 pour le "jour" (16 heures x 3600 secondes)
- 28.800 pour la "nuit" (8 heures x 3600 secondes)

Une première évaluation (simulation A) a consisté à déterminer par calcul quel aurait été le niveau de bruit ambiant total ($L_{Aeq,t}$) au point considéré s'il n'y avait pas eu de "passage repéré" (et donc comme s'il n'y avait pas eu d'avion).

Connaissant cette situation de référence, les étapes suivantes ont consisté à évaluer pour différentes valeurs limites (SEL) par passage isolé, l'impact de la mise en application du projet d'arrêté tant sur le trafic aérien que sur l'environnement sonore. Les implications pour le trafic aérien seront évaluées sur base du nombre d'avions ne respectant pas les valeurs limites. Ces avions seront dénommés: "avions litigieux".

Les valeurs limites SEL testées ont été choisies en fonction des résultats de l'analyse de la répartition trafic aérien effectuée précédemment. Ces valeurs varient ainsi entre 70 et 110 dB(A) par pas de 10 dB(A).

Pour chaque valeur limite testée, l'analyse a ainsi consisté à rechercher parmi les "passages repérés" ceux dont le niveau SEL est supérieur à la valeur limite test. Ces passages auraient donc été en infraction par rapport au projet d'arrêté si celui-ci avait été d'application au moment des mesures. Pour chaque période étudiée, le nombre d'avions litigieux et le SEL total des passages litigieux ($SEL_{\text{avions litigieux}}$) ont été déterminés. Le niveau de bruit spécifique des "avions litigieux" a été calculé par période à partir de l'indice $SEL_{\text{avions litigieux}}$.

Pour respecter la valeur limite par passage, ces avions litigieux seraient donc à éliminer (simulation B) ou à remplacer par des avions respectant les valeurs limites (simulation C). Ces deux situations ont fait l'objet de simulations séparées. Dans chaque cas le niveau de bruit spécifique des avions a été calculé.

L'effet sur l'environnement sonore est évalué par le "gain acoustique". Il résulte de la différence arithmétique entre le niveau acoustique équivalent correspondant à la situation réelle actuelle et le niveau acoustique équivalent calculé pour une situation fictive (simulations A,B et C).

Les simulations ont nécessité de déterminer par calcul, pour chaque valeur limite testée et pour chaque période étudiée, les valeurs suivantes :

- le niveau de bruit spécifique des avions;
- le niveau équivalent relatif au bruit ambiant de la situation étudiée;
- le gain acoustique par rapport à la situation actuelle

L'ensemble des valeurs déterminées à partir des relevés ou résultant des calculs ont été moyennées séparément pour chaque mois étudié et globalement pour l'ensemble de la période d'observation étudiée.

5.1.1. Simulation A (situation sans "passages repérés")

Pour une telle situation le niveau de bruit spécifique des avions ($L_{sp \text{ avion -A}}$) est nulle (puisqu'il n'y a pas d'avion).

$$L_{sp \text{ avion -A}} = 0$$

Pour une période donnée, le niveau équivalent correspondant à la situation sans "passages repérés" (sans avion) est égal à la différence entre le niveau de bruit réel global ($L_{Aeq,t\text{-global}}$) et le niveau de bruit spécifique des "passages repérés" ($L_{sp \text{ tot,avion}}$). Ce niveau se calcule par la relation:

$$L_{Aeq,t\text{-A}} = 10 \times \text{LOG} (10^{(L_{Aeq,t\text{-global}}/10)} - 10^{(L_{sp,tot\text{-avion}}/10)})$$

Le gain acoustique relatif à cette situation est calculé par la relation :

$$\text{gain}_A = L_{Aeq,t\text{-global}} - L_{Aeq,t\text{-A}}$$

5.1.2. Simulation B (situation sans "avions litigieux")

Pour la simulation B correspondant à la situation où les "avions litigieux" ont été "éliminés", le niveau de bruit spécifique ($L_{sp \text{ avion-B}}$) des avions restant (ceux dont le niveau SEL est inférieur à la valeur limite test) est déterminé à partir de la différence entre le bruit produit par tous les "avions repérés" (SEL_{avion}) et le bruit produit par les avions qui, par rapport à la valeur limite SEL testée, seraient considérés comme "avions litigieux". Il est calculé par période étudiée par la relation:

$$L_{sp \text{ avion-B}} = 10 \times \text{LOG}(10^{SEL_{\text{avion}}/10} - 10^{SEL_{\text{avions litigieux}}/10}) - 10 \times \text{LOG}(t)^6$$

Le niveau équivalent $L_{Aeq,t\text{-B}}$ du bruit ambiant correspondant à cette situation est égale au bruit réelle (caractérisé par le SEL_{tot}) duquel on a retranché le bruit produit par les avions litigieux (caractérisé par le $SEL_{\text{avions litigieux}}$). Ce niveau acoustique se calcule sur base de la relation:

$$L_{Aeq,t\text{-B}} = 10 \times \text{LOG}(10^{SEL_{\text{tot}}/10} - 10^{SEL_{\text{avions litigieux}}/10}) - 10 \times \text{LOG}(t)^6$$

Le gain acoustique relatif à cette situation est calculé par la relation:

$$\text{gain}_B = L_{Aeq,t\text{-global}} - L_{Aeq,t\text{-B}}$$

⁶ : t (en secondes) égale à :
- 57.600 pour le "jour" (16 heures x 3600 secondes)
- 28.800 pour la "nuit" (8 heures x 3600 secondes)

5.1.3. Simulation C (situation "avions litigieux" remplacés par des "avions conformes")

Pour la simulation C correspondant à la situation où les avions litigieux ont été remplacés (même nombre) par des avions dont le SEL serait égal à la valeur SEL limite testée. Le SEL fictif relatif aux "avions remplacés" correspond au SEL limite considéré multiplié par le nombre d'"avions litigieux". Le SEL "avions remplacés" se calcule ainsi par la relation:

$$SEL_{\text{avions remplacés}} = 10 \times \text{LOG} (\text{nombre d'avions} \times 10^{(\text{SEL limite}/10)})$$

Le niveau de bruit spécifique des avions ($L_{\text{sp avion-C}}$) propre à cette situation correspond au bruit total produit par les "avions repérés" (SEL_{avion}) duquel a été retranché le bruit des "avions litigieux" ($SEL_{\text{avions litigieux}}$) et auquel a été ajouté le bruit produit par les "avions remplacés" (ceux qui remplacent les "avions litigieux" et dont le SEL est égal à la valeur SEL limite test). Il est calculé par période étudiée par la relation:

$$L_{\text{sp avion-C}} = 10 \times \text{LOG} (10^{SEL_{\text{avion}}/10} - 10^{SEL_{\text{avions litigieux}}/10} + 10^{SEL_{\text{avions remplacés}}}) - 10 \times \text{LOG} (t)^7$$

Le niveau équivalent $L_{\text{Aeq,t-C}}$ du bruit ambiant correspondant à cette situation est égal à la somme du bruit sans avion ($L_{\text{Aeq,t-A}}$) et du bruit spécifique des avions calculé par la relation précédente (correspondant à la situation où les avions litigieux ont été remplacés par des avions respectant la valeur SEL limite). Ce niveau acoustique se calcule sur base de la relation:

$$L_{\text{Aeq,t-C}} = 10 \times \text{LOG} (10^{L_{\text{Aeq,t-A}}/10} + 10^{L_{\text{sp avions C}}/10})$$

Le gain acoustique relatif à cette situation est calculé par la relation:

$$\text{gain}_C = L_{\text{Aeq,t-global}} - L_{\text{Aeq,t-C}}$$

5.2. Résultats

L'ensemble des valeurs déterminées à partir des relevés ou résultant des calculs ont été moyennées séparément pour chaque mois étudié et globalement pour l'ensemble de la période d'observation étudiée.

Les résultats sont présentés sous forme de tableaux. Ces tableaux, joints en annexe, reprennent par point de mesures et par type de période l'ensemble des résultats relatifs à une valeur limite donnée (SEL limite par passage). On retrouve notamment dans ces tableaux pour les différentes situations envisagées le niveaux de bruit spécifique des avions, la valeur du niveau équivalent et le gain acoustique.

⁷ : t (en secondes) égale à :
- 57.600 pour le "jour" (16 heures x 3600 secondes)
- 28.800 pour la "nuit" (8 heures x 3600 secondes)

La moyenne par période et le nombre de passages sont donnés dans le bas de chaque partie de tableau. Ces valeurs se rapportent donc aux périodes étudiées pour le mois considéré.

La moyenne par période, le minimum, le maximum et le nombre de passages sont donnés à l'extrême fin de la deuxième partie de tableau. Ces valeurs se rapportent à l'ensemble des périodes étudiées pour les mois de juin 97 et septembre 97.

Les résultats **moyens globaux** repris à l'extrême fin de la deuxième partie de tableau sont résumés par point de mesures et par période "jour" et "nuit" dans les tableaux suivants:

pour la station d'Evere

51 périodes "jour" (07:00 - 23:00)

		Situation actuelle		Simulation A sans passage repéré			Simulation B avions litigieux éliminés			Simulation C avions litigieux remplacés		
Valeurs limites SEL en dB(A)	% avions en infraction	L _{Aeq} en dB(A)	L _{sp tot avion} en dB(A)	L _{sp avion} en dB(A)	L _{Aeq} en dB(A)	gain en dB(A)	L _{sp avion} en dB(A)	L _{Aeq} en dB(A)	gain en dB(A)	L _{sp avion} en dB(A)	L _{Aeq} en dB(A)	gain en dB(A)
70	100	59.7	57.7	0	52.1	7.6	0	52.1	7.6	38.6	52.4	7.4
80	87,9	59.7	57.7	0	52.1	7.6	37.6	52.3	7.4	48.3	54	5.7
90	23,8	59.7	57.7	0	52.1	7.6	51.9	55.7	4.1	54.8	57.5	2.3
100	1,4	59.7	57.7	0	52.1	7.6	57.1	59.2	0.5	57.5	59.6	0.1
110	0	59.7	57.7	0	52.1	7.6	57.7	59.7	0	57.7	59.7	0

49 périodes "nuit" (23:00 - 07:00)

		Situation actuelle		Simulation A sans passage repéré			Simulation B avions litigieux éliminés			Simulation C avions litigieux remplacés		
Valeurs limites SEL en dB(A)	% avions en infraction	L _{Aeq} en dB(A)	L _{sp tot avion} en dB(A)	L _{sp avion} en dB(A)	L _{Aeq} en dB(A)	gain en dB(A)	L _{sp avion} en dB(A)	L _{Aeq} en dB(A)	gain en dB(A)	L _{sp avion} en dB(A)	L _{Aeq} en dB(A)	gain en dB(A)
70	100	48.7	41.2	0	45.1	3.6	0	45.1	3.6	27.5	45.3	3.4
80	93	48.7	41.2	0	45.1	3.6	7.8	45.2	3.5	36.4	46.5	2.2
90	7	48.7	41.2	0	45.1	3.6	40	47.9	0.8	40.8	48.4	0.3
100	0	48.7	41.2	0	45.1	3.6	41.2	48.7	0	41.2	48.7	0
110	0	48.7	41.2	0	45.1	3.6	41.2	48.7	0	41.2	48.7	0

pour la station de Haren

56 périodes "jour" (07:00 - 23:00)

		Situation actuelle		Simulation A			Simulation B			Simulation C		
				sans passage repéré			avions litigieux éliminés			avions litigieux remplacés		
Valeurs limites SEL en dB(A)	% avions en infraction	L _{Aeq} en dB(A)	L _{sp tot avion} en dB(A)	L _{sp avion} en dB(A)	L _{Aeq} en dB(A)	gain en dB(A)	L _{sp avion} en dB(A)	L _{Aeq} en dB(A)	gain en dB(A)	L _{sp avion} en dB(A)	L _{Aeq} en dB(A)	gain en dB(A)
70	100	69.8	69.4	0	57.5	12.3	0	57.5	12.3	45.2	57.8	12
80	93.6	69.8	69.4	0	57.5	12.3	41.9	57.7	12.2	55.1	59.7	10.2
90	34.5	69.8	69.4	0	57.5	12.3	58.4	61.2	8.7	62.6	63.9	5.9
100	5.6	69.8	69.4	0	57.5	12.3	66.1	66.9	3	67.7	68.2	1.6
110	0.1	69.8	69.4	0	57.5	12.3	69.2	69.6	0.2	69.4	69.8	0

53 périodes "nuit" (23:00 - 07:00)

		Situation actuelle		Simulation A			Simulation B			Simulation C		
				sans passage repéré			avions litigieux éliminés			avions litigieux remplacés		
Valeurs limites SEL en dB(A)	% avions en infraction	L _{Aeq} en dB(A)	L _{sp tot avion} en dB(A)	L _{sp avion} en dB(A)	L _{Aeq} en dB(A)	gain en dB(A)	L _{sp avion} en dB(A)	L _{Aeq} en dB(A)	gain en dB(A)	L _{sp avion} en dB(A)	L _{Aeq} en dB(A)	gain en dB(A)
70	100	64.9	64.2	0	53.2	11.7	0	53.2	11.7	38	53.4	11.5
80	95.9	64.9	64.2	0	53.2	11.7	16.8	53.3	11.7	47.9	54.7	10.2
90	40.2	64.9	64.2	0	53.2	11.7	51.6	56	8.9	55.9	58.3	6.7
100	12.3	64.9	64.2	0	53.2	11.7	58.1	59.9	5	61.1	62.2	2.7
110	0.3	64.9	64.2	0	53.2	11.7	63.9	64.7	0.2	64.1	64.9	0

Ces résultats peuvent aussi avantageusement être présentés sous forme de graphiques. Ils constituent ainsi en quelque sorte des abaques à partir desquels l'interaction entre les différents paramètres trafic et acoustiques peut être facilement évaluée pour le point de mesures considéré. Ces abaques sont donnés en annexe.

5.3. Constatations

Sur base de la méthodologie développée plus haut et appliquée aux relevés effectués aux deux points de mesures durant la période d'observation on peut effectuer de très nombreuses constatations par la simple lecture des abaques. C'est sur base de ces abaques que seront quantifiés les implications tant pour le trafic aérien que pour l'environnement sonore lorsqu'une valeur limite de bruit ($L_{sp \text{ avion}}$ ou SEL) a été fixée.

Les quelques constatations qui suivent se limitent à donner un aperçu des niveaux acoustiques et de la contribution sonore des avions aux deux points de mesures .

On constate ainsi notamment que:

- au point de mesures d'Evere (station EVE1):

- pour les périodes "jour":

- le niveau de bruit spécifique des avions est en moyenne pour les 51 périodes étudiées de 57.7 dB(A). Le niveau de bruit global (bruit des avions et bruit ambiant) est en moyenne de 59.7 dB(A);

- le niveau de bruit global sans "passage repéré" serait en moyenne de 52.1 dB(A). Dans cette situation le "gain acoustique" serait de 7.6 dB(A).

- pour les périodes "nuit":

- le niveau de bruit spécifique des avions est en moyenne pour les 49 périodes étudiées de 41.2 dB(A). Le niveau de bruit global (bruit des avions et bruit ambiant) est en moyenne de 48.7 dB(A);

- le niveau de bruit global sans "passage repéré" serait en moyenne de 45.1 dB(A). Dans cette situation le "gain acoustique" serait de 3.6 dB(A).

- au point de mesures de Haren (station BXL1):

- pour les périodes "jour":

- le niveau de bruit spécifique des avions est en moyenne pour les 56 périodes étudiées de 69.4 dB(A). Le niveau de bruit global (bruit des avions et bruit ambiant) est en moyenne de 69.8 dB(A);

- le niveau de bruit global sans "passage repéré" serait en moyenne de 57.5 dB(A). Dans cette situation le "gain acoustique" serait de 12.3 dB(A).

- pour les périodes "nuit":

- le niveau de bruit spécifique des avions est en moyenne pour les 53 périodes étudiées de 64.2 dB(A). Le niveau de bruit global (bruit des avions et bruit ambiant) est en moyenne de 64.9 dB(A);

- le niveau de bruit global sans "passage repéré" serait en moyenne de 53.2 dB(A). Dans cette situation le "gain acoustique" serait de 11.7 dB(A).

6. Evaluation des valeurs limites proposées

6.1. Considérations générales

A titre de rappel les valeurs limites proposées dans le projet d'arrêté sont rassemblées dans le tableau suivant:

Zones	SEL en dB(A)		$L_{sp \text{ avion}}$ en dB(A)	
	jour	nuit	jour	nuit
Zone 0	80	70	55	45
Zone 1	90	80	60	50
Zone 2	100	90	65	55

Les valeurs limites de bruit spécifique ($L_{sp \text{ avion}}$) ont ainsi été fixées à 65 dB(A) de jour et 55 dB(A) de nuit pour le point de mesures situé en "zone 2" (station BXL1 à Haren) et 60 dB(A) de jour et 50 dB(A) de nuit pour le point de mesures situé en "zone 1" (station EVE1 à Evere).

Si on calcule l'indice L_{dn} (voir point 3) en utilisant ces valeurs limites de bruit, on constate que les résultats correspondent aux différents seuils de 60 et 65 dB(A) utilisés pour caractériser une zone (constructible - habitable).

Toutefois, par rapport à l'indice L_{dn} les valeurs limites prises en compte sont moins strictes par le fait que la période "nuit" (période pour laquelle une pénalité de 10 dB(A) est appliquée) est une heure plus courte (de 23h à 07h au lieu de 22h à 07h), mais plus strictes par le fait que les valeurs "jour" et "nuit" ne sont pas cumulées pour une journée entière ce qui n'offre pas la souplesse de pouvoir reporter le trafic "nuit" en période "jour" (pour éviter la pénalité de 10 dB(A)).

L'O.M.S. recommande, pour une période de 8 heures, 55 dB(A) le jour et 45 dB(A) la nuit (voir point 3). Si on compare ces niveaux recommandés aux valeurs limites de bruit spécifique des avions on constater pour la zone 2 et - dans une moindre mesure - pour la zone 1, les niveaux limites proposés dans le projet d'arrêté sont supérieurs aux valeurs recommandées.

D'autre part, le niveau L_{Amax} (niveau de pointe) recommandé par l'OMS est de 45 dB(A) de nuit à l'intérieur des habitations. Considérant que le niveau d'isolation acoustique des habitations est (ou devrait être) d'environ 30 dB(A), le niveau L_{Amax} perçu à l'extérieur des habitations doit rester en dessous de 75 dB(A) (45 + 30).

L'indice SEL caractérise relativement bien le niveau de pointe produit lors du passage d'un avion mais sa valeur varie en fonction de la durée du bruit. C'est ainsi qu'un niveau de bruit de 75 dB(A) à l'extérieur peu correspondre par exemple (voir figure 2) à un indice SEL de 80dB(A) s'il dure environ 3 secondes ou encore un indice SEL de 90 dB(A) s'il dure environ 32 secondes. Toutefois, compte tenu de la "signature acoustique" typique relative au bruit produit lors du passage d'un avion (en forme de pointe - voir Fig 3 - ou de cloche) on peut raisonnablement considéré qu'un SEL de 80 dB(A) correspond au bruit de passage d'avion dont le niveau maximum sera proche ou légèrement supérieur à la valeur de 75 dB(A).

La valeur limite SEL en zone 2 a été fixée à 90 dB(A) ce qui est donc supérieur à la valeur qui logiquement, sur base des considérations faites plus haut, aurait dû être imposée pour respecter la recommandation de l'O.M.S. . Par contre les niveaux SEL proposés pour les zone 1 et 2, correspondent aux niveaux égaux ou inférieurs aux recommandations.

Il apparaît donc que les valeurs limites proposées sont dans certains cas supérieures aux niveaux recommandés par l'O.M.S. Toutefois, l'élimination des passages d'avions générant un niveau de bruit supérieur aux valeurs limites SEL proposées contribuera malgré tout à réduire, de manière significative, la gêne acoustique actuelle.

6.2. Constatations particulières

En guise de test les valeurs limites ont été appliquées aux relevés acoustiques effectués durant la période d'observations aux deux points de mesures. On constate ainsi notamment que:

- au point de mesures d'Evere (station EVE1):
 - pour les périodes "jour":
 - le niveau de bruit spécifique $L_{sp \text{ avion}}$ inférieur à 60 dB(A) est respecté pour 32 des 51 périodes étudiées;
 - pour les périodes "nuit":
 - le niveau de bruit spécifique des avions inférieur à 55 dB(A) est respecté pour 39 des 49 périodes étudiées;
- au point de mesures de Haren (station BXL1):
 - pour les périodes "jour":
 - mis à part pour les 01 et 02 juin 1997, le niveau bruit spécifique $L_{sp \text{ avion}}$ est, pour les 54 autres périodes, supérieur à 65 dB(A);
 - pour les périodes "nuit":
 - mis à part les 01 et 02 juin 1997, le niveau bruit spécifique des avions est, pour les 51 autres périodes, supérieur à 55 dB(A). On remarque néanmoins que pour deux des ces périodes la valeur n'est que très légèrement supérieure à la valeur limite proposée (55.7 dB(A) la nuit du 23-24/06 et 55.2 dB(A) la nuit du 12-13/09);

6.3. Impacts de la mise en application des valeurs limites

Partant des abaques, il est aussi possible d'estimer les impacts tant pour l'environnement sonore que pour le trafic aérien de la mise en application de valeurs limites par rapport à la situation actuelle aux deux points de mesures. Chaque valeur limite a été appliquée aux abaques correspondant à la situation étudiée.

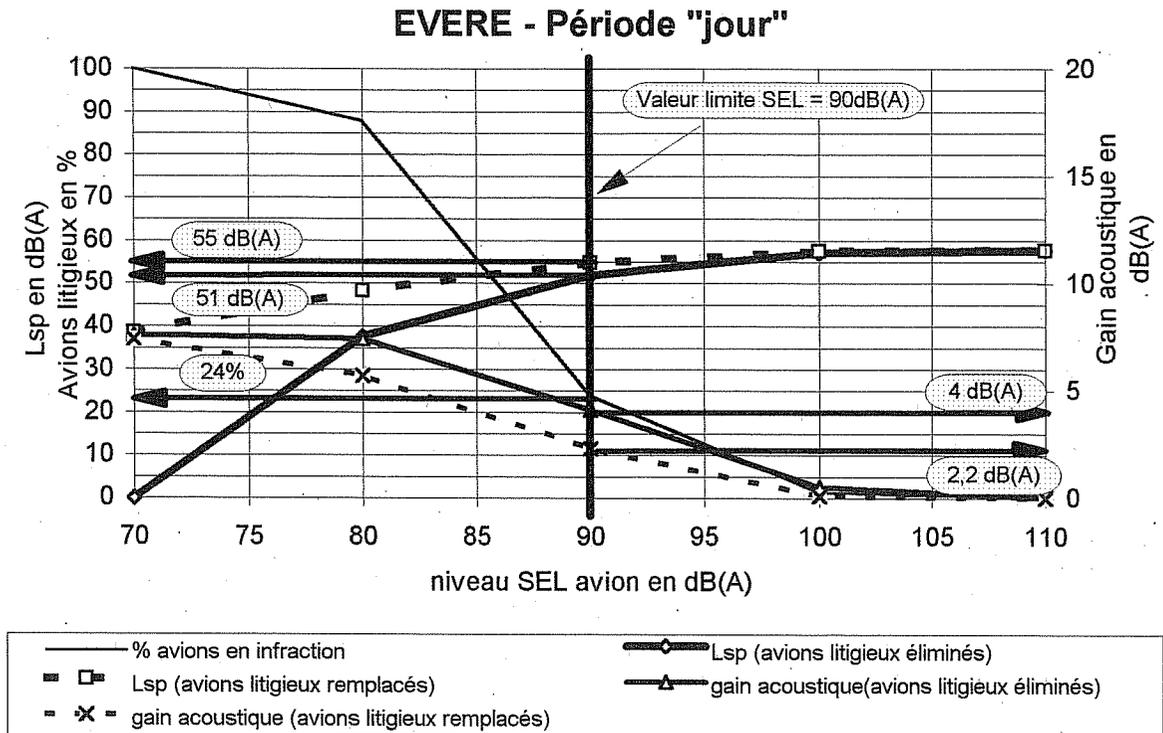
Les cas suivants ont ainsi été testés:

point de mesure	limite par passage isolé: SEL en dB(A)		limite par période: L _{sp avion} en dB(A)	
	jour	nuit	jour	nuit
Evere	90	80	60	50
Haren	100	90	65	55

La simple lecture des abaques a permis d'estimer pour:

- la valeur limite par passage isolé:
 - le pourcentage d'avions en infraction;
 - les impacts sur l'environnement sonore résultant de la suppression des avions en infraction (simulation B)
 - les impacts sur l'environnement sonore résultant du remplacement des avions en infraction par des avions conformes à la limite (simulation C)
- la valeur limite par période:
 - le gain acoustique
 - le trafic visé par la limitation défini ses caractéristiques acoustiques et le pourcentage du trafic à supprimer (simulation B) ou à remplacer (simulation C)

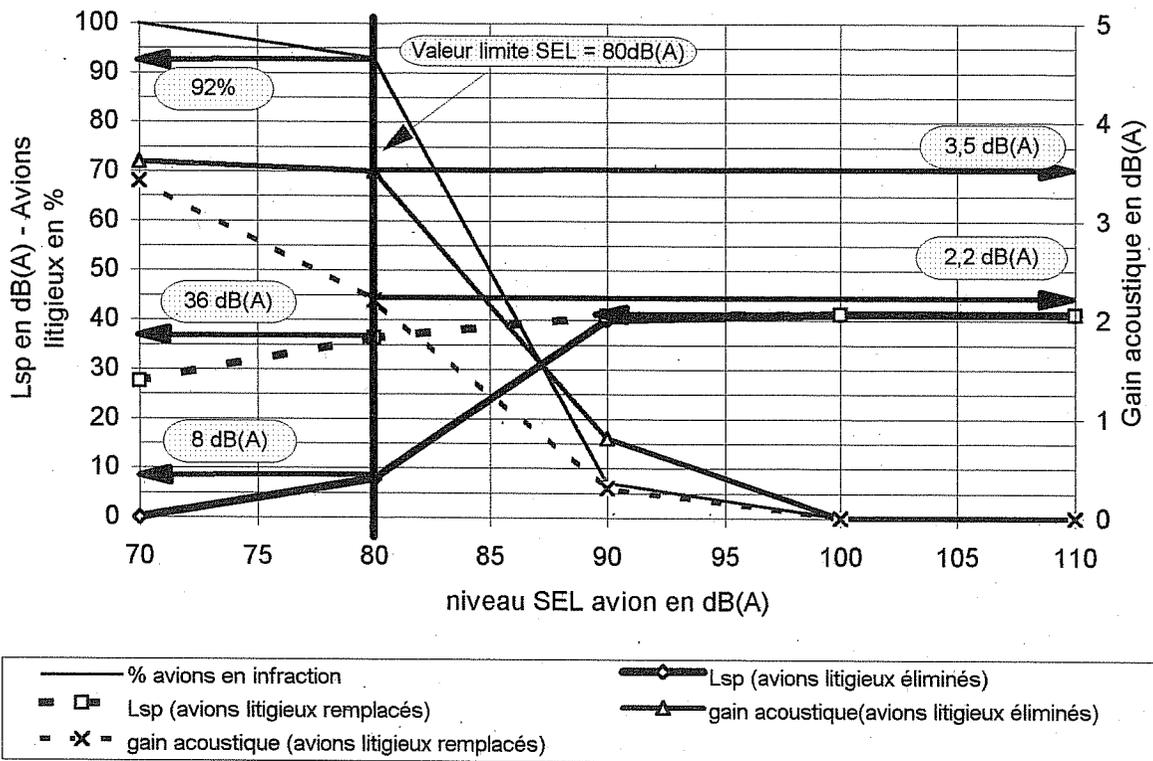
6.3.1. Limite par passage isolé



Pour SEL limite de jour de 90 dB(A) :

- il y a environ 24 % des avions en infractions
- si les avions en infractions sont supprimés du trafic:
 - le niveau de bruit spécifique des avions restant sera d'environ 51 dB(A)
 - le gain acoustique par rapport à la situation actuelle sera d'environ 4 dB(A)
- si les avions en infractions sont remplacés par des avions dont le SEL est de 90 dB(A):
 - le niveau de bruit spécifique des avions sera d'environ 55 dB(A)
 - le gain acoustique par rapport à la situation actuelle sera d'environ 2,2 dB(A)

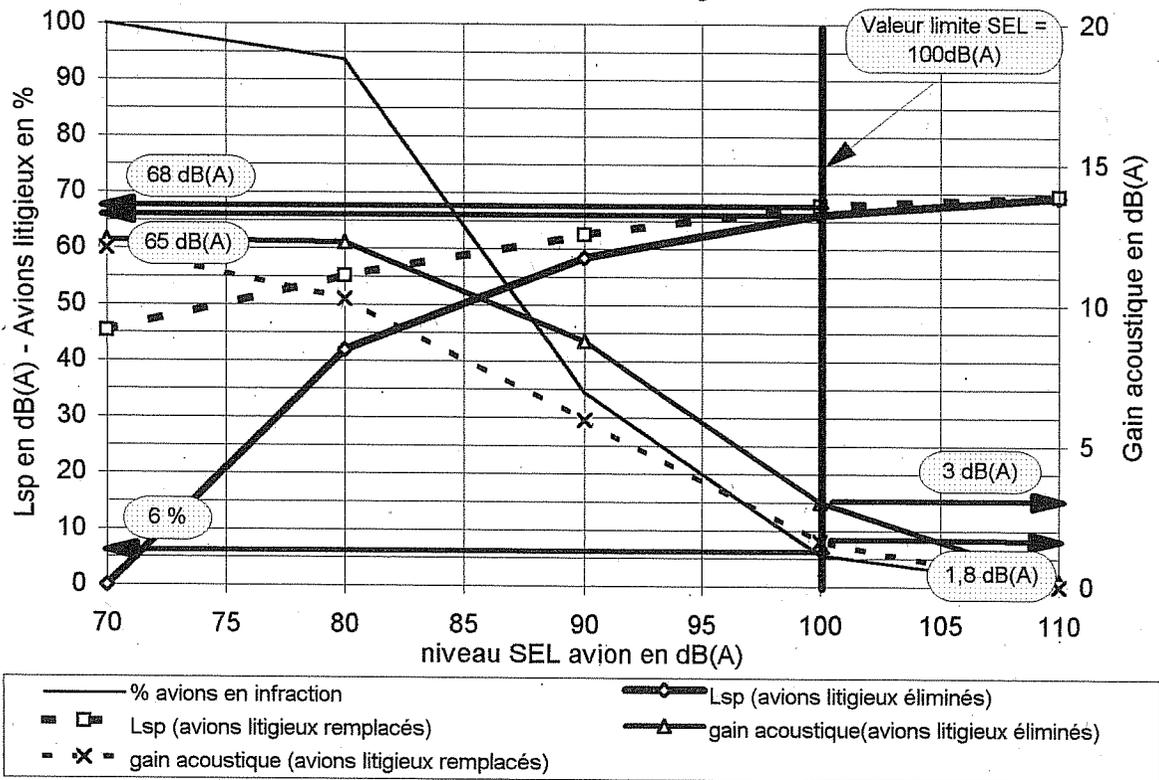
EVERE - Période "nuit"



Pour SEL limite de nuit de 80 dB(A) :

- il y a environ 92 % des avions en infractions
- si les avions en infractions sont supprimés du trafic:
 - le niveau de bruit spécifique des avions restant sera d'environ 8 dB(A)
 - le gain acoustique par rapport à la situation actuelle sera d'environ 3.5 dB(A)
- si les avions en infraction s sont remplacés par des avions dont le SEL est de 80 dB(A):
 - le niveau de bruit spécifique des avions sera d'environ 36 dB(A)
 - le gain acoustique par rapport à la situation actuelle sera d'environ 2.2 dB(A)

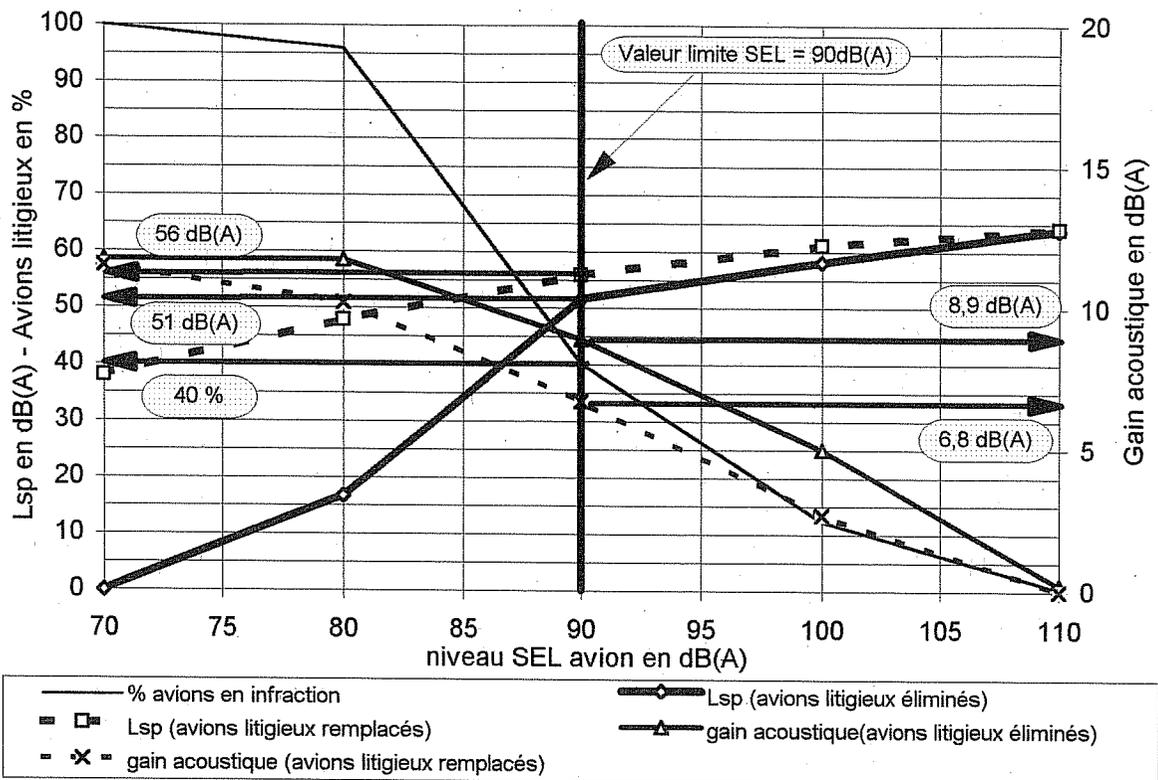
HAREN - Période "jour"



Pour SEL limite de jour de 100 dB(A) :

- il y a environ 6 % des avions en infractions
- si les avions en infractions sont supprimés du trafic:
 - le niveau de bruit spécifique des avions restant sera d'environ 68 dB(A)
 - le gain acoustique par rapport à la situation actuelle sera d'environ 3 dB(A)
- si les avions en infraction s sont remplacés par des avions dont le SEL est de 100 dB(A):
 - le niveau de bruit spécifique des avions sera d'environ 65 dB(A)
 - le gain acoustique par rapport à la situation actuelle sera d'environ 1,8 dB(A).

HAREN - Période "nuit"

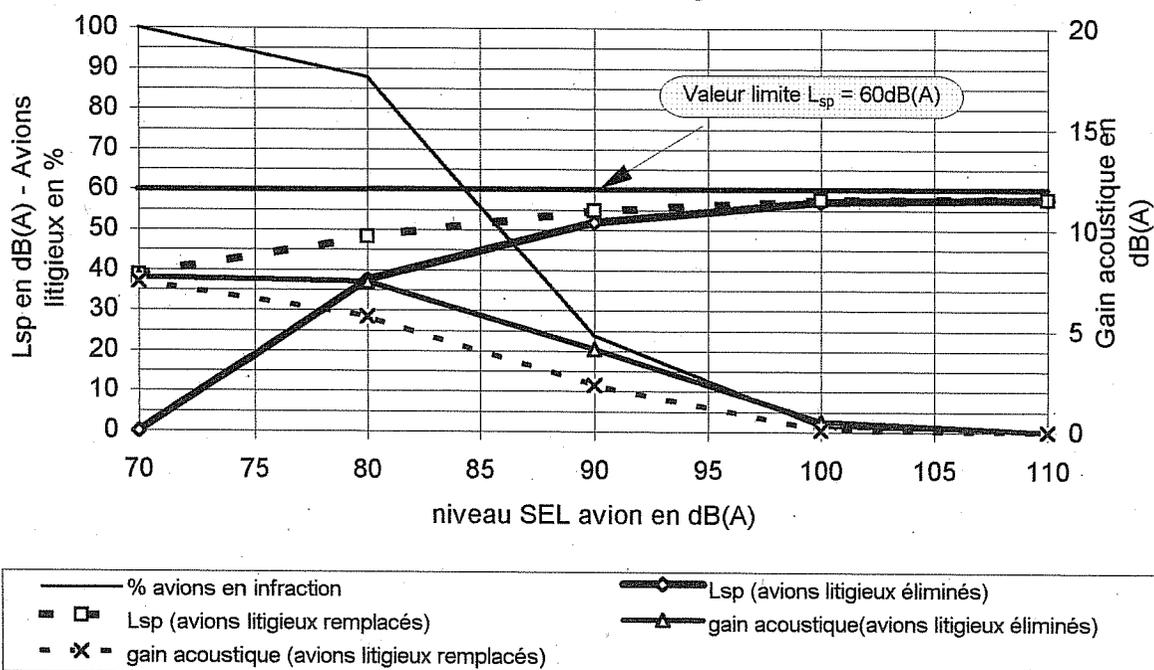


Pour SEL limite de nuit de 90 dB(A) :

- il y a environ 40 % des avions en infractions
- si les avions en infractions sont supprimés du trafic:
 - le niveau de bruit spécifique des avions restant sera d'environ 51 dB(A)
 - le gain acoustique par rapport à la situation actuelle sera d'environ 8,9 dB(A)
- si les avions en infraction s sont remplacés par des avions dont le SEL est de 90 dB(A):
 - le niveau de bruit spécifique des avions sera d'environ 56 dB(A)
 - le gain acoustique par rapport à la situation actuelle sera d'environ 6,8 dB(A).

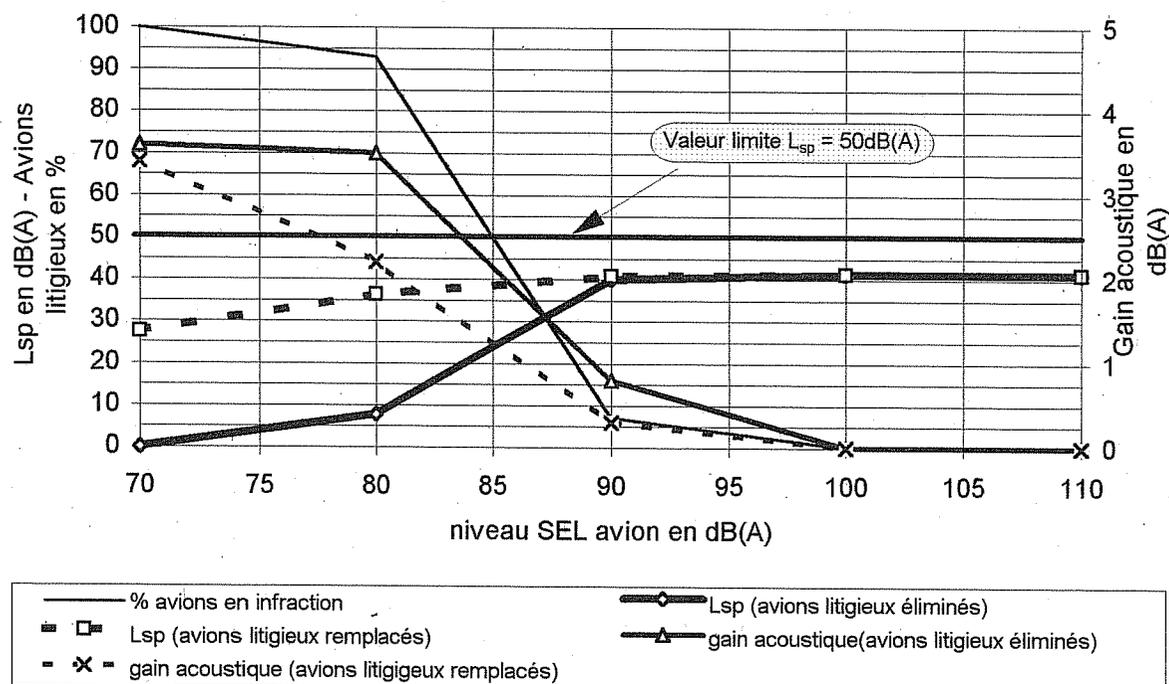
6.3.2. Limite par période

EVERE - Période "jour"



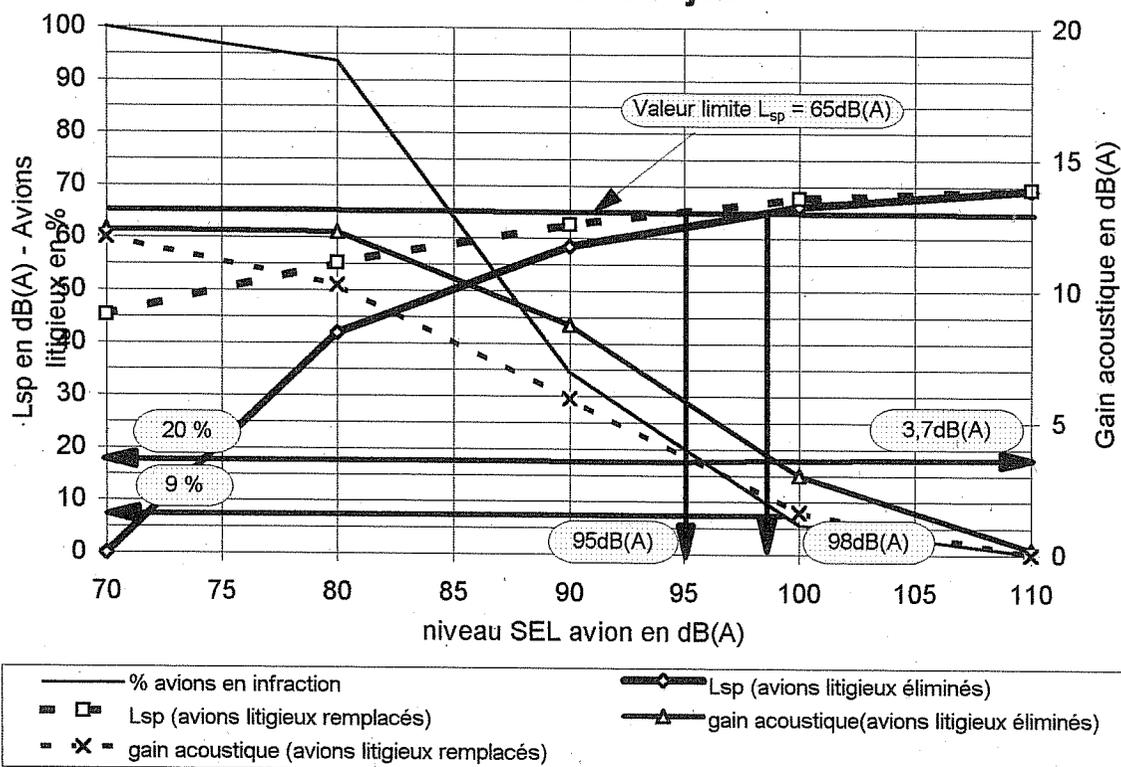
La valeur limite de 60 dB(A) de jour est respectée.

EVERE - Période "nuit"



La valeur limite de 50 dB(A) de nuit est respectée.

HAREN - Période "jour"



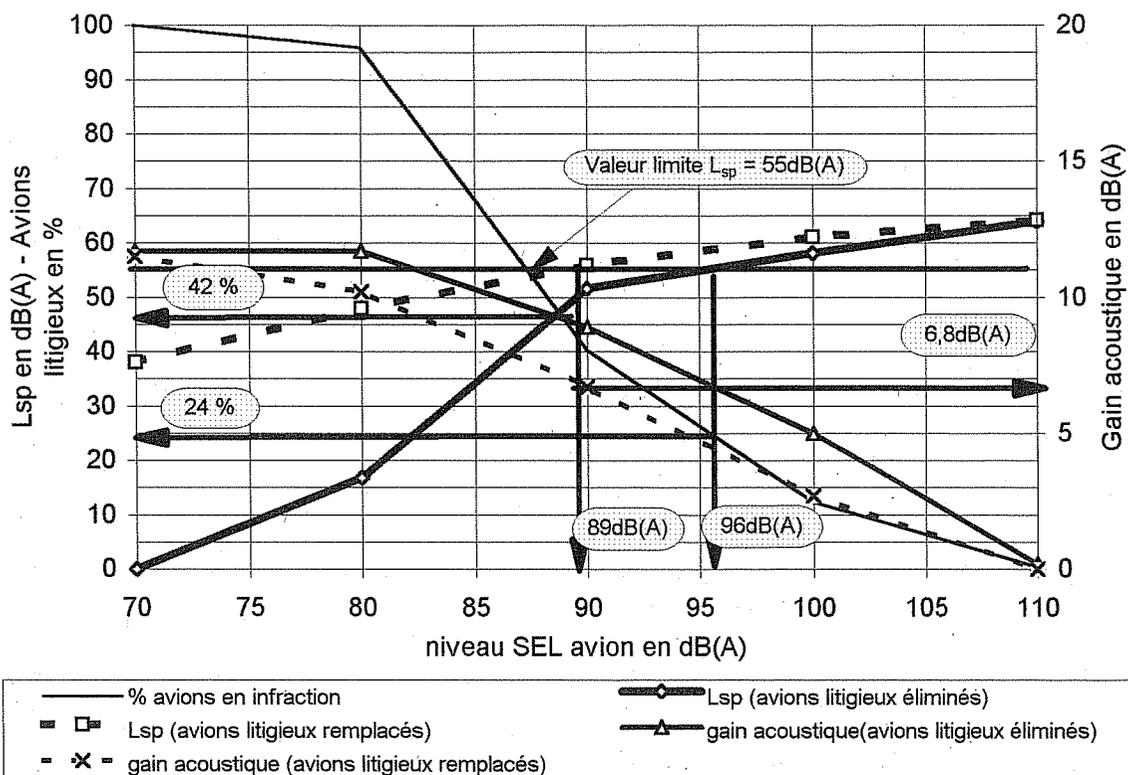
Le niveau de bruit spécifique des "avions repérés est d'environ 70 dB(A). La valeur limite de 65 dB(A) de jour n'est donc pas respectée.

Pour un niveau de bruit spécifique des avions ($L_{sp \text{ avion}}$) de 65 dB(A), le gain acoustique est d'environ 3.7 dB(A)

Pour que le niveau de bruit spécifique des avions ($L_{sp \text{ avion}}$) reste inférieur ou égal à 65 dB(A) tout en modifiant le moins possible le volume de trafic actuel (en se focalisant prioritairement sur les avions les plus bruyant et qui contribuent le plus à augmenter le niveau sonore), on peut à cet endroit :

- soit, supprimer les avions produisant un niveau SEL par passage supérieur ou égal à 98 dB(A) ce qui représente environ 9 % du trafic actuel;
- soit, remplacer les avions produisant un niveau SEL par passage supérieur ou égal à 95 dB(A) par des avions produisant un niveau SEL par passage inférieur ou égal à 95 dB(A) ce qui représente environ 20 % du trafic actuel;

HAREN - Période "nuit"



Le niveau de bruit spécifique des "avions repérés" est d'environ 65 dB(A). La valeur limite de 55 dB(A) de nuit n'est donc pas respectée.

Pour un niveau de bruit spécifique des avions ($L_{sp \text{ avion}}$) de 55 dB(A), le gain acoustique est d'environ 6.8 dB(A)

Pour que le niveau de bruit spécifique des avions ($L_{sp \text{ avion}}$) reste inférieur ou égal à 55 dB(A) tout en modifiant le moins possible le volume de trafic actuel (en se focalisant prioritairement sur les avions les plus bruyant et qui contribuent le plus à augmenter le niveau sonore), on peut à cet endroit :

- soit, supprimer les avions produisant un niveau SEL par passage supérieur ou égal à 96 dB(A) ce qui représente environ 24 % du trafic actuel;
- soit, remplacer les avions produisant un niveau SEL par passage supérieur ou égal à 89 dB(A) par des avions produisant un niveau SEL par passage inférieur ou égal à 89 dB(A) ce qui représente environ 42 % du trafic actuel;

6.3.3. Tableau de synthèse

Point de mesure	EVERE			HAREN		
	1			2		
Zone						
Période	jour			jour		
Situation actuelle	L _{sp} avion en dB(A)			L _{sp} avion en dB(A)		
	L _{Aeq,t-global} en dB(A)			L _{Aeq,t-global} en dB(A)		
	moyenne des passages repérés			moyenne des passages repérés		
	57.7			41.2		
	59.7			48.7		
	54.8			3.8		
	90			80		
	24			93		
	13.1			3.5		
	51			8		
	4			3.5		
	55			36		
	2.2			2.2		
Valeur limite SEL	en dB(A)			en dB(A)		
Avions litigieux						
	%			%		
	nombre moyen par période			nombre moyen par période		
Simulation B (avions litigieux éliminés)	L _{sp} avion en dB(A)			L _{sp} avion en dB(A)		
	gain acoustique en dB(A)			gain acoustique en dB(A)		
Simulation C (avions litigieux remplacés)	L _{sp} avion en dB(A)			L _{sp} avion en dB(A)		
	gain acoustique en dB(A)			gain acoustique en dB(A)		
	90			80		
	24			93		
	13.1			3.5		
	51			8		
	4			3.5		
	55			36		
	2.2			2.2		
	60			50		
	0			0		
Valeur limite L_{sp}	en dB(A)			en dB(A)		
gain acoustique	en dB(A)			en dB(A)		
Possibilités d'actions pour respecter les valeurs limites:						
Suppressions des avions (simulation B) produisant un SEL supérieur à:						
Ce qui représente par rapport au trafic actuel						
Remplacement des avions (simulation C) produisant un SEL supérieur à:						
Ce qui représente par rapport au trafic actuel						
	Valeur limite respectée			Valeur limite respectée		
	%			%		
	nbe			nbe		
	en dB(A)			en dB(A)		
	%			%		
	nbe			nbe		
	98			95		
	9			18		
	18.3			36.7		
	24			42		
	4.6			8.1		
	89			89		
	18			18		
	36.7			36.7		
	8.1			8.1		

7. Conclusions

Les impacts liés à la limitation des niveaux de bruit du trafic aérien ont été évalués sur base de relevés effectués en deux points pour une période de deux mois (juin et septembre 1997). Les valeurs acoustiques et les périodes définies dans le projet d'arrêté ont été utilisées lors du traitement des valeurs acoustiques relevées sur site. L'étude a consisté, dans un premier temps, à analyser le trafic de manière à en connaître la répartition en fonction de ses caractéristiques acoustiques.

Plusieurs simulations ont permis d'estimer, pour les deux points de mesures considérés, les impacts sur l'environnement sonore et/ou sur le trafic aérien, de la mise en application de valeurs limites. Les relations entre ceux-ci sont clairement perçues à la lecture des abaques.

Même si elles s'inspirent des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé et des valeurs guides issues de l'indice de gêne L_{dn} , les valeurs limites proposées sont relativement élevées et peuvent donc paraître insuffisantes. On constate ainsi notamment que pour la zone 2, ces valeurs correspondent à la limite supérieure en ce qui concerne l'indice de gêne et sont nettement supérieures aux valeurs recommandées par l'OMS.

Une telle situation peut paraître avantager des exploitants et utilisateurs des installations aéroportuaires de Zaventem au détriment des riverains qui ne pourraient toujours pas bénéficier d'une relative quiétude dont tout citoyen a droit.

Toutefois si on se réfère à la situation actuelle, les valeurs limites proposées tendent à améliorer sensiblement l'ambiance sonore des quartiers étudiés. La diminution des niveaux de bruit peut-être ainsi estimée en moyenne à environ minimum 2,2 dB(A) de jour comme de nuit à Evere et de 3,7 dB(A) de jour à Haren. Cette amélioration serait encore nettement plus sensible de nuit à Haren où le niveau de bruit ambiant serait réduit au minimum d'environ 7 dB(A).

En outre, le projet d'arrêté a l'avantage d'imposer le respect simultané de deux limites complémentaires: une limite par passage isolé et une limite par période (jour et nuit). De ce fait, les riverains seront assurés d'être protégés à la fois de niveaux de bruit excessivement élevés durant de courtes périodes et de niveaux de bruit ambiants moyens trop élevés.

Le volume du trafic aérien visé par la limitation des niveaux de bruit reste de plus relativement limité. En effet, même si la proportion du trafic concerné peut paraître importante, le nombre de vols concernés est en fait assez réduit. On observe ainsi par exemple que le trafic concerné la nuit à Evere est évalué à 93 % du trafic, ceci ne représente en fait qu'environ 4 passages d'avion par nuit. Le nombre maximum de passages concernés serait en moyenne d'environ 12 de jour à Haren soit 6 % du trafic observé en ce point. Il faut aussi rappeler que le trafic pris en compte et analysé ne concerne que les passages d'avions générant au sol un niveau de bruit au moins égal à 70 dB(A). Le trafic réel total est sensiblement supérieur et donc la proportion du trafic visé par la limitation est en réalité inférieure aux valeurs déterminées sur base du trafic étudié dans cette étude.

Par ailleurs, on peut supposer que la modification du trafic aérien (du point de vue du bruit perçu au sol) appliquée de manière à respecter les limites imposées en zone 2 aura une incidence favorable sur le bruit perçu en zone 1. Le respect des limites en zone 2 impliquera, dans la plupart des cas, le respect des niveaux limites en zone 1. Le même raisonnement peut aussi être tenu pour le respect des limites en zone 1 et des incidences pour la zone 0.

Le respect des valeurs limites peut engendrer certains effets pervers. Pour rester en dessous des limites, les exploitants de l'aéroport pourraient être amenés à prendre certaines mesures visant à répartir le plus possible les avions en leur faisant suivre des trajectoires assez différentes ou en leur faisant appliquer des procédures de décollage particulières. De telles mesures pourraient, dans certains cas, engendrer des effets assez négatifs pour l'environnement sonore de quartiers qui jusqu'ici sont relativement épargnés, chose à laquelle il faudra aussi rester particulièrement attentif...

D'autre part, la stratégie actuelle des exploitants de l'aéroport de Zaventem vise à doubler dans un proche avenir le nombre de mouvements. La définition de valeurs limites, même relativement élevées, pourra ainsi au moins enrayer l'augmentation des niveaux de bruit à laquelle on peut s'attendre.

Les valeurs limites actuellement proposées peuvent être aussi considérées comme un premier pas visant à parer au plus urgent et à stabiliser la situation. Dans le cadre d'une planification à moyen et à long termes, les valeurs pourraient être rendues plus contraignantes ou encore les rayons des arcs de cercle définissant les zones pourraient être réduits. Ces modifications ultérieures auraient pour objet de rapprocher progressivement les présentes valeurs limites réglementaires des valeurs limites recommandées par les instances internationales comme l'O.M.S., l'Union Européenne ou l'O.A.C.I..