

CAHIER DE  
L'ENVIRONNEMENT  
n° 296

**Bruit**

Valeurs limites  
d'exposition  
au bruit  
des aéroports  
nationaux



## **6<sup>ème</sup> rapport partiel**

de la Commission fédérale pour l'évaluation des valeurs  
limites d'immissions pour le bruit

Septembre 1997

**Publié par l'Office fédéral  
de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP)  
Berne, 1998**

**Version française :** La traduction a été aimablement offerte par l'Aéroport  
International de Genève

**Commande :** Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage  
Documentation  
3003 Berne  
Fax + 41 (0)31 324 02 16  
E-mail: docu@buwal.admin.ch  
Internet: <http://www.admin.ch/buwal/publikat/f/>

**Numéro de commande:** SRU-296-F  
© OFEFP 1998

# Table des matières

<b>RESUME .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Introduction .....</b>	<b>9</b>
1.1 Mandat de la Commission .....	9
1.2 Exécution du mandat .....	10
1.3 Composition de la Commission fédérale et du Groupe de travail .....	11
<b>2 Bruit de l'aviation et législation .....</b>	<b>13</b>
2.1 Dispositions de protection contre le bruit d'après la législation sur la protection de l'environnement	13
2.1.1 Valeurs limites d'exposition .....	13
2.1.2 Fixation des valeurs limites d'exposition .....	13
2.1.3 Limitation des émissions pour les aéroports .....	14
2.1.4 Mesures d'aménagement .....	16
2.2 Dispositions de protection contre le bruit dans la législation sur l'aviation .....	18
2.2.1 Limitations des émissions .....	18
2.2.2 Limitations des immissions .....	19
2.3 Harmonisation .....	21
2.3.1 Loi sur la protection de l'environnement et Loi sur l'aménagement du territoire .....	21
2.3.2 Loi sur la protection de l'environnement et Loi sur l'aviation .....	21
2.3.3 Conséquences .....	22
<b>3 Trafic aérien et bruit .....</b>	<b>23</b>
3.1 Evolution et prévisions du trafic aérien .....	23
3.2 Bruit du trafic aérien .....	25
3.2.1 Données acoustiques .....	25
3.2.2 Evaluation de l'exposition pour le bruit de l'aviation .....	27
3.3 Evolution et prévisions de l'exposition au bruit à proximité des aéroports nationaux .....	29
<b>4 Effets du bruit de l'aviation sur les êtres humains .....</b>	<b>33</b>
4.1 Effets généraux du bruit .....	33
4.2 Effets le jour .....	34
4.3 Effets pendant la nuit .....	37
4.4 Résumé .....	39
<b>5 Niveaux d'évaluation du bruit de l'aviation dans le voisinage des aéroports nationaux .....</b>	<b>41</b>
5.1 Le niveau d'évaluation $L_T$ de jour .....	42
5.2 Le niveau d'évaluation $L_T$ pour la nuit .....	42
<b>6 Valeurs limites d'exposition applicables au bruit des aéroports nationaux .....</b>	<b>45</b>
6.1 Proposition de valeur limite de la Commission .....	45
6.2 Valeurs limites d'exposition étrangères .....	47
<b>7 Etendue et conséquences financières de l'exposition au bruit de l'aviation .....</b>	<b>49</b>
7.1 Nombre de personnes exposées à des niveaux sonores supérieurs à la VLI .....	49
7.2 Etendue et coût des mesures d'isolation acoustique .....	50
7.3 Indemnité éventuelle en cas d'expropriation .....	51
7.3.1 Surfaces indemnisables .....	53
7.3.2 Revendications éventuelles .....	53

<b>Annexes</b> .....	<b>55</b>
<b>A1 Abréviations</b> .....	<b>57</b>
<b>A2 Bases</b> .....	<b>59</b>
A2.1 Mesures et équivalences .....	59
A2.2 Comparaison des différentes réglementations nationales relatives au bruit de l'aviation .....	61
A2.3 Extrait du rapport Wüest & Partner .....	65
<b>A3 Proposition de valeur limite du Groupe de travail</b> .....	<b>79</b>
A3.1 Variantes évaluées par le Groupe de travail.....	79
A3.2 Evaluation des variantes A à D .....	80
A3.3 Proposition du Groupe de travail .....	83
<b>A4 Conséquences des variantes A à D</b> .....	<b>87</b>
A4.1 Nombre de personnes exposées à des niveaux sonores supérieurs à la VLI .....	87
A4.1.1 <i>Environs de l'aéroport de Genève-Cointrin</i> .....	87
A4.1.2 <i>Environs de l'aéroport de Zurich-Kloten</i> .....	88
A4.2 Etendue et coût des mesures d'isolation acoustique.....	88
A4.2.1 <i>Installations existantes</i> .....	88
A4.2.2 <i>Nouvelles installations ou installations notablement modifiées</i> .....	89
A4.3 Indemnités éventuelles en cas d'expropriation .....	90
A4.3.1 <i>Surfaces indemnisables</i> .....	90
A4.3.2 <i>Revendications éventuelles</i> .....	90
<b>A5 Cartes et tableaux relatifs à l'exposition au bruit de l'aviation</b> .....	<b>91</b>
A5.1 Exposition au bruit de la population résidant à proximité de Genève-Cointrin .....	91
A5.2 Courbes isophones du niveau moyen $L_{eq}$ autour de Genève-Cointrin le jour* .....	93
A5.3 Courbes isophones du niveau moyen $L_{eq}$ autour de Genève-Cointrin la nuit* .....	93
A5.3.1 <i>Première heure nocturne 22 - 23 h*</i> .....	93
A5.3.2 <i>Deuxième heure nocturne 23 - 24 h*</i> .....	93
A5.3.3 <i>Dernière heure nocturne 05 - 06 h*</i> .....	93
A5.4 Exposition au bruit de la population résidant à proximité de Zurich-Kloten .....	101
A5.5 Courbes isophones du niveau moyen $L_{eq}$ autour de Zurich-Kloten le jour* .....	103
A5.6 Courbes isophones du niveau moyen $L_{eq}$ autour de Zurich-Kloten la nuit* .....	105
A5.6.1 <i>Première heure nocturne 22 - 23 h*</i> .....	105
A5.6.2 <i>Deuxième heure nocturne 23 - 24 h*</i> .....	105
A5.6.3 <i>Dernière heure nocturne 05 - 06 h*</i> .....	105
A5.7 Exposition au bruit de la population résidant à proximité de Bâle-Mulhouse.....	111
A5.8 Courbes isophones du niveau moyen $L_{eq}$ autour de Bâle-Mulhouse le jour* .....	113
A5.9 Plans des zones de bruit* .....	113
A5.9.1 <i>Zurich-Kloten*</i> .....	113
A5.9.2 <i>Genève-Cointrin*</i> .....	113

---

\* Les cartes ne sont pas disponibles en version électronique

# RESUME

## Aperçu général

La "Commission fédérale pour l'évaluation des valeurs limites d'immissions pour le bruit" recommande dans le présent 6<sup>ème</sup> rapport partiel des valeurs limites d'exposition permettant d'évaluer le bruit à proximité des aéroports nationaux <sup>1</sup>. Le Conseil fédéral dispose ainsi de bases pour combler une lacune de la législation suisse en matière de protection contre le bruit.

La Commission a bénéficié du soutien d'un Groupe de travail. Pour élaborer les propositions de valeurs limites, le Groupe de travail devait notamment :

- .. tenir compte des développements scientifiques les plus récents tirés des recherches en matière de bruit réalisées récemment dans le pays et à l'étranger;
- .. mettre au point une base d'évaluation adaptée tout particulièrement à la situation du bruit du trafic aérien nocturne;
- .. déterminer les effets éventuels du point de vue financier et de l'aménagement du territoire d'une réglementation future et
- .. trouver une solution aussi compatible que possible par rapport aux dispositions de protection contre le bruit en vigueur dans le domaine du trafic aérien, qui soit également une solution juste en matière de protection de l'environnement.

La Commission tient compte, dans ses propositions de valeurs limites, des critères de santé et de protection de l'environnement de l'article 15 de la LPE.

Le niveau critique de l'effet gênant considéré comme acceptable a été fixé au même niveau pour le bruit du trafic aérien de jour que pour les autres valeurs limites d'exposition déjà fixées dans l'Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB). Les valeurs limites de nuit ont été fixées en se fondant sur le règlement des vols de nuit en vigueur (pas de mouvement d'avions entre 00.30 et 5.00 h). Les valeurs limites pour les heures nocturnes tiennent surtout compte des découvertes scientifiques relatives aux conséquences sur la santé des réactions de réveil dues au bruit.

## Valeurs limites d'exposition au bruit des aéroports nationaux

Pour juger des immissions de bruit des aéroports nationaux, la Commission recommande la constitution d'un niveau d'évaluation ( $L_r$ ) sur la base du niveau moyen  $L_{eq}$ . Ce faisant, on passe du NNI, comme mesure d'exposition, au  $L_r$ .

L'étude sur le bruit '90, réalisée dans le cadre du programme national de recherche PNR 26, est arrivée à la conclusion que l'effet gênant du bruit de l'aviation et du bruit de la circulation routière est à peu près le même la journée pour les mêmes niveaux moyens  $L_{eq}$ . C'est pourquoi on a choisi le  $L_{eq}$  comme mesure de bruit acoustique et renoncé à une correction de niveau ( $K$ )<sup>2</sup>. Le niveau moyen  $L_{eq}$  est donc en même temps le niveau d'évaluation <sup>3</sup>.

En considération du règlement sur les vols de nuit en vigueur, l'évaluation de la nuit se limite aux trois heures nocturnes de 22 à 23 h, 23 à 24 h et 5 à 6 h. Les valeurs limites de nuit se fondent sur des recherches scientifiques qui ont constaté que le niveau critique de réveil à

<sup>1</sup> Il s'agit actuellement des aéroports de Zurich-Kloten, Genève-Cointrin et Bâle-Mulhouse.

<sup>2</sup> Les corrections de niveau permettent de prendre en compte l'effet gênant spécifique des différents types de bruit. Le bruit de la circulation sert de bruit de référence ( $K=0$ ).

<sup>3</sup>  $L_r = L_{eq} + K$

l'oreille d'une personne qui dort est de 60 dB(A). Plus le niveau et la fréquence de dépassement de ce niveau augmente, plus le nombre de personnes qui sont réveillées par de tels événements augmente lui aussi. Comme la limite du niveau de pointe maximum n'est guère contrôlable en pratique, on propose d'introduire un " $L_{eq}$  d'une heure". En réduisant le temps de référence à une heure, il est possible de tenir suffisamment compte des niveaux de pointe tout en limitant également la dose de bruit par heure.

**La Commission recommande l'introduction des valeurs limites d'exposition suivantes :**

Le niveau d'évaluation  $L_r$  est calculé pour la journée (16 heures) avec le niveau moyen  $L_{eq}$ . Pour la nuit,  $L_r$  est calculé et évalué séparément avec le  $L_{eq}$  d'une heure pour limiter les niveaux de pointe pour chacune des périodes de 22 à 23 h, 23 à 24 h\*\* et 5 à 6 h. La valeur moyenne est à chaque fois d'une heure.

<b>Valeurs limites d'exposition au bruit des aéroports nationaux</b>						
Degré de sensibilité (Art. 43 OPB)	Valeur de planification		Valeur limite d'immission		Valeur d'alarme	
	$L_r$ en dB(A)		$L_r$ en dB(A)		$L_r$ en dB(A)	
	Jour	Nuit *	Jour	Nuit *	Jour	Nuit *
I . . . . .	50	40	55	45	60	55
II . . . . .	55	50/45***	60	55/50***	65	65/60***
III . . . . .	60	50	65	55	70	65
IV . . . . .	65	55	70	60	75	70

\* la nuit est divisée en trois heures : 22-23, 23-24\*\* et 5-6 h

\*\* les vols retardés peuvent atterrir et décoller jusqu'à 00.30 h; mais ils sont attribués à la deuxième heure de la nuit

\*\*\* la valeur supérieure vaut pour la première heure nocturne de 22-23 h

Les valeurs limites recommandées correspondent largement à la variante A recommandée par la majorité du Groupe de travail. Cependant, la Commission a relevé la valeur limite pour le degré de sensibilité II de 5 dB(A) pour la première heure nocturne. Cela permet d'éviter que la première heure ne domine pour ce qui est des limites d'utilisation de l'espace dans les régions touchées par le bruit. Pour protéger un repos nocturne suffisamment long et ininterrompu (entre 23 et 6 h), la valeur limite d'immission des autres heures a été fixée à 50 dB(A).

La Commission rejette aussi toutes les autres variantes de valeurs limites évaluées par le Groupe de travail car elle estime qu'elles ne tiennent pas suffisamment compte des critères d'environnement et de santé précités. D'après l'article 15 de la LPE, les valeurs limites doivent surtout correspondre aux critères de protection. Pour éviter des coûts insupportables, la législation de protection de l'environnement offre suffisamment de souplesse en octroyant des allègements dans certains cas (cf. art. 17 LPE). Il convient également de rejeter le  $L_{eq}$  de huit heures suggéré par une minorité du Groupe de travail en lieu et place du  $L_{eq}$  d'une heure pour évaluer le bruit nocturne. La Commission considère que les arguments présentés dans l'annexe A3.3 en faveur d'un  $L_{eq}$  de huit heures ne sont pas convaincants.

## **Portée et conséquences financières de l'exposition au bruit du trafic aérien**

Le nombre des personnes excessivement gênées par le bruit, de même que les conséquences d'aménagement et financières, ont été évaluées pour les diverses variantes de valeurs limites. Les effets sont très différents selon les variantes (cf. chapitre 7 et annexe A3). Il est très important de les connaître lorsque des décisions politiques sont à prendre. Les conséquences des valeurs limites d'exposition recommandées pour les zones des aéroports de Zurich et Genève peuvent être résumées de la façon suivante :

Quelque 67'000 personnes sont directement touchées par un bruit du trafic aérien dépassant la valeur limite d'immission (Zurich : 49'000 personnes; Genève : 18'000 personnes). 635 hectares de terrain donnent droit à des indemnités car elles se situent dans la zone dépassant la valeur limite d'immission (Zurich : 430 hectares; Genève : 205 hectares). Il en résulte des frais estimés à 2'352 mio de francs (Zurich : 1'736 mio de francs; Genève : 616 mio de francs), dont 87 % pour des indemnités d'expropriation et 13 % pour la mise en place de fenêtres antibruit.

Les indemnités sont dues même sans valeurs limites d'exposition formelles. Aux termes de la pratique actuelle du Tribunal fédéral, il est possible d'obtenir une indemnité à partir d'une exposition au bruit la journée de  $L_{eq} = 60$  dB(A). Cette valeur correspond à la valeur limite d'immission de jour du degré de sensibilité II. Les frais potentiels des indemnités devraient donc se situer dans le même ordre de grandeur après l'entrée en vigueur des valeurs limites d'exposition<sup>4</sup>.

## **Harmonisation de la législation sur la protection de l'environnement et de la navigation aérienne**

La promulgation de valeurs limites d'exposition relatives au bruit des aéroports nationaux exige des adaptations juridiques. Il convient donc d'harmoniser les dispositions fédérales de protection contre le bruit contenues dans la législation sur l'aviation et celles de la législation sur la protection de l'environnement. Aux termes de l'article 4 de la LPE, les dispositions d'autres lois fédérales sur les effets du bruit doivent être adaptées aux principes de la Loi sur la protection de l'environnement.

Les prescriptions relatives à la limitation d'émissions techniques et d'exploitation des aéronefs sont réglées dans la LA. Ces dispositions correspondent aux principes de l'article 11 LPE.

Par contre, les réglementations concernant l'isolation acoustique dans les bâtiments et les restrictions à la construction et à la planification à proximité des aéroports sont différentes dans la LA et dans la LPE. Il faut relever tout particulièrement que les dispositions sur les zones de bruit des aéroports nationaux qui se fondent sur l'article 42 de la LA ne sont pas compatibles avec les dispositions de la LPE. La Commission considère qu'il est temps d'uniformiser ces dispositions pour éviter un double règlement qui irait à l'encontre de la sécurité juridique. L'harmonisation des dispositions peut être réalisée en principe soit dans la LA, soit dans la LPE. La Commission préfère une harmonisation dans le cadre de la LPE. Elle permet de mieux garantir une réglementation de toutes les formes de bruit conforme à la LPE et uniforme dans ses principes.

---

<sup>4</sup> Des coûts supplémentaires d'indemnités ne sont envisageables que dans des zones dans lesquelles les valeurs limites de nuit sont dépassées, mais pas celles de jour.





# 1 Introduction

## 1.1 Mandat de la Commission

La Loi sur la protection de l'environnement <sup>5</sup> (LPE) et l'Ordonnance sur la protection contre le bruit <sup>6</sup> (OPB) en vigueur depuis le 1er avril 1987 s'appliquent en principe à toute installation produisant du bruit. Cependant, l'OPB ne comprend pas encore des valeurs limites d'exposition pour tous les types de bruit. C'est ainsi qu'il manque encore des valeurs limites pour l'évaluation du bruit des aéroports nationaux, à savoir : Zurich-Kloten, Genève-Cointrin et Bâle-Mulhouse <sup>7</sup>.

L'élaboration de propositions de valeurs limites d'exposition fait partie des tâches de la "Commission fédérale pour l'évaluation des valeurs limites d'immissions pour le bruit". La Commission considère de son devoir de proposer au Conseil fédéral des valeurs limites qui correspondent aux critères de l'article 15 LPE qui suit – en tenant compte des dernières découvertes scientifiques sur les conséquences des perturbations dues au bruit.

**Article 15 Valeurs limites d'immissions relatives au bruit et aux vibrations**

*"Les valeurs limites d'immissions s'appliquant au bruit et aux vibrations sont fixées de manière que, selon l'état de la science et l'expérience, les immissions inférieures à ces valeurs ne gênent pas de manière sensible la population dans son bien-être".*

Pour donner au Conseil fédéral d'autres bases de décision, la Commission a préparé en outre des bases sur l'étendue réelle de l'exposition au bruit actuelle et sur les conséquences de ces valeurs limites du point de vue de l'aménagement du territoire et financier (voir chapitre 7). La Commission a inclus ces résultats supplémentaires dans la préparation de ses propositions de valeurs limites dans la mesure où elle considère qu'il se justifie de le faire dans l'intérêt de la protection de la santé.

La Commission n'était pas chargée d'examiner toutes les questions relatives à l'application future de valeurs limites d'exposition contraignantes. Dans le cadre d'une application juridique des valeurs limites d'exposition, il conviendrait encore de vérifier de plus près les questions suivantes :

- remplacement des zones de bruit de la législation sur l'aviation par un cadastre du bruit d'après l'OPB
- les aéroports régionaux ayant un fort trafic de ligne et de charters doivent-ils continuer à être évalués d'après les valeurs limites d'exposition de l'annexe 5 de l'OPB ?

---

<sup>5</sup> Loi fédérale sur la protection de l'environnement du 7 octobre 1983, (RS 814.01).

<sup>6</sup> Ordonnance sur la protection contre le bruit du 15 décembre 1986 (RS 814.41).

<sup>7</sup> L'aéroport de Bâle constitue un cas particulier. Cet aéroport, propriété de „l'Etablissement public franco-suisse de l'aéroport de Bâle-Mulhouse“, est une installation commune à la France et à la Suisse. L'aéroport est situé entre St-Louis et Blotzheim; il est totalement entouré par le territoire français. Le bruit des avions se ressent surtout en territoire français et dans la commune suisse d'Allschwil. En ce qui concerne les effets résultant de l'application des valeurs limites, ce rapport se limite donc aux aéroports de Zurich-Kloten et Genève-Cointrin. De même, pour l'aéroport de Genève, seuls les effets sur le territoire suisse sont pris en compte.

La Commission a déjà publié 5 rapports partiels <sup>8</sup> contenant des propositions de valeurs limites pour différentes formes de bruit. Les valeurs limites proposées dans ces publications ont servi de base pour les valeurs limites d'exposition fixées dans l' OPB.

## 1.2 Exécution du mandat

En 1987, un Groupe de travail spécial "Valeurs limites d'exposition au bruit des aéroports nationaux" a été chargé de préparer les bases. Ce groupe de travail a étudié les problèmes du bruit dans le voisinage des aéroports nationaux en tenant compte des dernières découvertes scientifiques. Une base particulièrement importante est l'étude réalisée dans le cadre du programme national de recherche "Homme, santé, environnement" (PNR 26) et publiée en 1995 sur la gêne liée au bruit de l'aviation et du trafic routier ressentie par la population habitant à proximité des aéroports de Genève et Zurich (voir chapitre 4.2). Le Groupe de travail a également vérifié plusieurs propositions de valeurs limites et a analysé les conséquences des diverses valeurs limites évaluées du point de vue de l'aménagement du territoire et financier.

En raison de l'étendue des surfaces concernées, l'exposition au bruit du trafic aérien ne peut être mesuré que par échantillonnage. Les mesures sur une longue période qui conduisent à une valeur moyenne sont complexes, coûteuses, et ne donnent aucune information sur les expositions futures. C'est la raison pour laquelle des cartes d'exposition au bruit doivent être calculées. Elles représentent la base nécessaire sur laquelle sont fondées les décisions officielles. L'effet de diverses mesures au stade de la planification ne peut être constaté que sur la base de niveaux d'évaluation calculés. En 1983 déjà, l'EMPA/LFEM a entrepris ses travaux pour mettre au point une procédure de calcul appropriée pour le bruit des aéroports militaires. La méthode de calcul mise au point pour mesurer le bruit du trafic aérien des aéroports nationaux se fonde sur celle-ci. Une fois le programme informatique prêt, les conditions nécessaires pour représenter les effets et les conséquences liées aux valeurs limites d'exposition étaient réunies.

Le Groupe de travail a présenté ses résultats et recommandations dans un rapport à l'intention de la Commission. La Commission recommande l'introduction et l'application des procédures d'évaluation et les valeurs limites d'exposition qui se trouvent aux chapitres 5 & 6 en reconnaissant les travaux préparatoires du Groupe de travail.

---

<sup>8</sup> Rapport partiel 1 (1979): Valeurs limites d'exposition au bruit du trafic routier;  
Rapport partiel 2 (1980): Valeurs limites d'exposition au bruit des installations civiles de tir;  
Rapport partiel 3 (1981): Valeurs limites d'exposition au bruit de l'aviation légère;  
Rapport partiel 4 (1982): Valeurs limites d'exposition au bruit du trafic ferroviaire;  
Rapport partiel 5 (1989): Valeurs limites d'exposition au bruit des aérodromes militaires.

### 1.3 Composition de la Commission fédérale et du Groupe de travail

La "Commission d'experts pour l'évaluation des valeurs limites d'immissions pour le bruit" est composée des personnes suivantes :

Gilbert Verdan, physicien, vice-directeur, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne (**présidence**)

Prof. Marcel-André Boillat, médecin, Institut universitaire romand de Santé au travail (IST), Lausanne

Robert Hofmann, physicien, chef de la division Acoustique et Lutte contre le bruit, Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (EMPA/LFEM), Dübendorf

Georg Iselin, avocat, chef du Service de coordination de la protection de l'environnement du Canton de Berne, Berne

Andreas Meyer, sociologue, Flarz, Gibswil

Rudolf Muggli, avocat, directeur de l'Association suisse pour l'aménagement national, Berne

Prof. Eric J. Rathe, ingénieur-conseil, Wettsteinstr. 71, 8332 Russikon

Annemarie Seiler, physicienne, architecte, cheffe de section, division Lutte contre le bruit, OFEFP, Berne

Ursula Vettori, avocate, membre du comité directeur de la Société suisse pour la protection de l'environnement (SPE), département de la santé publique et de l'environnement de la ville de Zurich

Prof. Hans Urs Wanner, Institut d'hygiène et de physiologie du travail, EPF Zurich

Christoph Zäch, avocat, chef de la division Droit, OFEFP, Berne

Armin Zurkinden, division Lutte contre le bruit, OFEFP, Berne (**Secrétariat**)

Le Groupe de travail "valeurs limites d'exposition au bruit des aéroports nationaux" est composé de personnes suivantes :

Urs Jörg, physicien, chef de la division Lutte contre le bruit, OFEFP, Berne (**Présidence**)

Urs Adam, juriste, directeur suppléant de l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC), Berne

Robert Hofmann, physicien, chef de la division Acoustique et Lutte contre le bruit, Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (EMPA/LFEM), Dübendorf

Tommaso Meloni, physicien, Institut d'hygiène et de physiologie du travail, EPF Zurich

Umberto Pocecco, chef du service Bruit et obstacle à la navigation aérienne, direction de l'Aéroport International de Genève

José Roulin, ingénieur, division Lutte contre le bruit, OFEFP, Berne (**Secrétariat jusqu'à octobre 96**)

Annemarie Seiler, physicienne, architecte, cheffe de section, division Lutte contre le bruit, OFEFP, Berne

Damien Scherrer, physicien, division Lutte contre le bruit, OFEFP, Berne **(Secrétariat dès novembre 96)**

Caspar Vassalli, division Lutte contre le bruit, direction de l'aéroport de Zurich

Prof. Hans Urs Wanner, Institut d'hygiène et de physiologie du travail, EPF Zurich

Friedrich Weber, ingénieur en aménagement du territoire NDS/ETS, division Aménagement du territoire, Office fédéral de l'aménagement du territoire, Berne

Samuel Wenger, chef de la section Environnement, OFAC, Berne

Christoph Zäch, avocat, chef de la division Droit, OFEFP, Berne

## 2 Bruit de l'aviation et législation

### 2.1 Dispositions de protection contre le bruit d'après la législation sur la protection de l'environnement

Depuis l'entrée en vigueur de la Loi sur la protection de l'environnement (LPE) et de l'Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB), une réglementation fédérale visant à limiter le bruit s'applique à tous les types de bruit qui sont provoqués par la construction et l'exploitation d'installations.

L'objectif de cette réglementation est de protéger la population des bruits nuisibles ou incommodants. Pour y parvenir, la LPE prévoit la limitation des émissions sonores à la source (art. 11, 1<sup>er</sup> al. LPE) en deux étapes. Dans une première étape, les émissions doivent être limitées, à titre préventif, dans la mesure que permettent l'état de la technique et les conditions d'exploitation et pour autant que cela soit économiquement supportable (art. 11, 2<sup>e</sup> al. LPE). Les limitations d'émissions sont renforcées dans la deuxième étape si l'on constate ou si l'on s'attend à ce que les atteintes soient nuisibles ou incommodantes (art. 11, 3<sup>e</sup> al. LPE). Le Conseil fédéral a fixé de façon concrète les limites de bruit considérées comme nuisibles ou incommodantes en inscrivant les valeurs limites d'immissions dans l'OPB pour les types de bruit les plus importants. Aux termes de l'article 15 de la LPE, ces valeurs doivent être fixées de telle sorte que selon l'état de la science et l'expérience les immissions inférieures à ces valeurs ne gênent pas de manière sensible la population dans son bien-être. Si les valeurs limites d'immissions manquent, les immissions doivent être évaluées en se fondant directement sur la LPE.

S'il n'est pas possible de réduire les immissions en dessous des valeurs limites d'immissions pour les installations existantes, ou en dessous des valeurs de planification pour les nouvelles installations, en prenant des mesures appropriées à la source, l'autorité d'exécution prévoit des allègements dans des cas particuliers (art. 17, 1<sup>er</sup> al. LPE). Si à cause des allègements accordés, il n'est pas possible de respecter les valeurs d'alarme pour les installations existantes ou les valeurs limites d'immissions pour les installations nouvelles ou notablement modifiées, des mesures de remplacement doivent être prises pour les locaux à usage sensible au bruit concernés, en règle générale sous la forme de fenêtres antibruit (art. 20, 1<sup>er</sup> al., et art. 25, 3<sup>e</sup> al. LPE).

#### 2.1.1 Valeurs limites d'exposition

La LPE, et par conséquent l'OPB, distinguent trois types de valeurs limites d'exposition au bruit (VLE):

- les valeurs limites d'immissions (VLI), qui déterminent la limite générale nuisible ou incommodante (art. 13 LPE à comparer à l'art. 15 LPE);
- les valeurs de planification (VP), qui sont en dessous des valeurs limites d'immissions (art. 23 LPE);
- les valeurs d'alarme (VA), qui sont au-dessus des valeurs limites d'immissions (art. 19 LPE).

#### 2.1.2 Fixation des valeurs limites d'exposition

Des immissions sonores de même niveau sont ressenties par l'homme comme plus ou moins gênantes en fonction des activités exercées. La législation de protection contre le bruit

en tient compte dans la mesure où les valeurs limites d'exposition sont fixées d'une part en fonction de la sensibilité des zones concernées, et d'autre part en fonction de la période journalière diurne et nocturne :

- Pour tenir compte des besoins de calme variable dans les diverses zones, l'OPB différencie quatre degrés de sensibilité (DS). Les valeurs limites d'exposition sont plus basses pour les zones d'habitation que pour les zones industrielles. L'OPB fixe les critères de classements des degrés de sensibilité par rapport aux zones (art. 43 OPB, voir tableau 2.1). Le classement concret dépend des cantons (art. 44, 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> al. OPB).
- Pour garantir un plus grand calme la nuit, les valeurs limites d'exposition sont plus sévères la nuit que le jour.

**Tableau 2.1** Critères d'attribution des degrés de sensibilité (DS) aux zones d'affectation.

<b>DS</b>	<b>Utilisation des zones</b>
<b>I</b>	Zones qui requièrent une protection accrue contre le bruit
<b>II</b>	Zones où aucune entreprise gênante n'est autorisée (notamment dans les zones d'habitation ainsi que dans celles réservées à des constructions et des installations publiques)
<b>III</b>	Zones où sont admises des entreprises moyennement gênantes (notamment dans les zones d'habitation et artisanales (zones mixtes) ainsi que dans les zones agricoles)
<b>IV</b>	Zones où sont admises des entreprises fortement gênantes (notamment dans les zones industrielles)

### 2.1.3 Limitation des émissions pour les aérodromes

La législation sur l'aviation civile s'applique à la limitation des émissions des avions (art. 3, 2<sup>e</sup> al. OPB). Les limitations d'émissions concernent également les aérodromes aux termes de la LPE et de l'OPB, de la Loi sur l'aviation (LA) et de l'Ordonnance sur l'infrastructure aéronautique (OSIA), par exemple sous la forme de prescriptions d'exploitation (atterrissages et décollages, heures d'exploitation, choix des pistes) ou en matière de construction. Le choix parmi les mesures de réduction des émissions est déjà limité pour les aéroports nationaux en raison de l'obligation d'autoriser le trafic aérien public et du fait que la priorité absolue doit être accordée à la sécurité du trafic pour les procédures d'atterrissage et de décollage.

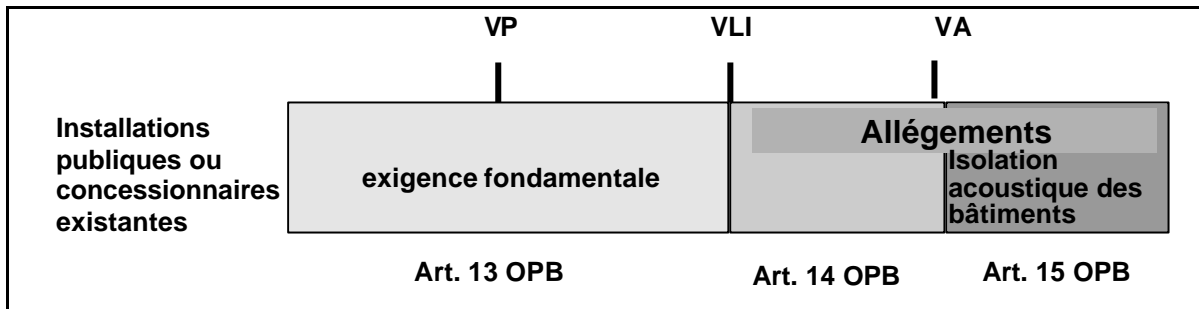
#### Exigences relatives aux aérodromes existants

Les aérodromes dont l'exploitation contribue sensiblement au dépassement des VLI doivent être assainis (art. 16, 1<sup>er</sup> al. LPE et art. 13, 1<sup>er</sup> al. OPB). Dans le cadre de cet assainissement, les limitations d'émissions doivent être appliquées dans la mesure que permettent l'état de la technique et les conditions d'exploitation et pour autant que cela soit économiquement supportable, et de façon à ce que les VLI ne soient plus dépassées (art. 11, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> al., art. 16, 1<sup>er</sup> al. LPE; art. 13, 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> al. OPB).

Si les émissions sonores d'installations existantes ne peuvent pas être partout abaissées en dessous des VLI en utilisant les mesures d'assainissement adéquates, l'autorité d'exécution accorde des allègements dans des cas particuliers (art. 17, 1<sup>er</sup> al. LPE; art. 14, 1<sup>er</sup> al. OPB).

Toutefois, les valeurs d'alarme ne doivent pas être dépassées à la suite des allègements accordés (art. 17, 2<sup>e</sup> al. LPE; art. 14, 2<sup>e</sup> al. OPB).

S'il n'est pas possible aux aérodromes publics concessionnaires de respecter les valeurs d'alarme, malgré les allègements accordés, des mesures de protection contre le bruit doivent être prises pour les locaux sensibles au bruit (art. 20 LPE; art. 15 OPB). En règle générale, le propriétaire de l'installation supporte les frais occasionnés par ces mesures (art. 2 LPE; art. 16, 1<sup>er</sup> al. OPB).

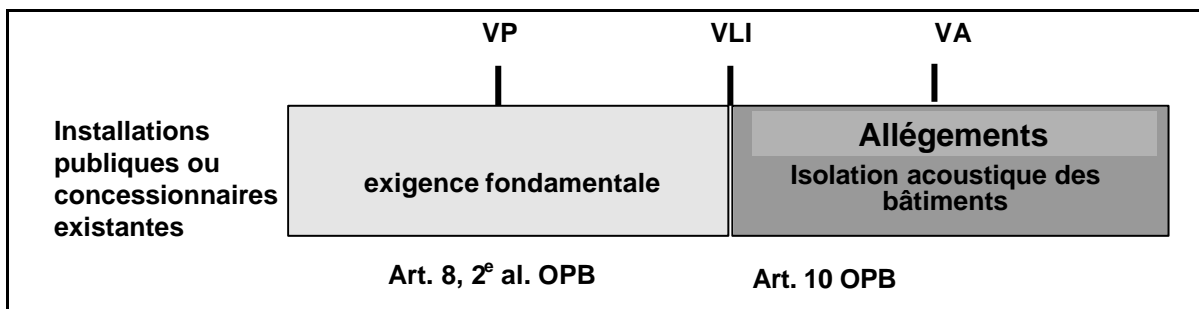


**Figure 2.1** Exigences posées aux aérodromes existants.

### Exigences pour les aérodromes modifiés

Si un aérodrome existant ou son exploitation est modifié, les émissions sonores des parties nouvelles ou modifiées doivent être limitées, à titre préventif, dans la mesure que permettent l'état de la technique et les conditions d'exploitation et pour autant que cela soit économiquement supportable (art. 11, 2<sup>e</sup> al. LPE; art. 8, 1<sup>er</sup> al. OPB). Si une modification provoque des immissions sonores nettement plus fortes, les émissions de l'ensemble de l'installation doivent être en outre limitées, à titre préventif, de sorte que les immissions provoquées par l'installation ne dépassent pas les VLI (art. 8, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> al. OPB).

Si les valeurs limites d'immissions ne peuvent pas être respectées pour les aérodromes publics concessionnaires, des mesures de protection contre le bruit doivent être prises pour les bâtiments existants (art. 25, 3<sup>e</sup> al. LPE; art. 10 OPB). Il s'en suit que la réglementation applicable aux installations notablement modifiées est plus stricte que pour les installations existantes.



**Figure 2.2** Exigences posées aux aérodromes notablement modifiés.

### Exigences pour les nouveaux aérodromes

Les émissions sonores de nouveaux aérodromes doivent être limitées dans la mesure que permettent l'état de la technique et les conditions d'exploitation et pour autant que cela soit économiquement supportable (art. 11, 2<sup>e</sup> al. LPE; art. 7, 1<sup>er</sup> al. lit. a OPB) et en outre de telle

sorte que leurs immissions sonores ne dépassent pas les valeurs de planification (VP) (art. 25, 1<sup>er</sup> al. LPE; art. 7, 1<sup>er</sup> al. lit. b OPB).

Si cette installation présente un intérêt public prépondérant et si le respect des valeurs de planification constitue une charge disproportionnée du projet, des allègements doivent être accordés dans des cas particuliers (art. 25, 2<sup>e</sup> al. LPE; art. 7, 2<sup>e</sup> al. OPB). Toutefois les valeurs limites d'immissions ne doivent pas être dépassées à la suite de l'octroi d'allègements (art. 25, 2<sup>e</sup> al. LPE; art. 7, 2<sup>e</sup> al., 2<sup>e</sup> phrase OPB).

S'il n'est pas possible de respecter les VLI dans des installations publiques ou concessionnaires en prenant les mesures appropriées, des mesures d'isolation acoustique de remplacement doivent être prises aux frais du propriétaire de l'installation pour les bâtiments ayant des locaux à usage sensible au bruit (art. 25, 2<sup>e</sup> al. LPE; art. 10 OPB).

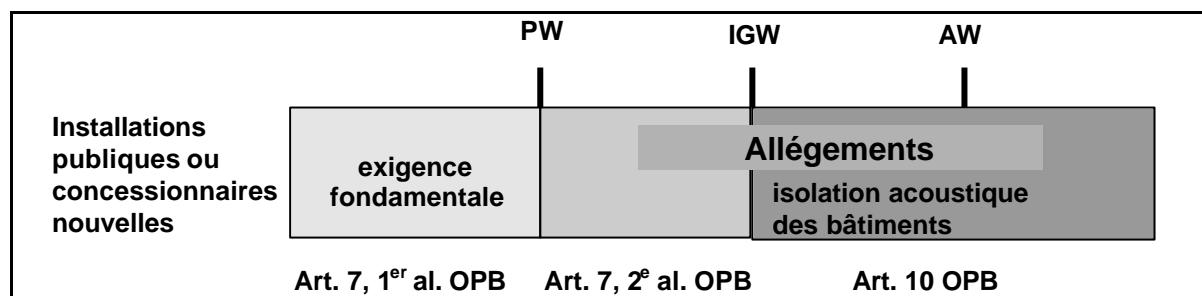


Figure 2.3 Exigences posées aux nouveaux aéroports.

## 2.1.4 Mesures d'aménagement

En vue d'orienter l'évolution des cités de telle sorte à éviter des conflits futurs liés à un bruit trop élevé, la LPE prévoit diverses prescriptions en matière d'aménagement du territoire. Le législateur concrétise ainsi d'une part les principes de planification de la Loi sur l'aménagement du territoire, et d'autre part prévient de nouveaux conflits liés au bruit.

### Délimitation et équipement des zones à bâtir dans des secteurs exposés au bruit

De nouvelles zones à bâtir destinées à recevoir des immeubles comprenant des locaux à usage sensible au bruit ne peuvent être délimitées que si les valeurs de planification ne sont pas dépassées ou s'il est possible de les respecter par des mesures de planification, d'aménagement ou de construction (art. 24, 1<sup>er</sup> al. LPE; art. 29 OPB).

Des exigences aussi strictes s'appliquent également aux zones à bâtir existantes, mais non encore équipées. Si les valeurs de planification sont dépassées dans une telle zone, elle doit être affectée à une autre utilisation moins sensible au bruit à moins que des mesures de planification, d'aménagement ou de construction permettent de respecter les valeurs de planification dans la plus grande partie de ces zones (art. 24, 2<sup>e</sup> al. LPE; art. 30 OPB).

Etant donné qu'au voisinage des aéroports il n'est généralement pas possible de réduire les immissions de bruit par des parois ou écrans antibruit, ni par des mesures de planification ou d'aménagement sous forme de plans d'affectations spéciaux, ces prescriptions aboutissent à une restriction sensible des possibilités d'affectation.



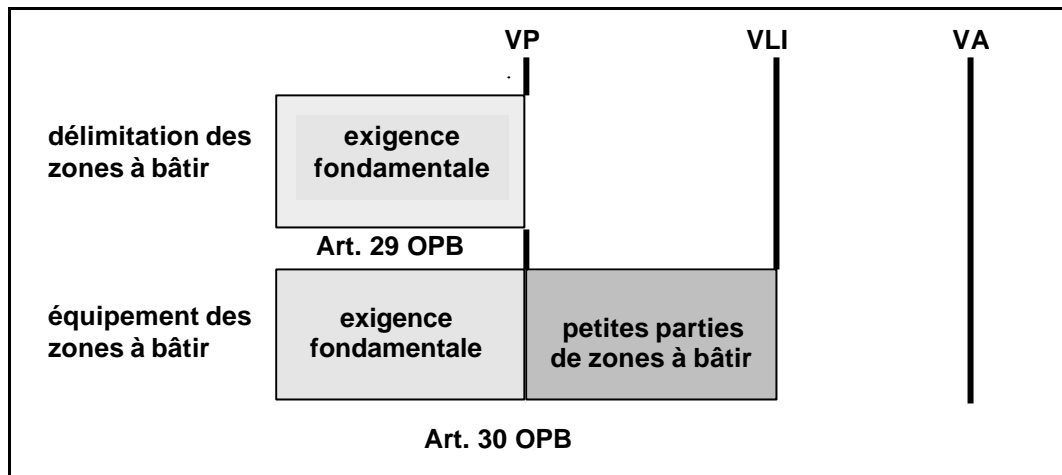


Figure 2.4 Délimitation et équipement de zones à bâtir.

### Permis de construire dans des secteurs exposés au bruit

Des permis de construire ne doivent être délivrés dans le sens de la prévention des conflits que si les immissions de bruit dans un lieu donné sont tolérables pour les personnes qui y vivent ou y travaillent. C'est pourquoi la LPE prévoit que des permis de construire pour des locaux destinés au séjour prolongé de personnes ne seront délivrés que si les VLI ne sont pas dépassées ou peuvent être respectées par des mesures de constructions appropriées (par exemple écrans antibruit) ou par des mesures d'aménagement (emplacement du bâtiment) ou en disposant les locaux à usage sensible au bruit sur le côté du bâtiment opposé au bruit (art. 22, 1<sup>er</sup> al. LPE; art. 31, 1<sup>er</sup> al. OPB).

Si de telles mesures ne permettent pas de respecter les VLI, les permis de construire pourront être délivrés exceptionnellement si la construction de l'immeuble en question présente un intérêt prépondérant et que l'autorité cantonale l'approuve (art. 31, 2<sup>e</sup> al. OPB). L'éclaircissement de cette question exige, dans chaque cas, de peser les intérêts en présence avec soin. Un intérêt suffisant existerait par exemple si un vide dans la structure urbaine devait être comblé. Lorsqu'il y a dépassement des valeurs d'alarme, l'intérêt prépondérant d'un bâtiment d'habitation ne devrait pratiquement plus être justifiable. Dans de tels cas, priorité est donnée à la protection de la santé publique. Si un bâtiment est quand même construit bien que les VLI soient dépassées, des exigences renforcées en matière d'insonorisation sont posées pour les éléments de construction extérieure (art. 32, 2<sup>e</sup> al. OPB).

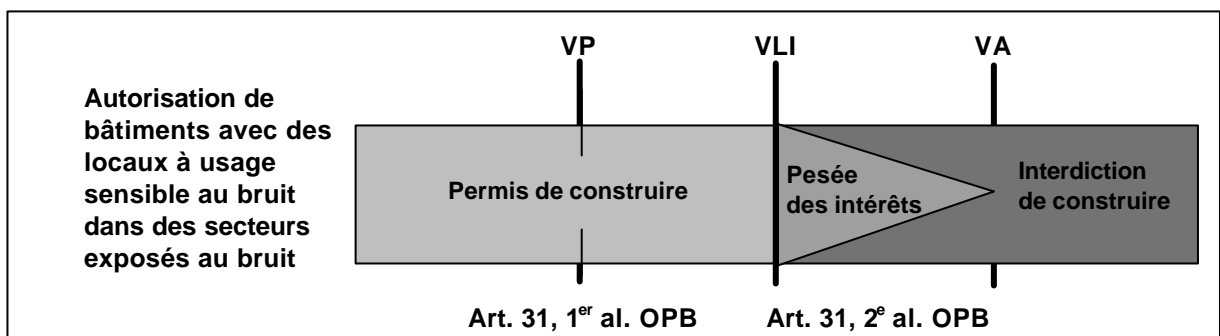


Figure 2.5 Autorisation de bâtiments comprenant des locaux à usage sensible au bruit dans des secteurs exposés au bruit.

## 2.2 Dispositions de protection contre le bruit dans la législation sur l'aviation

La Loi sur l'aviation (LA) et ses dispositions d'application règlent les exigences liées en matière de bruit imposées aux aéronefs de même qu'à leur exploitation. Elle comprend également des dispositions sur la construction et l'exploitation des aéroports, de même que sur les restrictions à la construction et à la planification à proximité des aéroports (zones de bruit des aéroports publics). Les zones de bruit des aéroports nationaux se fondent sur le NNI et celles des aéroports régionaux sur le L<sub>r</sub>.

### 2.2.1 Limitations des émissions

L'émission de bruit des aéronefs à moteur doit être contrôlée (art. 58 LA). Il revient au Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie (DFTCE) de fixer les exigences concernant le bruit admissible des aéronefs, en accord avec le Département fédéral de l'intérieur (DFI). L'immatriculation dans le registre matricule suisse des aéronefs peut être refusée (art. 52 LA) si un aéronef ne respecte manifestement pas les dispositions sur la protection de l'environnement (art. 3 OSAv). Les exigences relatives à la limitation des émissions sonores de même que d'autres émissions sont fixées en fonction de l'état de la technique (art. 5 LA, art. 13 OSAv). Ces exigences ont été fixées dans l'Ordonnance du 5 octobre 1984 sur les émissions des aéronefs (OEA), de même que dans ses révisions en 1990 et 1996, en s'écartant parfois de manière plus restrictive des normes de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI). En plus des prescriptions concernant l'autorisation des aéronefs, il en existe d'autres concernant l'exploitation des aéroports et des aéronefs :

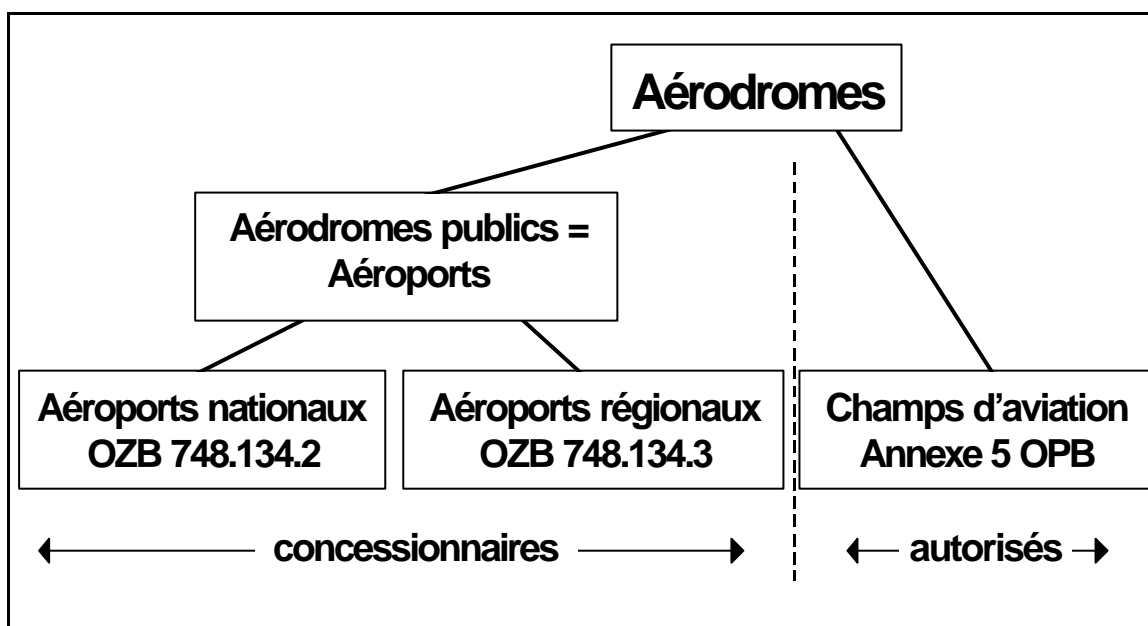
- Des concessions-cadres, de construction et d'exploitation peuvent être octroyées si les exigences de protection de l'environnement, de la nature et du paysage sont respectées (art. 8 lit. a, art. 14 ss OSIA).
- Les concessions comprennent, entre autres, les conditions-cadres de la protection de l'environnement (art. 17 lit. a et art. 19 lit. d OSIA).
- Une concession peut être complétée ou modifiée si des exigences essentielles de la protection de l'environnement l'exigent (art. 20, 1<sup>er</sup> al. OSIA).
- En autorisant les vols de nuit (22-6h), il y a lieu de faire preuve de la plus grande réserve (art. 39 OSIA).
- Les procédures d'approche et de décollage sont fixées par l'exploitant de l'aéroport en fonction de la sécurité de l'aviation et des performances de vol des aéronefs; ce faisant, il tient compte des exigences de l'aménagement du territoire ainsi que de la protection de l'environnement, de la nature et du paysage (art. 11, 2<sup>e</sup> al. OSIA).
- L'exploitant d'aéroport doit établir un règlement d'exploitation qui définira notamment :
  - l'organisation de l'aéroport;
  - les procédures d'approche et de décollage ainsi que les prescriptions d'utilisation particulières;
  - la mise en œuvre des conditions-cadres imposées par la concession ou l'autorisation d'exploitation, notamment en ce qui concerne les exigences techniques et opérationnelles minimales et les exigences essentielles de la sécurité de l'aviation, de l'aménagement du territoire ainsi que de la protection de l'environnement, de la nature et du paysage (art. 11, 1<sup>er</sup> al. lit. a, b, c OSIA).

- Il y a lieu de ne pas causer, avec un aéronef, un bruit excédant la gêne inhérente à son emploi approprié, et de prendre les égards nécessaires (art. 10 de l'Ordonnance du 4 mai 1981 concernant les règles de l'air applicables aux aéronefs, ORA).
- Les procédures d'approche ou de décollage publiées doivent être respectées (art. 22 ORA).

Cette énumération n'est pas exhaustive; elle se limite aux dispositions qui pourraient avoir une importance dans le contexte des questions traitées dans ce rapport.

## 2.2.2 Limitations des immissions

La Loi sur l'aviation distingue deux catégories d'aérodromes à l'article 37 :



**Figure 2.6** Répartition des aérodromes en 2 catégories :

- Les aéroports sont des aérodromes publics qui ont une obligation d'admission; leur construction et leur exploitation nécessite une concession du Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie.
- Les champs d'aviation couvrent tous les autres aérodromes; leur construction et leur exploitation nécessite une autorisation de l'Office fédéral de l'aviation civile.

Par la suite nous allons considérer les dispositions de la législation sur l'aviation relative aux aérodromes concessionnaires.

D'après l'article 42, 1<sup>er</sup> alinéa lettre b de la Loi sur l'aviation (LA) entré en vigueur le 1er janvier 1974, le Conseil fédéral peut prescrire par voie d'ordonnance que des bâtiments ne peuvent plus être utilisés ou construits dans un rayon déterminé autour d'aérodromes publics que si leur genre de construction et leur destination sont compatibles avec les inconvénients causés par le bruit des aéronefs. La loi comprend des dispositions sur la création de plans de zones de bruit, la procédure de consultation, la mise à l'enquête des plans, la procédure d'opposition et d'approbation ainsi que le droit aux indemnités (art. 42-44 LA).

Le Conseil fédéral a réglé lui-même certaines questions du classement des zones de bruit dans l'Ordonnance sur l'aviation du 14 novembre 1973 (OSAv), respectivement dans l'Ordonnance sur l'infrastructure aéronautique (OSIA) du 23 novembre 1994. Il a délégué

d'autres questions au Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie, qui doit décider en collaboration avec le Département fédéral de l'intérieur.

Le DFTCE a promulgué le 23 novembre 1973 une Ordonnance concernant les zones de bruit des aéroports de Bâle-Mulhouse, Genève-Cointrin et Zurich, et le 9 mars 1984 une Ordonnance concernant les zones de bruit des aérodromes régionaux concessionnaires.

L'Ordonnance concernant les zones de bruit des aéroports de Bâle-Mulhouse, Genève-Cointrin et Zurich prescrit ce qui suit :

- l'indice d'exposition au bruit NNI (art. 1)
- la méthode d'établissement et de calcul du NNI (art. 2, 3, 4)
- les valeurs d'exposition qui déterminent les limites de zones (art. 7)  
(pour les zones de bruit des aéroports de Zurich et Genève, voir annexes A5.9.1 et A5.9.2);
- les exigences de protection contre le bruit pour les nouveaux bâtiments dans les zones de bruit (art. 9).

Les zones de bruit de la législation sur l'aviation ont formellement une fonction d'aménagement du territoire:

Les restrictions à la construction ont pour but d'éviter que l'on ne construise, ou que dans une mesure réduite, dans les régions à proximité des aéroports qui sont fortement exposées au bruit des avions.

D'après la législation fédérale, les autorités cantonales compétentes ne peuvent établir de nouvelles zones d'habitation dans les zones de bruit. L'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) peut accorder certaines dérogations aux limitations d'affectations dans des cas particuliers et avec l'approbation de l'OFEFP. Les bâtiments situés dans les zones de bruit et qui ont été construits avant la mise à l'enquête du plan peuvent continuer à être utilisés de la même manière, indépendamment de l'étendue de l'exposition au bruit (art. 42, 5<sup>e</sup> al. OSIA). Des mesures de protection contre le bruit ne sont nécessaires que si ces bâtiments sont transformés (art. 46 OSIA). Des autorisations de construire pour des bâtiments se trouvant dans des zones de bruit ne peuvent être accordées que s'ils sont prévus pour l'affectation autorisée dans la zone concernée et que s'ils sont équipés de toutes les mesures d'insonorisation prescrites (art. 45 OSIA).

Si la restriction de la propriété foncière par le plan de zone équivaut dans ses effets à une expropriation, elle donne droit à des indemnités (art. 44 LA). Les conditions existantes au moment de la publication du plan de zone déterminent le droit à l'indemnité et son estimation, c'est-à-dire le 7 septembre 1987 pour l'aéroport de Genève-Cointrin et le 28 août 1987 pour l'aéroport de Zurich. L'exposition au bruit de l'aéroport de Bâle-Mulhouse sur le territoire suisse est trop faible pour justifier la création d'une zone de bruit.

La demande doit être annoncée dans les cinq ans à partir de la publication du plan de zone auprès de l'exploitant de l'aéroport. Lorsque l'existence ou l'étendue des prétentions sont contestées, la procédure d'estimation prévue dans la législation fédérale sur l'expropriation est applicable par analogie.

## 2.3 Harmonisation

### 2.3.1 Loi sur la protection de l'environnement et Loi sur l'aménagement du territoire

L'article 22quater cst. oblige la Confédération et les cantons à assurer ensemble l'aménagement du territoire, une utilisation judicieuse du sol et une occupation rationnelle du territoire. Des principes importants à cet égard sont la bonne gestion du sol et l'harmonisation réciproque des activités d'aménagement. Il incombe avant tout à la Confédération d'édicter les principes législatifs applicables et de tenir compte des exigences de l'aménagement du territoire dans l'exécution de ses tâches constitutionnelles (p. ex. aviation).

Pour assurer la concordance horizontale et verticale, ainsi que l'application des objectifs et des principes de l'aménagement du territoire (art. 1 et 3 LAT), la Loi sur l'aménagement du territoire demande aux cantons de promulguer des plans d'orientation contraignants indiquant comment ils prévoient d'harmoniser les diverses activités ayant une influence sur l'aménagement du territoire au regard du développement visé. Dans ce sens, les cantons tiennent compte des plans qui relèvent de la compétence de la Confédération et font des propositions d'aménagement concrètes. La LAT exige des cantons la promulgation de plans d'affectation du sol pour assurer aux propriétaires fonciers une forme contraignante. L'harmonisation d'un projet de construction concret avec ce plan d'affectation est en principe vérifiée dans le cadre de la procédure de demande de permis de construire.

Les prescriptions de lutte contre le bruit de la LPE (plus particulièrement art. 22 et 24 LPE) suivent la même procédure que celle décrite brièvement ci-dessus et ont également des objectifs semblables à la LAT (art. 3, 3<sup>e</sup> al. lit b LAT). Les prescriptions de la LPE, de l'OPB qui la concrétise et de la LAT présentent ainsi un concept de protection contre le bruit largement uniforme.

### 2.3.2 Loi sur la protection de l'environnement et Loi sur l'aviation

En promulguant la LPE, le législateur avait l'intention d'adapter toutes les prescriptions d'exécution fédérales relatives à la lutte contre le bruit aux principes contenus dans la LPE (art. 4 LPE). Les dispositions correspondantes contenues dans d'autres lois spéciales ne devaient pas être intégrées à la LPE, mais rester dans les réglementations existantes.

Cependant, cet objectif n'est pas encore atteint dans le domaine de la législation sur l'aviation. En résumé, on peut constater les différences et les points communs suivants entre la Loi sur l'aviation et la Loi sur la protection de l'environnement pour ce qui est de la lutte contre le bruit :

- Les limitations des émissions pour les avions (limitation à la source) sont réglées sur la base des critères de la LPE (art. 11) et de l'OPB dont l'art. 3 renvoie à l'Ordonnance du 10 janvier 1996 sur les émissions des aéronefs (OEA).
- Les limitations d'émissions pour les aéroports par des mesures de construction ou d'exploitation se fondent en principe sur la LPE et l'OPB (cf. ci-dessus chiffre 2.1.3). Les principes fondamentaux régissant l'aviation ainsi que les procédures permettant de faire valoir ces prescriptions sont par contre ancrées dans la législation sur l'aviation.
- Les frais relevant des mesures limitant les émissions à la source sont supportés par le détenteur, à savoir l'exploitant d'avion ou d'aéroport, tant d'après la Loi sur l'aviation que d'après la LPE.

- La LPE et la LA comprennent des restrictions à la propriété dans les environs des aéroports tant du point de vue de la planification que de la construction (cf. ci-dessus chiffres 2.1.4 et 2.2.2). Cependant, ces réglementations ne se recouvrent pas entièrement.
- La LPE et la LA règlent la protection contre le bruit des bâtiments exposés au bruit. Contrairement à la LPE, la LA permet de continuer à utiliser des bâtiments existants sans prendre de mesures antibruit. Par contre, la LPE exige de prendre des mesures antibruit même pour les bâtiments existants si l'exposition dépasse les VLI (installations d'aéroport nouvelles/transformées) ou les VA (installations d'aéroport existantes). Par ailleurs, l'obligation de protection contre le bruit ne s'étend d'après la LA qu'aux maisons d'habitation, écoles, magasins et bureaux, alors que la LPE souhaite protéger généralement les bâtiments comprenant des locaux qui servent au séjour prolongé de personnes.
- Les coûts résultant des mesures de protection antibruit appliquées aux nouveaux bâtiments ou aux bâtiments transformés sont supportés par les propriétaires des bâtiments d'après les deux lois. Par contre, la LPE prévoit que les mesures de protection contre le bruit pour les bâtiments existants sont supportées par l'exploitant d'aéroport.

### 2.3.3 Conséquences

La comparaison des prescriptions déterminantes montre qu'il existe des réglementations différentes sur le même sujet dans le domaine des prescriptions en matière d'aménagement dans la LA d'une part, et dans la LPE et la LAT d'autre part. C'est ainsi que la LA et la LPE ont des prescriptions sur la protection antibruit des nouveaux bâtiments et interdisent en principe la construction dans les zones de bruit. Ces deux réglementations sont toutefois conçues différemment, ce qui signifie que leur application conduit à des résultats différents.

La Commission considère donc qu'il est nécessaire d'harmoniser ces prescriptions pour éliminer toute double réglementation inutile. En principe, cette harmonisation peut être réalisée soit dans la LA, soit dans la LPE.

La Commission préfère le concept de la Loi sur la protection de l'environnement qui se fonde sur une base constitutionnelle qui a expressément pour objectif de protéger l'être humain des atteintes nuisibles ou incommodantes, notamment du bruit. La LPE règle ensuite la façon concrète dont ce but doit être atteint en harmonie avec la législation sur l'aménagement du territoire. Ces prescriptions sont aussi adaptées aux procédures correspondantes de l'aménagement du territoire. Par contre, les prescriptions existantes relatives aux zones de bruit de l'aviation se fondent actuellement sur une simple attribution constitutionnelle de compétences; elles jettent les bases d'une réglementation qui comprend des interventions ponctuelles au niveau de la construction ou de la planification et nécessite des procédures supplémentaires spéciales.

L'article 42 de la LA autorise le Conseil fédéral, mais ne l'oblige pas, à édicter des prescriptions sur la délimitation de zones de bruit. Il serait donc juridiquement possible au Conseil fédéral, sans modifier la LA, de supprimer les dispositions sur les zones de bruit contenues aux articles 40 ss de l'OSIA en même temps qu'il procédera à la modification de l'OPB envisagée. Les ordonnances sur les zones de bruit des aéroports nationaux et des aéroports régionaux deviendraient ainsi caduques et les zones de bruit existantes seraient supprimées. Seules la LPE et l'OPB s'appliqueraient à toutes les restrictions en matière de construction et d'aménagement à proximité des aéroports.

## 3 Trafic aérien et bruit

### 3.1 Evolution et prévisions du trafic aérien

En 1920, le Conseil fédéral a promulgué une Ordonnance suisse sur le trafic aérien et en 1921 l'article 37ter disant que "la législation sur la navigation aérienne est du domaine de la Confédération" a été introduit dans la Constitution fédérale. En 1951, les deux aéroports nationaux de Genève-Cointrin et de Zurich-Kloten ont obtenu une concession, et le traité d'Etat du 4 juillet 1949 a créé l'aéroport de Bâle-Mulhouse.

Le trafic aérien s'est beaucoup développé depuis ces débuts. Aux figures 3.1a à 3.1c, on présente cette évolution pour la période de 1970 à 1994 pour le trafic de ligne et commercial hors des lignes sur les aéroports de Zurich-Kloten, Genève-Cointrin et Bâle-Mulhouse <sup>9 10</sup>.

Un grand nombre de facteurs difficiles à évaluer ont une incidence sur l'évolution future du trafic aérien : l'évolution économique, les prix des vols, les conditions cadres institutionnelles, comme par exemple la politique des transports et de l'environnement, les limites de capacité des aéroports, le train comme alternative, la concurrence d'autres aéroports et finalement la capacité de navigation aérienne. Il faut s'attendre à une croissance marquée des transports aériens au niveau international.

Pour ce qui est des trois aéroports nationaux, des groupes de travail institutionnalisés comprenant des représentants des directions des aéroports, des sociétés immobilières des aéroports, de Swisscontrol, de la Swissair, de l'OFAC, en coopération avec les autorités de l'aviation française, ont fait des pronostics concernant les chiffres relatifs au transport aérien (mouvements, nombre de passagers, fret). Le résultat des prévisions se trouve aux figures 3.1a à 3.1c. Le résumé d'une autre étude <sup>11</sup> de l'OFAC est le suivant : l'analyse de l'évolution de l'ensemble des mouvements du transport aérien dans l'espace aérien suisse (c'est-à-dire décollages, atterrissages et survols) prévoit que le trafic aérien va augmenter dans l'ensemble de presque 50% entre 1992 et 2010. Le nombre des mouvements dans les aéroports devrait augmenter d'environ un quart. Pendant la même période, le volume des passagers dans l'ensemble des aéroports suisses augmentera dans l'ensemble d'environ 80 % <sup>12</sup>.

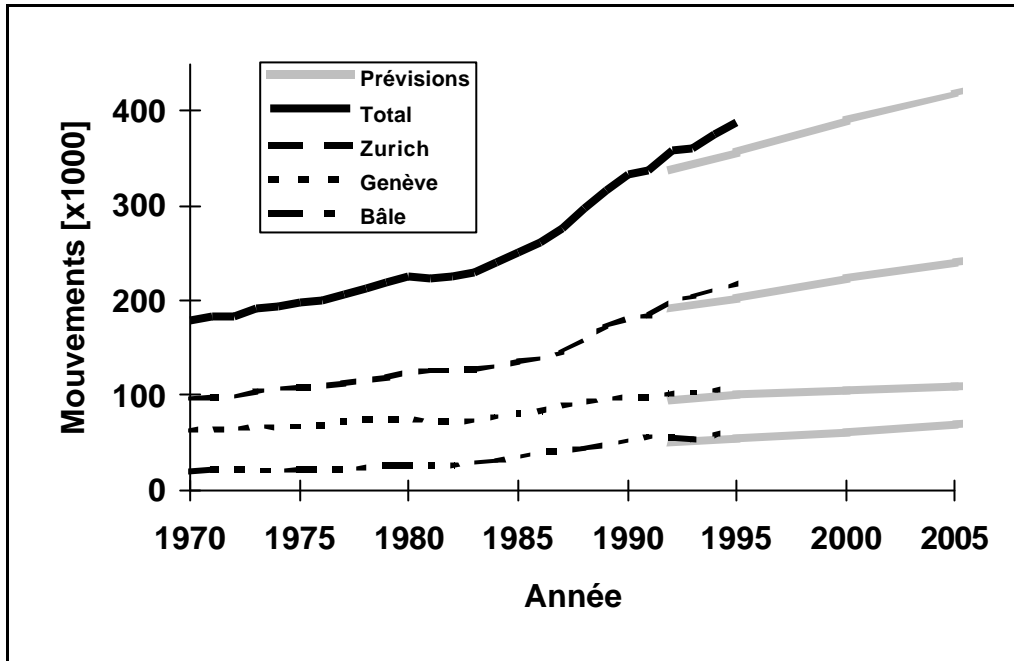
---

<sup>9</sup> „Die Schweizerische Zivilluftfahrt“ (Rapports annuels jusqu'en 1994) , OFAC, Berne.

<sup>10</sup> Ne sont pas compris les vols non commerciaux. Font partie de cette catégorie les vols d'affaires, les vols d'essai, les vols d'école, les vols privés ainsi que les vols de recherche et de sauvetage et les vols d'aéronefs d'Etat. Les vols non commerciaux tendent à diminuer sur les aéroports nationaux. Le nombre de mouvements annuel total est de l'ordre de 120'000.

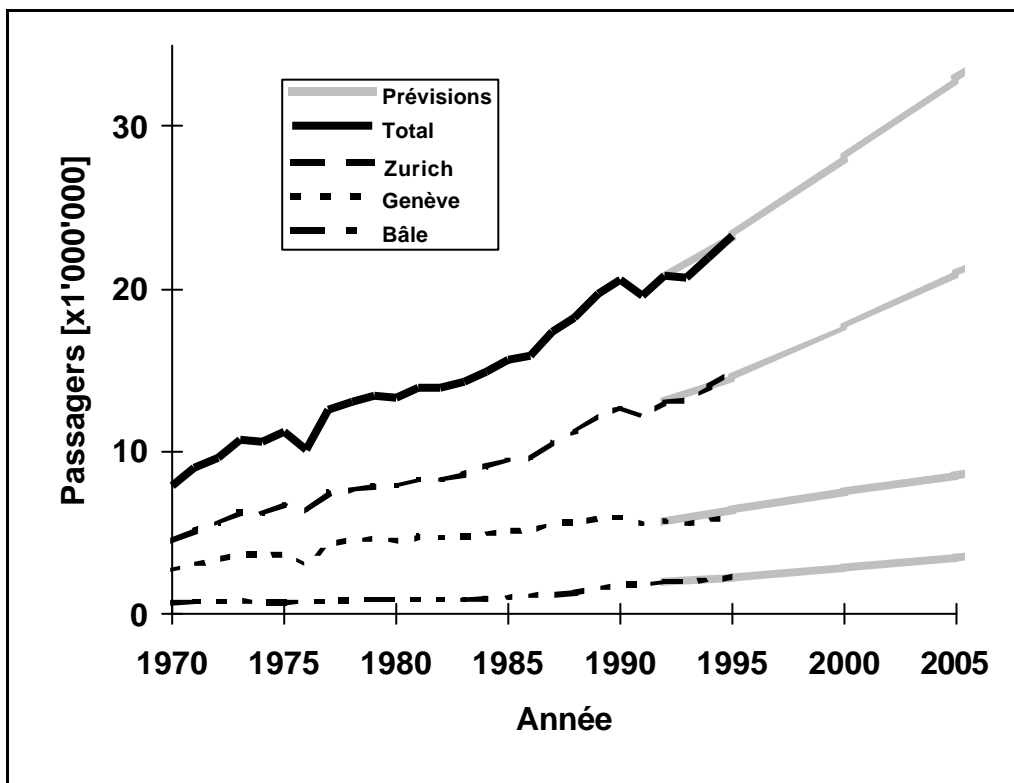
<sup>11</sup> „L'évolution du trafic aérien aux aéroports nationaux suisses et aux aérodromes régionaux, 1993-2010, Perspectives 1993“, OFAC, Berne.

<sup>12</sup> Les données de ce rapport concernent les aéroports nationaux et les aérodromes régionaux.



**Figure 3.1a** *Rétrospectives et prévisions relatives au trafic aérien.*

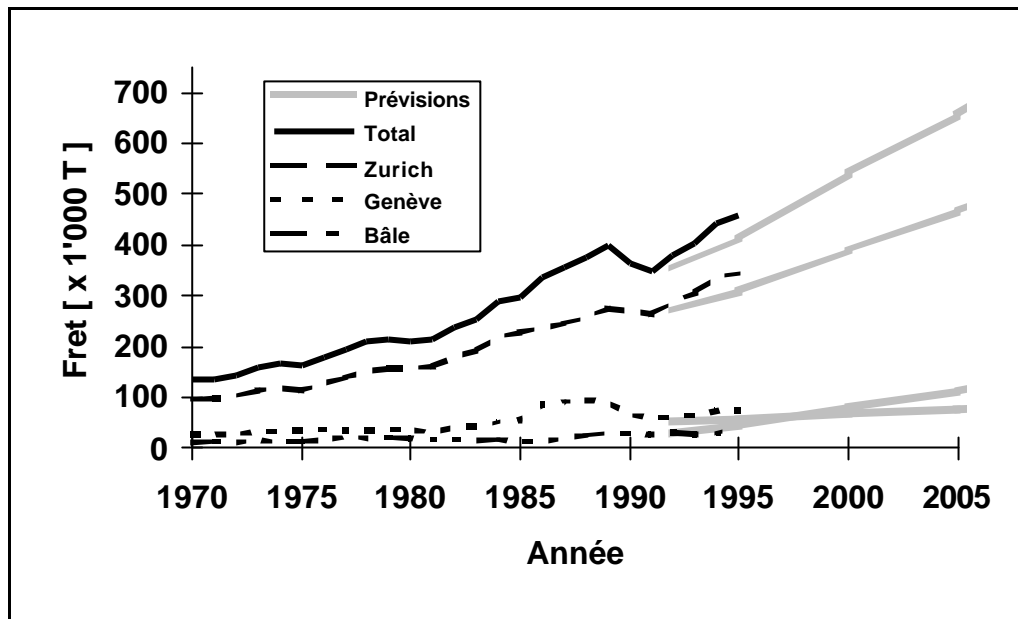
Nombre de mouvements du trafic de lignes et commercial hors des lignes sur les aéroports nationaux par année (Total pour Zurich, Genève-Cointrin et Bâle-Mulhouse) selon "Perspectives 1993", OFAC (Source 11).



**Figure 3.1b** *Rétrospectives et prévisions relatives au trafic aérien.*

Nombre de passagers du trafic de lignes et commercial hors des lignes sur les aéroports nationaux par année (Total pour Zurich, Genève-Cointrin et Bâle-Mulhouse) selon "Perspectives 1993", OFAC (Source 11).





**Figure 3.1c** Rétrospectives et prévisions relatives au trafic aérien.

Fret du trafic de lignes et commercial hors des lignes sur les aéroports nationaux par année (total pour Zurich, Genève-Cointrin et Bâle-Mulhouse) selon "Perspectives 1993", OFAC (Source 11).

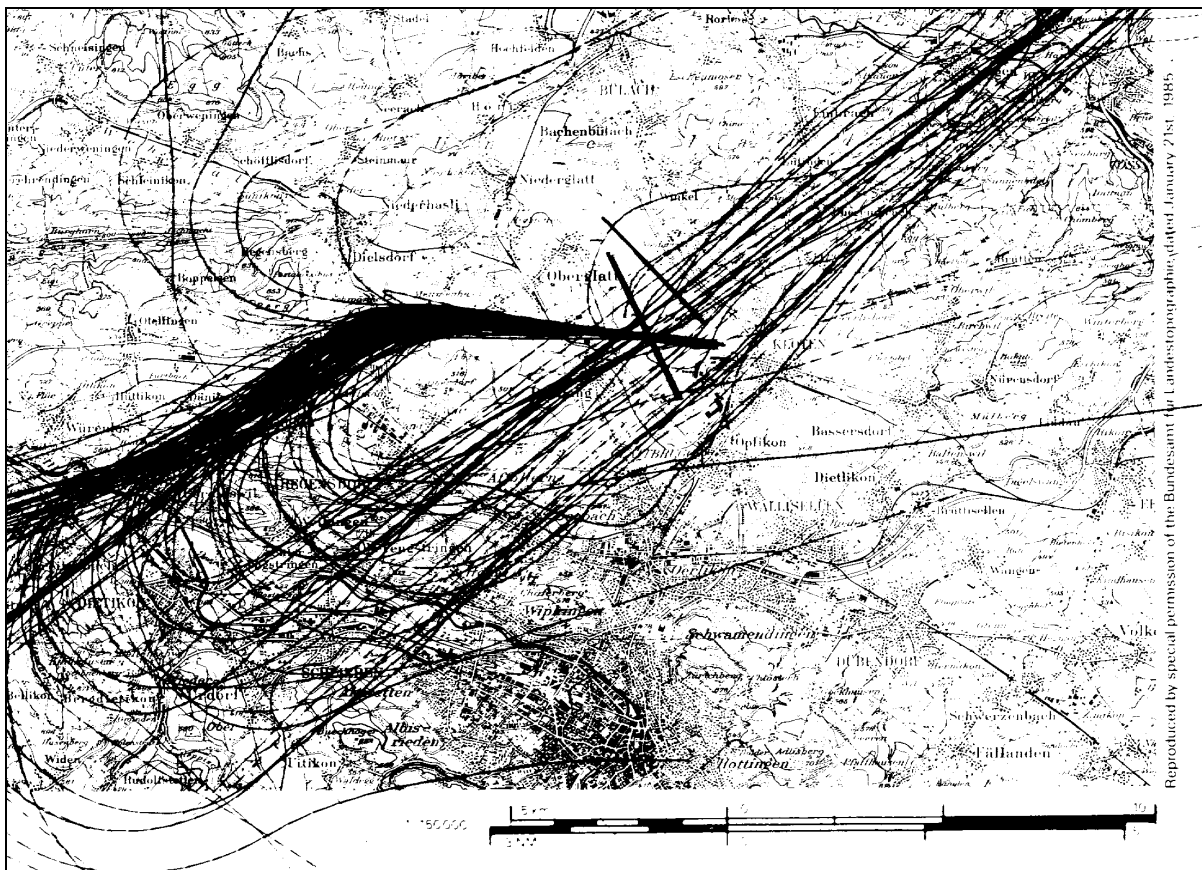
## 3.2 Bruit du trafic aérien

### 3.2.1 Données acoustiques

Plusieurs caractéristiques du trafic aérien influencent sensiblement le bruit qui en résulte : les types d'avion et donc les caractéristiques acoustiques du son émis ainsi que sa propagation, la quantité et la répartition (dans le temps) des divers événements, les routes aériennes dans l'espace et donc la distance par rapport aux zones habitées. La propagation du bruit est en outre influencée par la répartition verticale de la température et l'humidité de l'air.

Le son émis par les avions dépend directement de leur propulsion. La plus grande partie des émissions sonores à proximité des aéroports nationaux provient d'avions à réaction.

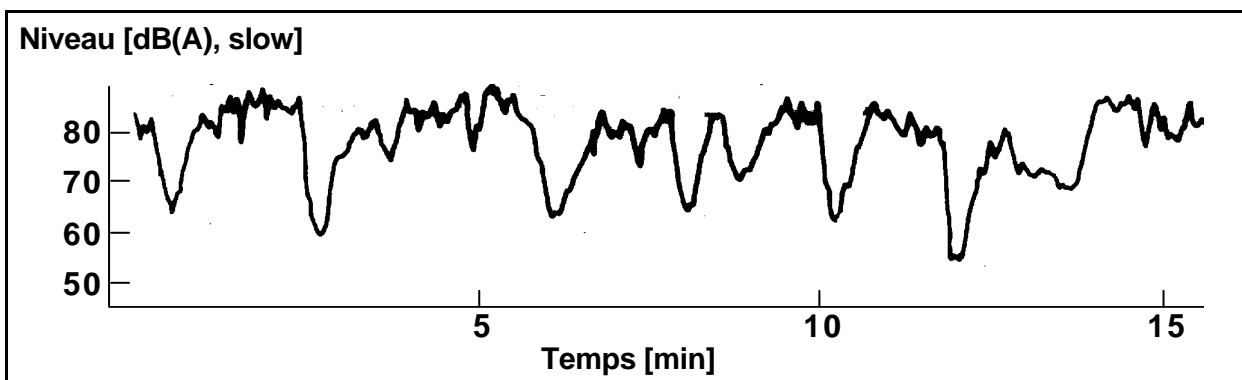
Le bruit d'un seul avion peut toucher un grand nombre de personnes dans une région fortement peuplée. La figure 3.2 montre la dispersion des traces d'avion à Zurich pour les décollages de la piste 28 (piste ouest). Comme le bruit du trafic aérien provient du haut, les parois ou les murs antibruit n'entrent pas en ligne de compte comme mesure d'isolation acoustique. De même, les locaux à usage sensible au bruit ne peuvent en principe pas être disposés de telle sorte à être opposés (par des mesures touchant aux immissions) à la source de bruit (art. 31, 1<sup>er</sup> al. lit b OPB).



**Figure 3.2** Traces des vols de Zurich-Kloten pour la piste 28 (piste ouest).

L'illustration de la répartition dans l'espace des départs sur les routes aériennes aux instruments se fonde sur l'enregistrement des traces de vols d'un nombre représentatif de vols après le décollage de la piste 28. La représentation ne dit rien sur l'exposition directe au bruit, puisque sur ce graphique on n'indique ni la hauteur, ni les caractéristiques du vol (vol horizontal ou ascendant)<sup>13</sup>.

La figure 3.3 montre la courbe caractéristique d'un niveau acoustique avec les événements bruyants dus aux mouvements aériens, ainsi que les pauses intermédiaires.

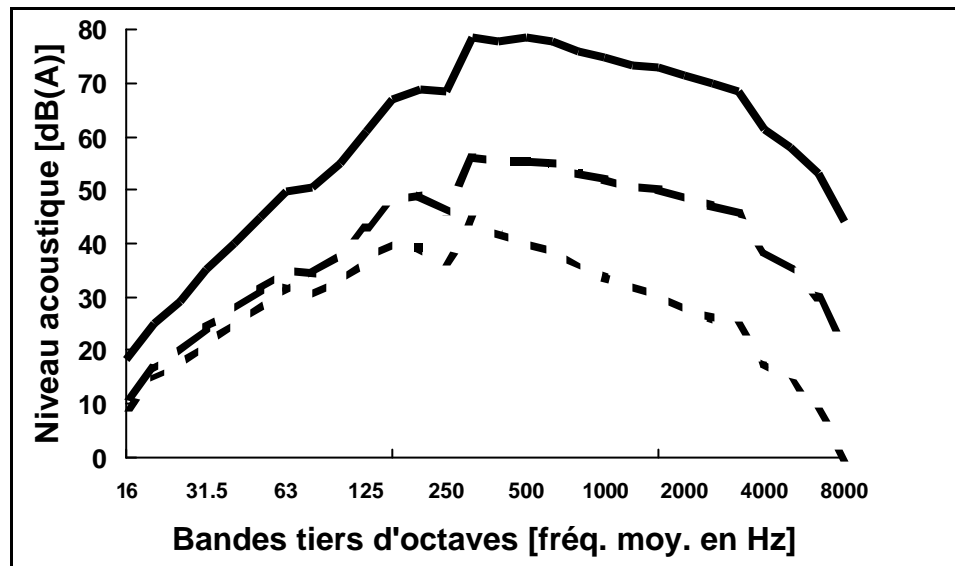


**Figure 3.3** Enregistrement du niveau sonore pendant 15 minutes dans la zone d'habitation de Rümlang (mesures réalisées par le département de lutte antibruit de la direction de l'aéroport de Zurich).

Cependant, dans certaines régions, ce bruit intermittent devient un bruit continu dans la mesure où le trafic aérien augmente. C'est particulièrement le cas pour les routes de décollage où les mêmes secteurs sont exposés par exemple à cause des voltes ou des survols répétés ou d'une longue durée. Il y a aussi un trafic plus dense (rush-hours) le matin, à midi et le soir. La nuit, l'interdiction de voler s'applique.

<sup>13</sup> Source: Direction de l'aéroport de Zurich, mars 1997.

Le son de basse fréquence est faiblement atténué par les parties légères des maisons. A l'intérieur, ce son est perceptible même avec la fenêtre fermée. La figure 3.4 montre la répartition du niveau en fonction de la fréquence pour un Boeing 747 au décollage devant la fenêtre, à l'intérieur de la pièce avec une fenêtre normale et avec une fenêtre antibruit. Ce sont justement les fréquences les plus basses qui doivent être atténuées par des fenêtres antibruit dans le cas du bruit des avions.



**Figure 3.4** Spectre en bandes tiers d'octaves pondéré A d'un BOEING 747 au décollage. Enregistrement devant la fenêtre (ligne pleine), à l'intérieur de la pièce avec une fenêtre normale (long tiret) et une fenêtre antibruit (pointillé).

### 3.2.2 Evaluation de l'exposition pour le bruit de l'aviation

#### Concepts

(voir aussi l'annexe A2)

#### Pression acoustique

L'oscillation de pression dans l'air perçue par l'oreille comme son ou mesurée par les microphones.

#### Niveau acoustique (niveau de pression acoustique)

Mesure habituelle de description du son en acoustique. Elle permet de saisir sur une échelle claire le domaine très vaste de la perception auditive. Le niveau acoustique est indiqué en décibel (dB).

#### Niveau maximal

Le niveau acoustique le plus élevé pendant une durée déterminée.

#### Pondération A

Une procédure permettant de donner une évaluation suffisante de la sensibilité auditive dans les appareils de mesure. L'ouïe perçoit moins bien les sons bas et très élevés que les sons moyens pour la même pression acoustique. La pondération A en tient compte.

### **Perceived Noise Level PNL**

Une procédure qui tient compte des propriétés de l'ouïe lors des mesures comme pour la pondération A, mais de façon très complexe. Elle est utilisée pour la certification en matière de bruit des avions.

**$L_{eq}$**  : "Niveau moyen" (également "niveau acoustique d'énergie équivalente")

Une procédure couramment utilisée pour indiquer une intensité acoustique moyenne dans un laps de temps déterminé. Le niveau moyen est la mesure de base de l'Ordonnance sur la protection contre le bruit et tient compte de la durée des événements et de l'énergie globale.

### **NNI "Noise and Number Index"**

Une procédure permettant de déterminer dans quelle mesure le bruit d'avion est incommodant. Elle combine les pointes de niveau acoustique de survols avec le nombre de survols quotidiens. Cette mesure est encore utilisée en Suisse et en Irlande. Dans la plupart des pays, elle a été remplacée par le  $L_{eq}$  ou par les mesures qui vont de pair. Le NNI ne tient compte que des événements de bruit du trafic aérien ayant un niveau maximum de plus de 68 dB(A), c'est-à-dire que les niveaux inférieurs à 68 dB(A) ne sont pas pris en considération.

**SEL "Niveau événementiel"** (Single Event Level)

Une mesure proche du  $L_{eq}$  qui exprime l'énergie d'un événement sonore.

## ***Mesures d'exposition au bruit du trafic aérien : comparaison internationale***

Il est difficile de comparer les méthodes d'évaluation du bruit causé par le trafic aérien sur le plan international. Si on compare les "noise indices" (tableau A2.2 de l'annexe), on constate que l'indice NNI encore utilisé en Suisse actuellement se fonde sur le niveau de valeur maximale de la pondération A. L'indice de gêne Q allemand et le Kosten-indice B des Pays-Bas sont en fait des mesures de type  $L_{eq}$ . L' "indice psychologique" français se calcule également comme la somme énergétique de pointes sonores et est tiré du Perceived Noise Level PNL. Le PNL a également été utilisé avant 1992 en Grande-Bretagne pour calculer le NNI. L'Italie utilise également le PNL, et aux Etats-Unis en plus du Day-Night-Level il existe un Noise Exposure Forecast qui se fonde sur le PNL.

Les périodes d'évaluation (temps de référence) varient dans le détail, mais sont en principe traitées de la même manière. C'est ainsi que la journée commence à 6 h ou 7 h et se conclut en moyenne à 22 h (comme en Suisse). Aux deux extrémités il y a ici et là des variations horaires. Les différences de pondération de ces laps de temps sont plus marquées. La Grande-Bretagne, qui pondère la nuit comme le jour de "zéro", semble être à un extrême. Par contre, les Pays-Bas, la France, les Etats-Unis, mais également le Danemark, le Japon et la Norvège pondèrent la nuit d'un facteur de 10 (cela signifie +10 dB à la valeur de niveau). Il n'y a pas de pays qui évalue différemment certains jours de la semaine, comme par exemple le dimanche. Dans la plupart des pays, l'exposition sonore est évaluée en moyenne annuelle (moyenne sur tous les mois). Par contre, en Allemagne on prend comme base les six mois les plus actifs pour calculer l'indice de perturbation.

### 3.3 Evolution et prévisions de l'exposition au bruit à proximité des aéroports nationaux

Les premiers avions civils avec des moteurs à réaction ont commencé à voler autour de 1960. Les moteurs à réaction de la première génération étaient très bruyants. L'évolution technique est passée par plusieurs générations de réacteurs avant d'arriver aux réacteurs actuels avec un taux de dilution élevé. On a pu réduire la consommation en carburant, et diminuer le bruit des moteurs de 20 à 25 dB pour des performances comparables. Les nouvelles technologies permettent également la construction de réacteurs beaucoup plus puissants. L'utilisation de tels réacteurs plus puissants dans les gros avions relativise donc la réduction des émissions de chaque avion.

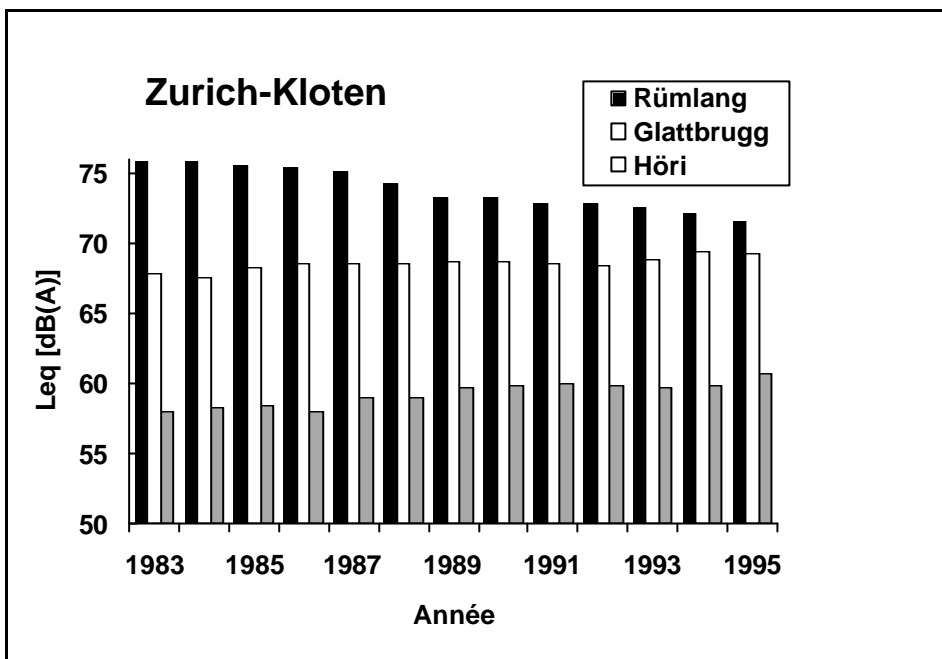
L'apparition des avions à réaction a incité la Suisse à promulguer les premières prescriptions d'exploitation pour lutter contre le bruit du trafic aérien en 1960 déjà, et en 1964 la première installation de surveillance automatique du bruit du trafic aérien a été mise en place.

En 1971, l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) a publié une première norme sur les immissions sonores autorisées pour les avions à réaction (annexe 16, ch. 2). En 1978, la prescription d'autorisation sonore a été complétée par un niveau plus sévère pour les nouveaux types d'avion (ch. 3). Depuis octobre 1990, les avions qui ne respectent pas ces exigences plus sévères ne peuvent plus être enregistrés au registre matricule suisse. Les avions encore enregistrés (en Suisse : 1 Boeing 737-200, ainsi que 3 avions de voyages d'affaires) doivent être retirés du trafic d'ici l'an 2002 dans le cadre d'un programme coordonné au niveau européen. En 1995, la part de ces avions certifiés uniquement sur la base du chapitre 2 était encore de 5 % sur les aéroports de Zurich-Kloten et de Genève-Cointrin.

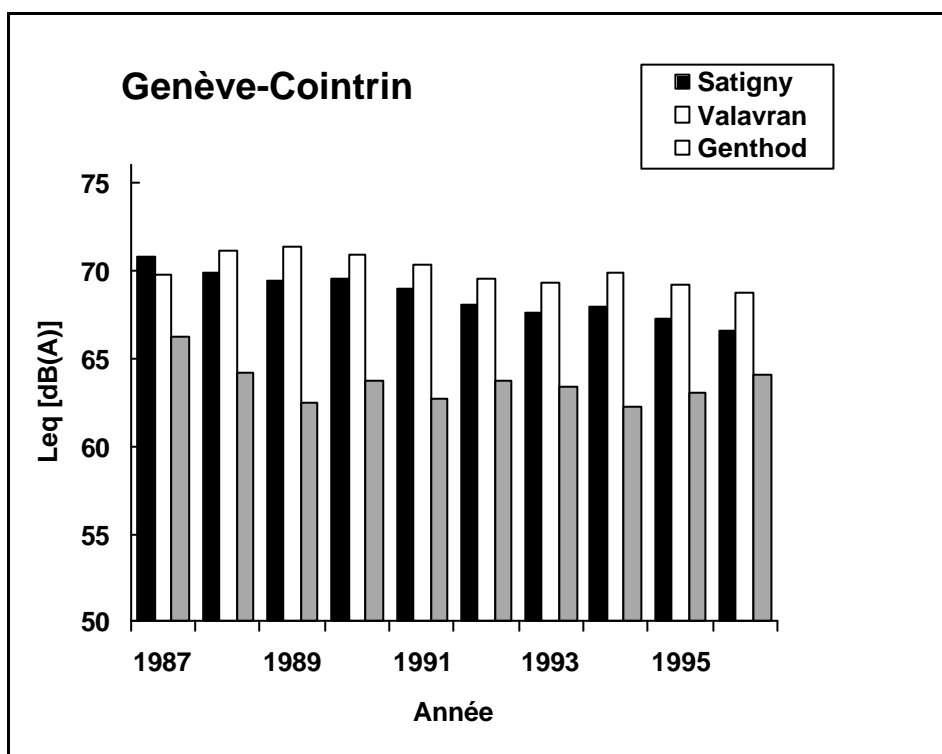
Parallèlement aux mesures de réduction du bruit sur les avions, d'autres mesures relatives à l'exploitation des avions et aux aéroports ont été introduites pour réduire l'exposition au bruit, par ex. l'adaptation des procédures de vol, des voies de décollage et d'atterrissage, des concepts d'utilisation des pistes, ainsi que des limitations des horaires d'exploitation.

Tous ces développements et toutes ces mesures ont influencé l'exposition au bruit du trafic aérien à proximité des aéroports nationaux de la façon suivante (figures 3.5a à 3.5c) :

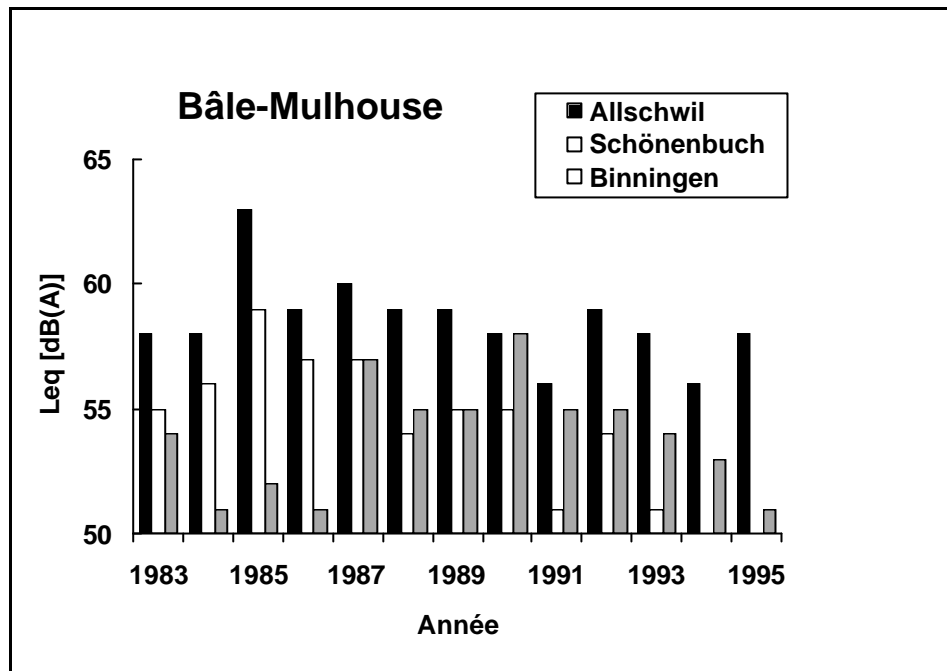
- Sur la base de toute une série de mesure (monitoring), on constate que l'exposition au bruit du trafic aérien tend à baisser depuis 1980 environ. A Zurich, les niveaux de survol (surtout dus au décollage d'avions de cabotage et de moyens courriers) à Rümliang ont baissé à la suite du renouvellement de la flotte (figure 3.5a). A Genève, le bruit sur la piste en direction de la France (lieu de mesure : Satigny) et en direction de Versoix (lieu de mesure : Valavran) a tendance à baisser (figure 3.5b). Les trois lieux de mesures du côté suisse de l'aéroport de Bâle montrent au fil des ans une légère tendance à la baisse des valeurs annuelles moyennes (figure 3.5c).
- Toutefois sur des lieux de mesure particuliers, comme par exemple pour Zurich à Höri et Glattbrugg avec les décollages de longs courriers, on constate une augmentation de l'exposition au bruit (figure 3.5a). Sur d'autres lieux de mesure, comme Genthod au nord-est de Genève, le bruit est en stagnation (figure 3.5b).



**Figure 3.5a** *Bruit de l'aviation et ambiant (le bruit de l'aviation est cependant dominant) pour les lieux de mesures de Rümlang (noir), Glattbrugg (blanc) et Höri (gris) de 1983 à 1995.*



**Figure 3.5b** *Bruit de l'aviation et ambiant (le bruit de l'aviation est cependant dominant) pour les lieux de mesures de Satigny (noir), Valavran (blanc) et Genthod (gris) de 1987 à 1996.*



**Figure 3.5c** *Bruit de l'aviation et ambiant (le bruit de l'aviation est cependant dominant) pour les lieux de mesures de Allschwil (noir), Schönenbuch (blanc) et Binningen (gris) de 1983 à 1995.*

L'évolution prévue des chiffres du trafic (figures 3.1a à 3.1c) et des flottes permet de prédire que l'exposition au bruit du trafic aérien aura plutôt tendance à remonter dans l'ensemble, après une stagnation. Il faut toutefois s'attendre à une évolution locale différenciée.





## 4 Effets du bruit de l'aviation sur les êtres humains

### 4.1 Effets généraux du bruit

De façon générale, les émissions sonores sont réparties de la façon suivante en fonction de leurs effets sur les êtres humains : troubles de l'audition, modifications du système végétatif, troubles du sommeil, perturbations de la communication, des performances et du comportement, et dérangements<sup>14</sup>. Les perturbations et dérangements provoqués par les émissions sonores doivent également être considérés comme ayant des effets nocifs sur la santé, puisque d'après une définition de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la santé n'est pas seulement l'absence de maladie, mais également le bien-être physique mental et social.

Divers auteurs <sup>15 16 17 18</sup> montrent que des niveaux sonores élevés, qui ne s'appliquent toutefois pas à la population résidant à proximité des aéroports, peuvent provoquer des atteintes telles que surdité au bruit en cas de longue période d'exposition. D'autres conséquences sont des troubles des fonctions végétatives; il s'agit entre autres de modifications de la fréquence cardiaque, de la pression, de la circulation périphérique, de la respiration, du tonus musculaire, de la motilité de l'estomac et des intestins, de même que des sécrétions internes. De telles modifications peuvent également servir d'indicateur de "réactions au stress et de réactions défensives"<sup>16</sup>. Si des effets de ce genre se présentent fréquemment – provoqués par un niveau moins élevé sur une période plus longue – il faut s'attendre cependant à ce que certaines personnes intègrent les modifications physiques et présentent des troubles psychosomatiques. Cependant il est difficile, du point de vue méthodologique, d'établir un lien clair entre les réactions du système végétatif et les troubles de la santé dus au bruit, de même que de fixer des "niveaux critiques" – contrairement aux troubles auditifs.

Des bruits de niveau sonore plus faible peuvent eux aussi provoquer des atteintes, surtout s'il ne sont pas souhaités et ne peuvent être influencés par les personnes concernées. On trouve dans cette catégorie les troubles du sommeil et les dérangements tels que la perturbation des périodes de repos et de détente, l'interruption de la communication pendant la conversation, en écoutant la radio, et en regardant la télévision. Les conséquences peuvent être également une réduction de la performance (en raison de l'interruption des activités ou de la baisse de l'attention) de même qu'une altération du comportement social (par exemple manque d'égards). Si ces perturbations se présentent de façon répétée, elles peuvent avoir des effets sur la santé dans le sens de facteurs de risques.

Les troubles du sommeil sont particulièrement importants parmi les effets attribués au bruit. Ils peuvent provoquer des états de fatigue chronique – caractérisée par la nervosité et une

---

<sup>14</sup> WHO, REGIONAL OFFICE FOR EUROPE (1992) „The Environmental Health Criteria Document on Community Noise“ , Report on the Task Force Meeting, Düsseldorf.

<sup>15</sup> JANSEN G. (1987) „Verkehrslärmwirkungen bei besonderen Personengruppen“ , Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 34, 152-156.

<sup>16</sup> GUSKI R. (1987) „Lärmwirkung unerwünschter Geräusche“ , Hans Huber, Bern.

<sup>17</sup> ISING H., KRUPPA B. (1993) „Lärm und Krankheit“ , Tagungsband des Internationalen Symposiums "Lärm und Krankheit" , Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 88, Berlin.

<sup>18</sup> ROHRMANN B. (1990) „Lärm“ , in Ökologische Psychologie, Ein Handbuch in Schlüsselbegriffen, Hrsg.: Kruse L., Graumann C.F., Lamtemann E.D., Psychologie Verlags Union, München, 665-672.

irritabilité accrue, de même que par une réduction des performances. Des réactions renforcées contre les expositions supplémentaires peuvent également se présenter. Cela peut créer un cercle vicieux : les troubles du sommeil peuvent augmenter à la suite d'une plus grande sensibilité au stress. Les résultats d'études de laboratoire (voir chap. 4.3) montrent que le nombre de réactions de réveil dépend du nombre et du niveau des pointes sonores ( $L_{\max}$ ). Les pointes sonores doivent donc être incluses pour pouvoir évaluer les effets du bruit pendant la nuit.

Une distinction entre l'état de veille et l'état de sommeil doit être faite si l'on souhaite limiter les effets du bruit de l'aviation sur les êtres humains. L'évaluation des effets de jour tient compte de l'expérience subjective des dérangements, qui sont déterminants dans cette situation (par exemple par le biais de questionnaires et le positionnement sur un scalomètre). L'étude sur le bruit '90 <sup>19</sup> donne les bases adéquates pour évaluer les conditions suisses (chap. 4.2). Pour évaluer les effets pendant la nuit, les troubles du sommeil sont à prendre en considération en plus des désagréments. Les résultats actuels sont présentés dans des publications de Griefahn <sup>20</sup>, Jansen <sup>21</sup>, Berglund et Lindvall <sup>22</sup>, de même que Fidell <sup>23</sup> (chap. 4.3).

## 4.2 Effets le jour

Dans le cadre du programme de recherche national "Homme, santé, environnement" (PNR 26), un vaste sondage a été réalisé en 1991 sur la gêne ressentie par la population vivant à proximité des aéroports de Genève-Cointrin et Zurich en raison du bruit de l'aviation et de la circulation routière. Dans le cadre de cette étude <sup>19</sup> <sup>24</sup>, 2052 personnes ont été interrogées à leur domicile soumis à des immissions sonores du trafic aérien et routier variables. Les perturbations les plus fréquemment mentionnées liées au bruit du trafic aérien étaient l'interruption des conversations, la perturbation des communications (radio, télévision, musique) et la perception de vibrations. Pour ce qui est des perturbations occasionnées par la circulation routière, la perturbation des communications, l'interruption du repos et de la détente, l'interruption des conversations, les troubles du sommeil et la perturbation du travail à la maison ont été mentionnés.

---

<sup>19</sup> OLIVA C. (1995) „Lärmstudie '90, Belastung und Betroffenheit der Wohnbevölkerung durch Flug- und Strassenlärm in der Umgebung der internationalen Flughäfen der Schweiz“ , Schlussbericht, Schweizerischen Nationalfonds (PNR 26) Bern.

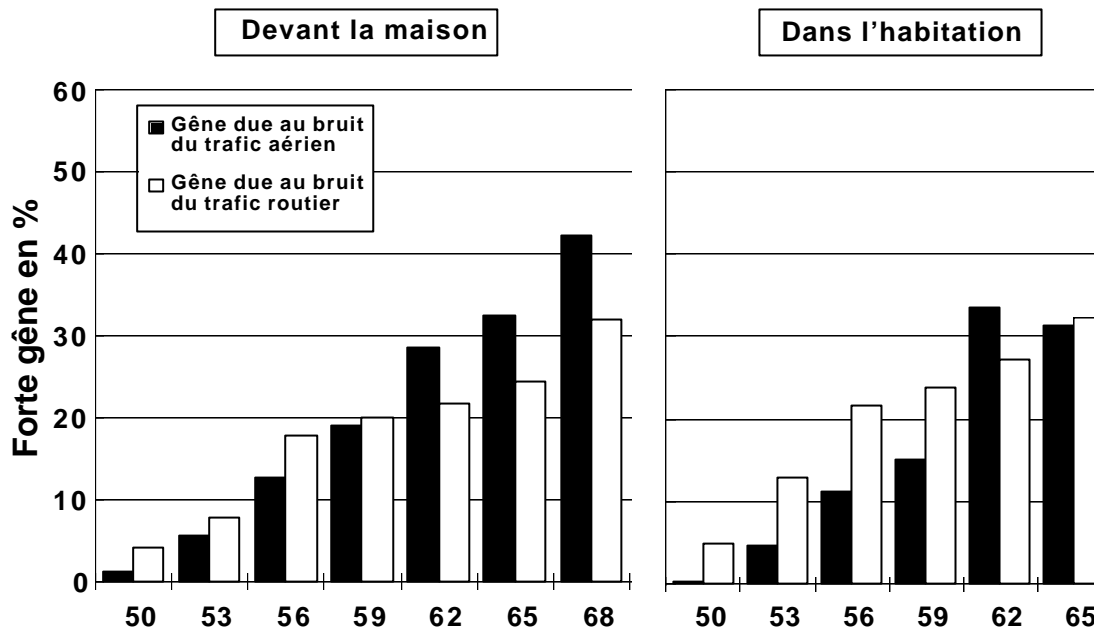
<sup>20</sup> GRIEFAHN B. (1990) „Präventivmedizinische Vorschläge für den nächtlichen Schallschutz“ , Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 37, 7-14.

<sup>21</sup> JANSEN G., LINNEMEIER A., NITZSCHE M. (1995) „Methodenkritische Überlegungen und Empfehlungen zur Bewertung von Nachtfluglärm“ , Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 42, 91-106.

<sup>22</sup> Berglund B., Lindvall Th. (1995): Community Noise. Document prepared for the World Health Organisation. Stockholm University and Karolinska Institute.

<sup>23</sup> FIDELL S. et al. (1995) „Field study of noise-induced sleep disturbance“ , J. Acoust. Soc. Am. 98 (2), 1025-1033.

<sup>24</sup> OLIVA C., HOFMANN R., KRUEGER H., MELONI T., RABINOWITZ J. (1993) „Gêne due au bruit des avions dans le voisinage des aéroports nationaux suisses“ , Médecine et Hygiène, 51, 1806-1808.



#### Exposition au bruit du trafic aérien / du trafic routier en $L_{eq}$ [dB(A)]<sup>25</sup>

**Figure 4.1** Comparaison de la gêne due au bruit du trafic aérien et au bruit du trafic routier devant la maison. Pourcentage des personnes qui se sentent fortement gênées par le bruit du trafic aérien (N = 431) et par le bruit du trafic routier (N = 290) devant la maison par rapport à l'exposition au bruit extérieur.

**Figure 4.2** Comparaison de la gêne due au bruit du trafic aérien et au bruit du trafic routier dans l'habitation. Pourcentage des personnes qui se sentent fortement gênées par le bruit du trafic aérien (N = 424) et par le bruit du trafic routier (N = 399) dans l'habitation par rapport à l'exposition au bruit extérieur.

<sup>25</sup> Les expositions au bruit représentées dans les figures 4.1 et 4.2 correspondent chaque fois à une fourchette de 3 décibels: 50 dB(A) recouvrent p. ex. la fourchette allant de 49 à 51 dB(A), alors que 53 dB(A) correspondent à la fourchette allant de 52 à 54 dB(A), etc.

La figure 4.1. présente la comparaison de la gêne due au bruit du trafic aérien et de la circulation routière devant les habitations. L'exposition aux deux sources de bruit est mesurée en  $L_{eq}$  [dB(A)], la gêne est exprimée en tant que pourcentage des personnes qui perçoivent la source de bruit comme étant très gênante. Jusqu'à un  $L_{eq}$  de 59 dB(A), le nombre de personnes qui se sentent fortement gênées par le bruit des avions ou de la rue est environ le même; ensuite la gêne provoquée par le bruit de l'aviation est plus forte que celle provoquée par la circulation. Pour les niveaux d'exposition bas et moyen des deux sources de bruit, le bruit de l'aviation ne domine pas le bruit de la circulation, ni inversement. Pour des degrés d'exposition de 62, 65 et 68 dB(A), les immissions des avions sont perçues comme un peu plus gênantes que les immissions de la circulation (les différences ne sont toutefois pas significatives du point de vue statistique <sup>26</sup>).

La figure 4.2. montre la gêne provoquée par le bruit de l'aviation et de la circulation routière dans les habitations. Les pourcentages sont à peu près les mêmes pour 62 et 65 dB(A) (différence statistiquement non significative <sup>26</sup> ). Jusqu'à une exposition de 59 dB(A), le nombre de personnes qui se sentent très gênées par le bruit de la circulation est un peu plus élevé que pour le bruit de l'aviation (différence statistiquement significative <sup>26</sup> ).

Tant pour le bruit de la circulation que pour le bruit de l'aviation, le seuil des 25% des personnes qui se sentent fortement gênées est dépassé entre 59 et 62 dB(A); il faut donc considérer ces deux sources de bruit comme égales à cet égard. La raison pour laquelle il existe peu de différence entre 62 et 65 dB(A) est probablement due au fait que dans les zones exposées au bruit de l'aviation, des mesures de lutte contre le bruit sont prises à partir de 65 dB(A), et qu'en raison de cette protection, une exposition de 65 dB(A) n'est pas ressentie comme plus gênante qu'une exposition de 62 dB(A). Dans l'ensemble, l'étude sur le bruit '90 établit la relation suivante entre l'exposition au bruit comprise sous forme de  $L_{eq}$  et la probabilité qu'une personne exposée à ce niveau sonore se considère comme "fortement gênée par le bruit de l'aviation" dans son logement :

$$y = -1.277 + 0.025 L_{eq}$$

(ex. : pour un  $L_{eq}$  de 62 dB(A), environ 27 personnes sur 100 se sentent fortement gênés).

Lorsque l'on compare l'effet perturbateur du bruit routier et de l'aviation, divers aspects doivent être pris en considération – plus particulièrement le lieu de séjour des personnes concernées (devant la maison ou dans l'habitation) de même que les autres bruits dans le quartier de façon générale. Les résultats de l'étude sur le bruit '90 montrent que dans l'ensemble, les perturbations dues au bruit du trafic aérien doivent être considérées comme égales à celles qui sont provoquées par la circulation routière.

En outre, on a constaté que la perception de l'exposition au bruit du trafic aérien est indépendante de l'exposition à la circulation routière au lieu d'habitation et est également indépendante des caractéristiques régionales. Dans la région de l'aéroport de Genève-Cointrin, la perception de la gêne était la même que dans la région de l'aéroport de Zurich. Les résultats des enquêtes actuelles ont été comparés à ceux de l'étude de 1971 : le même effet gênant dû au bruit du trafic aérien est ressenti pour la même exposition.

La relation entre les perturbations dues au bruit du trafic aérien et les mesures acoustiques a déjà fait l'objet de nombreuses études. Dans un travail publié récemment, Kalveran <sup>27</sup> parvient à la conclusion que les mesures de bruit physiques habituelles utilisées à l'heure actuelle suffisent si l'on veut prédire les valeurs moyennes de gêne des groupes touchés.

---

<sup>26</sup> Selon une contribution non publiée de C. Oliva.

<sup>27</sup> KALVERAN K.T. (1995) "Psychologische Test-Theorie und der Zusammenhang zwischen physikalischer Schallenergie-Dosis und Belästigungswirkung", Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 42, 131-140.

### 4.3 Effets pendant la nuit

Dans des études réalisées en laboratoire et sur le terrain, les effets suivants ont été observés à la suite de l'exposition au bruit : modifications de la structure du sommeil (entre autres réduction du sommeil profond et augmentation du sommeil léger), réactions de réveil, modifications cardio-vasculaires, changements des sécrétions hormonales et des mouvements du corps pendant le sommeil. Diverses études font ressortir que le seuil de réveil permet d'évaluer les troubles du sommeil. Il convient à ce propos de se rappeler qu'une altération de la profondeur du sommeil, de même que des réactions du système végétatif, peuvent déjà se présenter à des niveaux acoustiques faibles.

Un rapport publié récemment par un groupe de travail de l'"Airport Council International" (ACI) <sup>28</sup> présente une vue d'ensemble des seuils mentionnés dans plusieurs études pour les réactions de réveil. Ils dépendent des pointes sonores ( $L_{max}$ ) et de la fréquence des événements acoustiques.

Si on compare les résultats existants, il faut tenir compte des conditions d'essai et du choix des personnes de même que des différences individuelles dans les réactions observées. Le lieu de mesure acoustique est également déterminant : la mesure a lieu en principe auprès de la personne considérée, c'est-à-dire dans la pièce. On tient compte des différences suivantes entre le niveau acoustique calculé dans la pièce et le niveau acoustique extérieur : si la fenêtre est fermée, 25 dB(A), et si la fenêtre est entrouverte (pour assurer une aération suffisante), 15 dB(A). Il s'agit de valeurs moyennes; des écarts de quelques dB(A) sont possibles en fonction de la taille des pièces et de la positions des fenêtres. Le calcul du niveau extérieur sur la base de la réaction observée pour un certain niveau dans la pièce se fonde dans la plupart des études sur une différence de 15 dB(A) <sup>29</sup> – donc sur la présence d'une fenêtre entrouverte.

#### Etudes de laboratoire

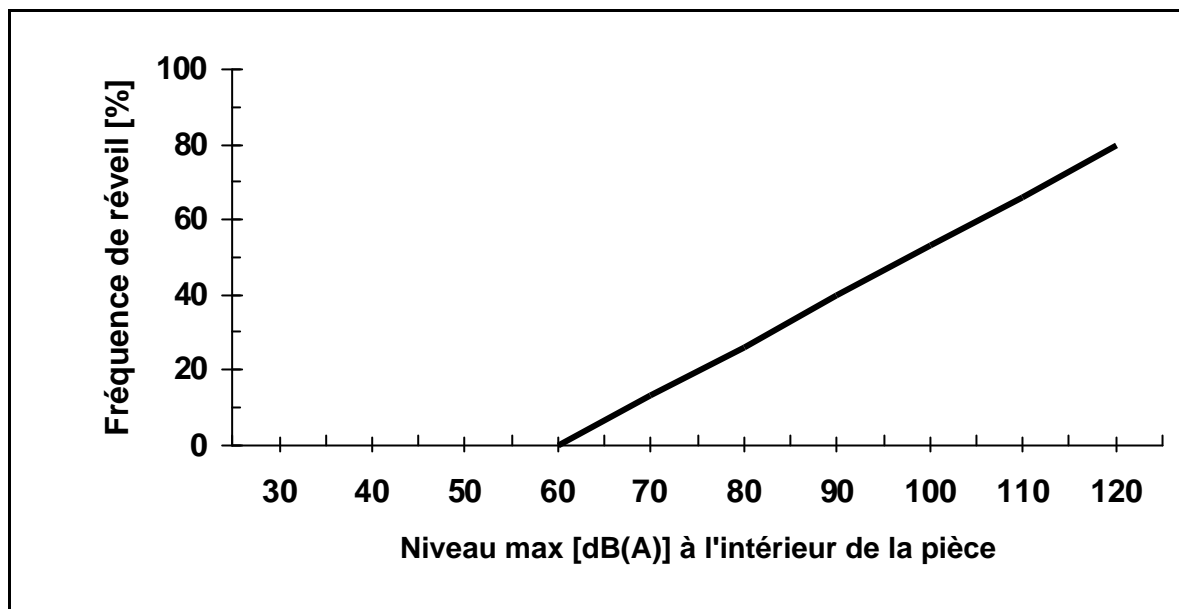
Conformément à l'aperçu donné par le rapport de l'ACI, des perturbations du sommeil (modifications de la structure du sommeil) ont été observées pour des valeurs  $L_{max}$  à l'intérieur d'une pièce à partir de 40 à 45 dB(A). Des réactions de réveil se présentaient à partir de valeurs  $L_{max}$  d'environ 55 dB(A) (niveau acoustique dans la pièce), respectivement d'environ 70 dB(A) (niveau acoustique extérieur). Griefahn <sup>30</sup> fixe un seuil critique pour les événements sonores uniques à un  $L_{max}$  de 61 dB(A) et pour six événements acoustiques des valeurs  $L_{max}$  de 55 dB(A). Elle tient compte à cet égard de la phase de sommeil la plus sensible de même que de la sensibilité plus élevée des personnes âgées. D'après les calculs de Griefahn, un niveau maximum de 55 dB(A) ne doit pas être dépassé si l'on veut éviter une altération des phases du sommeil profond, à savoir environ 6 dB(A) en dessous de la valeur maximale pour les réactions de réveil. Jansen <sup>29</sup> fixe la valeur critique de  $L_{max}$  pour les réactions de réveil à 60 dB(A) en précisant que pour six événements acoustiques ou davantage il faut s'attendre à un réveil dû au bruit.

---

<sup>28</sup> „ACI TASK FORCE REPORT (1993)“, Night Sleep Disturbance.

<sup>29</sup> JANSEN G., LINNEMEIER A., NITZSCHE M. (1995) „Methodenkritische Überlegungen und Empfehlungen zur Bewertung von Nachtfluglärm“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 42, 91-106.

<sup>30</sup> GRIEFAHN B. (1990) „Präventivmedizinische Vorschläge für den nächtlichen Schallschutz“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 37, 7-14.



**Figure 4.3** Perturbations du sommeil dues au bruit – fréquence de réveil en % et niveau sonore à l'intérieur de la pièce.

Les "rapports doses-effets" de 10 études de laboratoire présentent les pourcentages de réactions de réveil par rapport au niveau maximum (selon Griefahn).

Une valeur  $L_{\max}$  de 60 dB(A) dans la pièce correspond, si la fenêtre reste entrouverte, à un niveau extérieur de 75 dB(A). Si le niveau acoustique ( $L_{\max}$ ) se situe au-dessus de 60 dB(A) dans la pièce, la fréquence de réveil par rapport au niveau acoustique augmente. Les "rapports doses-effets" ressortant des dix études sont indiquées à la figure 4.3. et présentent le nombre de réactions de réveil <sup>31</sup>. Ces données sont des valeurs moyennes qui ont été calculées sur la base des résultats des études de laboratoire.

### Etudes de terrain

Une étude américaine <sup>32</sup> propose une formule permettant de calculer la probabilité de réveil en fonction de la teneur en énergie d'un survol (SEL). La conversion du SEL en  $L_{\max}$  (voir annexe A2.1) donne une probabilité de réveil d'environ 1% pour un  $L_{\max}$  de 58 dB(A) à l'intérieur de la pièce. A ce propos, il faut relever que l'augmentation de la réaction de réveil en fonction du niveau acoustique est sensiblement plus faible que dans les études de laboratoire.

Une étude de terrain anglaise <sup>33</sup> n'a relevé aucun trouble du sommeil jusqu'à des niveaux maximaux ( $L_{\max}$ ) de 80 dB(A); une probabilité de réaction de réveil de 1:75 a été calculée pour des pointes acoustiques situées entre 80 et 95 dB(A).

Une étude de terrain réalisée dans la zone de l'aéroport de Berlin-Tegel a analysé l'influence du bruit des vols de nuit sur le vécu du sommeil <sup>34</sup>. L'exposition au bruit du trafic aérien

<sup>31</sup> GRIEFAHN B. (1990) „Präventivmedizinische Vorschläge für den nächtlichen Schallschutz“ , Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 37, 7-14.

<sup>32</sup> FIDELL S., Pearsons K., Howe R., Tabachnick B., Silvati L., Barber D.S. (1993) „Noise-induced sleep disturbance in residential settings“ , Technical Report No. HSC-TR-94, BBN Systems and Technologies, Canoga Park, CA.

<sup>33</sup> OLLERHEAD J.B., JONES C.J. (1993) „Aircraft Noise and Sleep Disturbance“ , an UK Field Study.

<sup>34</sup> MASCHKE C., ARNDT D., ISING H., LAUDE G., THERFELDER W. AND CONTZEN S. (1995) „Nachfluglärmwirkungen auf Anwohner“ , Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 96, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

nocturne (installations de mesure acoustique dans les chambres à coucher des personnes qui ont participé à l'enquête) a eu pour résultat dans l'ensemble une dégradation sensible de la qualité subjective du sommeil (environ 30%) pour un niveau de survol de 55 ou 65 dB(A) par rapport aux nuits passées dans des conditions acoustiques habituelles; le bien-être était réduit de plus de 60% et le réveil mémorisé a augmenté de plus de 80%. L'augmentation du niveau acoustique de survol de 55 à 65 dB(A) a conduit à une dégradation significative, mais dans l'ensemble faible, de la qualité du sommeil. Lors de survol nocturne, on a constaté un bien-être matinal réduit et un réveil mémorisé accru, indépendamment du niveau acoustique du survol et du nombre de vols.

## 4.4 Résumé

Les résultats d'un grand nombre d'enquêtes présentent une relation entre les perturbations ressenties subjectivement et l'exposition au bruit du trafic aérien. Dans l'étude sur le bruit '90, plus de 25% des personnes étaient fortement perturbées par le bruit du trafic aérien de jour (entre 6 et 22h) pour des niveaux d'exposition (valeur extérieure) entre  $L_{eq}$  59 dB(A) et 62 dB(A).

Dans l'ensemble, les résultats de l'étude sur le bruit '90 permettent de dire que le bruit du trafic aérien est aussi gênant le jour que le bruit de la circulation routière. Les personnes interrogées pouvaient à chaque fois distinguer clairement les sources de bruit; c'est-à-dire qu'elles pouvaient évaluer séparément les deux sources de bruit.

En outre, une comparaison avec une étude réalisée en 1971 n'a pas présenté de différences à propos de la gêne perçue pour les mêmes expositions, c'est-à-dire que la sensibilité au bruit de la population n'a ni baissé, ni augmenté au cours des 25 dernières années.

La nuit (de 22 à 6h), les réactions de réveil donnent des indications importantes pour évaluer dans quelle mesure la qualité du sommeil est affectée. Ces perturbations sont considérées comme particulièrement gênantes (art. 15 LPE). Un  $L_{max}$  de 60 dB(A) à l'intérieur de la pièce représente un seuil critique pour les réactions de réveil (art. 13, 2<sup>e</sup> al. LPE). Il faut tenir compte non seulement des niveaux maximaux mais également du nombre d'événements acoustiques.





## 5 Niveaux d'évaluation du bruit de l'aviation dans le voisinage des aéroports nationaux

D'après la Loi sur la protection de l'environnement, les valeurs limites d'immissions s'appliquant au bruit sont fixées de manière que, selon l'état de la science et l'expérience, les immissions inférieures à ces valeurs ne gênent pas de manière sensible la population dans son bien-être <sup>35</sup>. Les valeurs limites permettent donc de limiter les effets dommageables ainsi que les effets perturbants <sup>36</sup>.

Comme la gêne, en tant que réaction subjective, n'est pas mesurable avec des instruments, on a besoin d'une **mesure d'exposition** acoustique qui permet de "refléter" la gêne dans la mesure du possible. Jusqu'à présent on a utilisé le Noise and Number Index NNI <sup>37</sup> pour mesurer l'exposition en Suisse. A partir de maintenant, c'est le niveau d'évaluation  $L_r$  qui doit être utilisé sur la base du niveau moyen  $L_{eq}$  <sup>38</sup>.

Les réflexions suivantes expliquent ce choix :

- La charge de bruit du trafic aérien s'est modifiée en raison de progrès technologiques. Les niveaux de pointe sont plus petits; par contre le nombre des mouvements a augmenté. Mais comme le NNI ne compte que les événements sonores ayant un niveau de pointe  $L_{max}$  de plus de 68 dB(A) <sup>39</sup>, une partie des mouvements du trafic aérien n'est pas prise en considération à l'heure actuelle. Il est vrai que dans le NNI le nombre de mouvements est pondéré davantage que dans le  $L_{eq}$ . En outre, on ne tient pas compte dans le NNI de la durée des événements sonores, ce qui doit être considéré comme une lacune.
- Le  $L_{eq}$  représente aujourd'hui une technique de mesure sûre, contrairement à la situation qui régnait en 1970. Il n'y a donc aucune raison de ne pas suivre l'évolution internationale qui va clairement dans le sens du  $L_{eq}$ , d'autant plus que depuis 1986 il représente également la mesure de base pour la plupart des autres bruits couverts par l'OPB. La normalisation européenne et internationale a choisi le  $L_{eq}$  comme base de mesure.
- On sait qu'une mesure de bruit ne peut "refléter" qu'approximativement la gêne ressentie (voir chapitre 4). En fait, le rapport exposition/gêne approximatif à proximité des aéroports peut être exprimé aussi bien par le NNI que par le  $L_{eq}$ . Par contre, le  $L_{eq}$  est mieux à même de donner un niveau d'évaluation pour de plus grandes distances.

Comme il ressort du chapitre 4, il convient d'établir une distinction entre un niveau d'évaluation pour le jour (chap. 5.1) et pour la nuit (chap. 5.2), en raison de l'effet variable sur les êtres humains.

---

<sup>35</sup> (Art. 15 LPE). Voir aussi le chapitre 4.

<sup>36</sup> Art. 13, 1<sup>er</sup> al. LPE.

<sup>37</sup> Définition: voir paragraphe 3.2.2 et annexe A2.

<sup>38</sup> A la place du terme « niveau moyen », on utilise également « niveau acoustique continu équivalent », qui a mené à l'abréviation  $L_{eq}$ . Lorsque cela n'est pas précisé, tous les niveaux sonores sont estimés selon la pondération A.

<sup>39</sup> Dans la définition originale de « Perceived Noise Level PNL », le seuil est fixé à 80 PNdB, ce qui correspond à environ 68 dB(A).

## 5.1 Le niveau d'évaluation $L_r$ de jour

L'étude sur le bruit '90 représente une base scientifique fiable pour mesurer les rapports existants entre l'exposition au bruit acoustique et la perception et l'évaluation de telles immissions extérieures par la population. Cette étude présente l'avantage d'avoir été réalisée à Genève et Zurich, c'est-à-dire là où les valeurs limites devront ensuite s'appliquer. Elle établit que le  $L_{eq}$  représente une mesure du bruit suffisamment fiable pour évaluer la gêne ressentie.

Comme pour le trafic routier et ferroviaire aux termes de l'OPB, le jour acoustique pour le bruit du trafic aérien s'étend de 6 à 22 h, soit sur 16 heures. Le niveau d'évaluation se calcule de la façon suivante :

$$L_r = L_{eq16} + K$$

Le  $L_{eq16}$  est la valeur moyenne énergétique qui est calculé sur la base de la somme de tous les apports d'intensité cumulés en un lieu en moyenne pendant les 16 heures de la journée, sur une année. La correction de niveau  $K$  est fixée à zéro ( $K = 0$ ) dans la mesure où une comparaison peut être établie avec le bruit de la circulation routière (voir chap. 4.2). Le niveau d'évaluation  $L_r$  est donc identique pour le jour avec le  $L_{eq}$  de 16 heures ( $L_{eq16}$ ). Les niveaux des survols individuels sont calculés en tenant compte du type d'avion, de la route aérienne et du lieu de réception <sup>40</sup>. Des mesures ne sont effectuées qu'à des fins de contrôles locaux et de surveillance d'exploitation.

## 5.2 Le niveau d'évaluation $L_r$ pour la nuit

Le niveau d'évaluation  $L_r$  pour la nuit doit aussi éviter de fortes perturbations nocturnes. Cela comprend les dérangements ainsi que des réactions de réveil qui sont particulièrement importantes (voir chapitre 4.3).

En l'état, la période journalière nocturne est soumise à l'Ordonnance sur l'infrastructure aéronautique (OSIA) qui précise que la plus grande réserve doit être observée à propos de l'autorisation de décollages et d'atterrissages entre 22 et 6 h, indépendamment du volume de trafic. Sur cette base, les règlements d'exploitation des aéroports de Zurich et Genève prévoient pratiquement la même **fermeture nocturne**. Des décollages et atterrissages entre 22 et 24 h, sont autorisés pour les vols de ligne dans le cadre des autorisations de plans de vol et d'autres autorisations supplémentaires <sup>41</sup>. Les retards sont admis sans autorisation spéciale jusqu'à 00h30, et qu'en cas d'urgence entre 0030 et 5 h <sup>42</sup>. Seuls les atterrissages sont autorisés entre 5 et 6 h pour le trafic de lignes. La réglementation qui s'applique au trafic commercial hors des lignes (charter) est plus stricte. Seuls les mouvements de nuit entre 22 et 23 h sont autorisés, avec une tolérance de 30 minutes pour les retards. Le trafic privé est exclu toute la nuit.

---

<sup>40</sup> Le calcul suit sur la procédure FLULA-2 développée à l'EMPA/LFEM sur la base de nombreuses mesures.

<sup>41</sup> Les plans de vol et les autorisations sont soumis à l'approbation de l'Office fédéral de l'aviation civile.

<sup>42</sup> Notamment les vols-ambulances et les vols de sauvetage, ainsi que les atterrissages forcés.

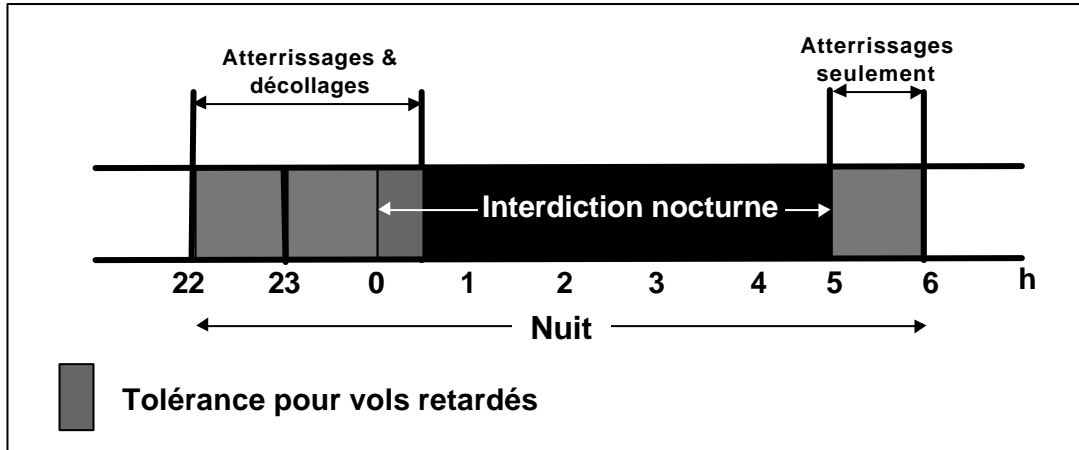


Figure 5.1 Trafic de lignes pendant la nuit.

La Commission recommande expressément de maintenir la fermeture nocturne existante de 0 à 5 h, heure locale, y compris la réglementation pour les retards. Elle renonce à ces conditions à la définition d'un niveau d'évaluation et à la fixation de valeurs limites pour la période s'étendant de minuit à 5 h.

Pour les autres heures de la nuit, un niveau d'évaluation est défini conformément à la procédure suivie de jour de la façon suivante :

$$L_r = L_{eq} + K \text{ (avec } K = 0 \text{)}$$

Ici aussi, la correction est égale à zéro. On tient compte du besoin de calme accru en fixant une valeur limite plus basse <sup>43</sup>. Cependant, comme la nuit, il s'agit non seulement de limiter la gêne, mais aussi d'éviter dans la mesure du possible les réactions de réveil dues au bruit, la période de référence pour la définition d'un  $L_{eq}$  est réduite à une heure ( $L_{eq} - 1$  heure).

Les réflexions suivantes expliquent ce choix : entre le niveau SEL <sup>44</sup> et le niveau maximum d'un seul survol, il existe un rapport direct approximatif qui résulte de la géométrie de la voie aérienne. Comme le niveau SEL constitue la base de calcul du  $L_{eq}$ , le rapport se transfère aussi au  $L_{eq}$ . Cependant, si le temps de référence est long, par exemple 16 heures d'une journée, et le nombre de mouvements élevé, on ne peut déduire du  $L_{eq}$  que le niveau maximal moyen. De grandes variations sont possibles et usuelles.

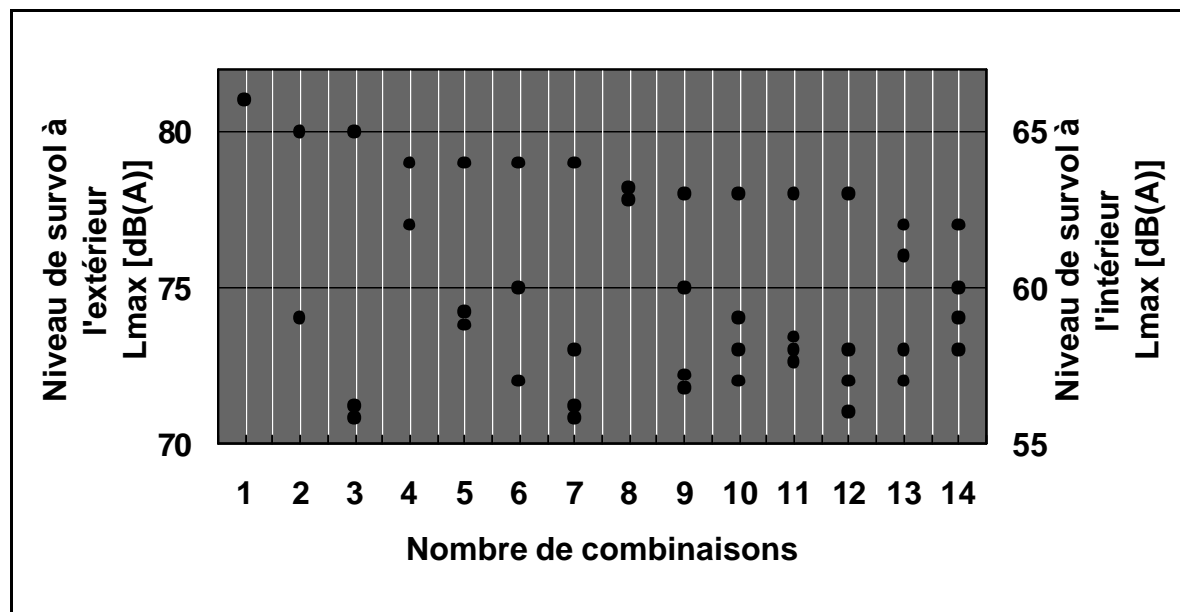
Cela change plus on choisit une durée de référence courte. Comme le bruit du trafic aérien se présente pour ainsi dire par paquets, un  $L_{eq}$  pour une durée courte permet de mesurer non seulement l'intensité acoustique moyenne, mais donne en même temps des indications sur le plus gros événement unique possible pendant ce laps de temps, soit l'événement qui rassemble toute l'énergie en un seul paquet. Dans certaines circonstances, le  $L_{eq}$  est donc à la fois la mesure moyenne et la mesure maximale. Seule la durée choisie permet de déterminer dans quelle mesure ce compromis fonctionne.

Si on examine les choses de plus près, on se rend compte que la durée d'une heure peut être considérée comme un compromis acceptable. Comme les 5 heures de la nuit, de 0 à 5 h ne nécessitent pas de valeur limite, il en reste 3 à considérer séparément. L'avantage de cette procédure par rapport à un  $L_{eq}$  de 8 heures ou de 3 heures réside dans la limitation plus efficace du niveau maximum, indispensable pour éviter les réactions de réveil.

<sup>43</sup> Pour des valeurs chiffrées, voir le chapitre 6.

<sup>44</sup> Voir annexe A2.1.

L'importance de la procédure ressort clairement en étudiant la figure 5.2. Elle montre sur la base d'une série d'exemples quels sont les niveaux de survol maximum acceptables pendant une heure si le  $L_{eq}$  est fixé à 55 dB pendant cette heure.



**Figure 5.2** Nombre de combinaisons de niveaux de survol qui donnent ensemble un  $L_{eq}$  d'une heure de 55 dB(A). Plus le nombre de survols par heure est élevé, plus bas est le niveau maximal acceptable. Exemple : la combinaison 5 comprend 3 survols d'un niveau maximum de  $L_{max}$  79, 74 et 73,5 dB(A).

Si l'on établit comme limite un  $L_{eq}$  d'une heure égal à 55 dB(A), cela exclut manifestement des survols de plus de 81 dB(A) de niveau de pointe. Pour une durée de référence courte, le  $L_{eq}$  fonctionne donc non seulement comme mesure de valeur moyenne, mais peut également être utilisé pour limiter les pointes. (Pour un  $L_{eq}$  d'une heure de 50 dB(A), respectivement de 60 dB(A), les niveaux de pointe sont aussi de 5 dB(A) inférieurs, respectivement supérieurs).

Nous proposons une moyenne annuelle d'un  $L_{eq}$  d'une heure comme valeur de référence pour tenir compte de l'exécution, des possibilités de calcul, et de la légalité relative au trafic aérien (p. ex. irrégularités dues à la météorologie). Les résultats quotidiens fluctueront davantage la nuit que le jour, puisque un nombre beaucoup plus faible d'avions contribue à ces valeurs. Par conséquent, les variations saisonnières influencent davantage le résultat, ce qui permet d'accepter une valeur moyenne annuelle.

## 6 Valeurs limites d'exposition applicables au bruit des aéroports nationaux

### 6.1 Proposition de valeur limite de la Commission

Conformément à l'article 15 LPE, les valeurs limites d'immission doivent être fixées de telle sorte que, selon l'état de la science et l'expérience, les immissions inférieures à ces valeurs ne gênent pas de manière sensible la population dans son bien-être.

En se fondant sur ce critère juridique établi, la Commission propose, après avoir examiné les variantes évaluées par le Groupe de travail <sup>45</sup>, des valeurs limites d'exposition qui tiennent compte des résultats et postulats suivants :

- Elles prennent en considération le même effet gênant global du trafic routier et du trafic aérien pendant la journée.
- Elles empêchent une gêne nocturne importante en limitant les réactions de réveil dues au bruit entre 22 et 24 h et entre 5 et 6 h, et en continuant d'appliquer le règlement actuellement en vigueur pour les vols de nuit.
- Elles tiennent compte des conséquences financières et d'aménagement du territoire.

La Commission propose un schéma de valeur limite qui correspond à celui de la variante A du Groupe de travail. Elle l'a développé en une variante K qui tient compte non seulement de l'aspect central de la protection de la santé, mais également de l'étendue des restrictions qui en résultent pour la construction. Ces restrictions restent compatibles avec l'article 15 de la LPE si les valeurs limites de l'exposition nocturne pour la première heure de la nuit (22 – 23 h) sont relevées de 5 dB pour le degré de sensibilité II.

**Tableau 6.1** Proposition de valeur limite d'exposition de la Commission (variante K).

Le niveau d'évaluation  $L_r$  est calculé pour le jour (16 heures) avec le niveau moyen  $L_{eq}$ . Pour la nuit,  $L_r$  est calculé et évalué séparément avec le  $L_{eq}$  d'une heure pour limiter les valeurs de pointe pour chacune des périodes de 22-23 h, 23-24 h\*\* et 5-6 h. Le temps utilisé pour la moyenne est chaque fois d'une heure.

<b>Valeurs limites d'exposition au bruit des aéroports nationaux</b>						
Degré de sensibilité (Art. 43 OPB)	Valeur de planification $L_r$ en dB(A)		Valeur limite d'immission $L_r$ en dB(A)		Valeur d'alarme $L_r$ en dB(A)	
	Jour	Nuit *	Jour	Nuit *	Jour	Nuit *
I	50	40	55	45	60	55
II	55	50/45***	60	55/50***	65	65/60***
III	60	50	65	55	70	65
IV	65	55	70	60	75	70

\* la nuit est divisée en trois heures : 22-23, 23-24\*\* et 5-6 h

\*\* les vols retardés peuvent atterrir et décoller jusqu'à 00.30 h; mais ils sont attribués à la deuxième heure de la nuit

\*\*\* la valeur supérieure vaut pour la première heure nocturne de 22-23 h

<sup>45</sup> Variantes A à D: voir annexe A3.

La Commission motive sa proposition de la façon suivante :

- La variante K assure un niveau de protection élevé pour la population touchée. La protection est surtout importante dans les zones d'habitation pure (degré de sensibilité II), là où la demande de protection est également la plus élevée. Ce faisant, la Commission s'est bien rendu compte que l'exploitation des aéroports nationaux utilisera les allègements possibles en raison des valeurs limites relativement basses que représente cette variante. Cependant, la meilleure protection de la population contre le bruit de l'aviation est assurée car des allègements ne peuvent être accordés qu'en tenant compte des intérêts en présence. Cette pesée des intérêts en présence aura lieu très tôt car la variante proposée prend pour référence un niveau de bruit plus bas. Les valeurs limites de la deuxième et de la dernière heure nocturne qui sont abaissées de 5 dB permettent un calme nocturne plus long sans perturbation.
- La variante K tient compte du fait que l'effet gênant de la circulation routière et du trafic aérien est considéré comme égal dans le sens où les valeurs limites de planification et d'immission pour le jour des deux sortes de bruit concordent. On tient ainsi compte du principe de l'égalité de traitement des diverses sources de bruit et des critères de l'article 15 LPE.
- Les valeurs d'alarme des degrés de sensibilité I et II sont de 5 dB inférieures au bruit du trafic routier, parce que les mesures d'assainissement à la source et dans la zone de propagation ne sont pas si faciles à réaliser pour le bruit du trafic aérien. C'est pourquoi les mesures d'isolation acoustique de substitution qui doivent être prises lors de dépassement des valeurs d'alarme revêtent une importance toute particulière.
- L'attribution claire des valeurs limites d'exposition aux degrés de sensibilité II et III est en harmonie avec les critères d'affectation de l'aménagement du territoire. La protection contre le bruit s'accorde ainsi avec le règlement sur l'affectation des sols.
- La Commission est consciente du fait que les valeurs limites basses du degré de sensibilité II incitent dans une certaine mesure à vouloir déclasser une partie des zones du degré de sensibilité II au degré de sensibilité III. Le danger d'une réduction de la protection contre le bruit de l'aviation et d'autres sortes de bruit s'en trouve accru. Ce danger est cependant réduit dans la mesure où l'attribution des degrés de sensibilité à proximité des aéroports nationaux est largement réalisée.
- Dans la mesure où l'exploitation future des aéroports nationaux demandera des allègements, conduisant à des expositions au bruit dépassant les valeurs limites (VA/VLI), la variante K offre une protection suffisante de la population par l'installation de fenêtres antibruit.
- Le montant des indemnités éventuelles à verser en cas d'expropriation due à une exposition excessive au bruit le jour augmente à peine avec la variante K par rapport à la pratique actuelle du Tribunal fédéral, puisque ce dernier a fondé les décisions qu'il a prises jusqu'à présent sur des valeurs qui correspondent aux valeurs limites de la variante K.
- Des études scientifiques montrent que les réactions de réveil la nuit doivent être prises en considération. Cela peut se faire en limitant le niveau de pointe. L'évaluation du bruit des vols de nuit à un  $L_{eq}$  d'une heure (durée moyenne sur 60 minutes pour 22-23 h, 23-24 h et 5-6 h) limitent également le niveau de pointe et évitent ainsi des réactions de réveil. Les réactions de réveil sont exclues si l'on applique une valeur limite de 50 dB(A) pour un  $L_{eq}$  d'une heure (c'est-à-dire 0 % de réaction de réveil).

Les raisons suivantes ont conduit à des valeurs limites différentes pour la nuit :

Une valeur limite de 55 dB(A) provoque en moyenne 5 % de réactions de réveil la nuit. C'est acceptable pour la première heure de la nuit, car seule une partie de la population dort déjà à ce moment-là. C'est ainsi que les mêmes valeurs limites d'exposition s'appliquent à la première heure de la nuit pour les degrés de sensibilité II et III. Les valeurs limites du degré de sensibilité II plus sévères de 5 dB pour la deuxième et la dernière heures nocturnes doivent donc garantir un calme nocturne aussi long que possible, en tenant évidemment compte de l'interdiction de voler la nuit.

## 6.2 Valeurs limites d'exposition étrangères

Même si les réglementations en la matière se ressemblent en principe, les immissions sonores sont mesurées, évaluées et jugées différemment selon les pays. Une comparaison directe des valeurs limites n'est donc pas possible sans autre. Il n'existe pas de procédure de calcul simple permettant de comparer directement ces valeurs limites. Les comparaisons ne sont donc possibles que sur la base d'exemples concrets.

L'**Allemagne** utilise un niveau d'équivalence, "l'indice de gêne Q", d'après la loi allemande sur le bruit de l'aviation. Il s'agit d'une procédure qui se situe entre le  $L_{eq}$  et le NNI et tient compte plus que proportionnellement du nombre de mouvements. (A la place de Q on utilise souvent la désignation  $L_{eq4}$ , ce qui prête à de nombreuses confusions avec le  $L_{eq}$ ). Deux valeurs sont calculées, l'une uniquement pour le jour, l'autre pour une combinaison du jour et de la nuit; la valeur la plus élevée des deux est déterminante.

La **France** a une réglementation légale qui se fonde sur l'indice psychique R qui représente une mesure d'ensemble sur 24 heures. Du point de vue méthodologique, il évolue entre le NNI et le  $L_{eq}$ . Les mouvements de vols nocturnes sont inclus avec une pondération de 10.

Aux **Pays-Bas**, on applique "le Kosten-indice". Il ressemble à l'indice de gêne allemand et est un niveau d'équivalence non énergétique pondérant très largement le nombre de mouvements. En outre, chaque partie de la journée se voit attribuer une pondération précise. La pondération 1 vaut de 8 à 18 h, la pondération 10 de 23 à 6 h, les autres heures ayant une pondération située entre 2 et 8. (La Norvège suit le système de pondération hollandais, mais utilise dans ses calculs un  $L_{eq}$  purement énergétique. Le Danemark n'utilise que trois pondérations pour le jour, le soir et la nuit, également en utilisant un  $L_{eq}$  purement énergétique).

La **Grande-Bretagne** a longtemps appliqué le NNI comme la Suisse, mais est passée il y a quelques années au  $L_{eq}$  pour le jour de 7 à 23 h, sans tenir autrement compte des mouvements nocturnes.

Les différences des effets des valeurs limites sont encore plus importantes que la détermination de l'exposition. Elles vont de recommandations aux autorités locales qui doivent en tenir compte dans leurs négociations avec les aéroports jusqu'à des lois nationales contraignantes. Il serait possible de procéder à une comparaison plus sûre si l'on pouvait aussi documenter précisément l'application pratique dans les divers pays.

Si l'on compare grossièrement les diverses réglementations nationales, on constate de grandes différences (cf. annexe A2.2, tableau A2.3).

Alors qu'en Allemagne, à partir d'un  $L_{eq16}$  d'environ 75 dB, il est prescrit de munir les logements existants d'une isolation acoustique, aux Pays-Bas il est interdit de construire des logements à de telles expositions. En Suisse, jusqu'à présent, l'utilisation des logements existants était autorisée jusqu'à la limite supérieure de la zone de bruit B (qui correspond à une valeur  $L_{eq}$  de 78 à 80 dB), sans exiger ni payer des mesures d'isolation acoustique pour

les bâtiments déjà existants. La Hollande a manifestement une réglementation qui garantit le mieux la protection de la population touchée.



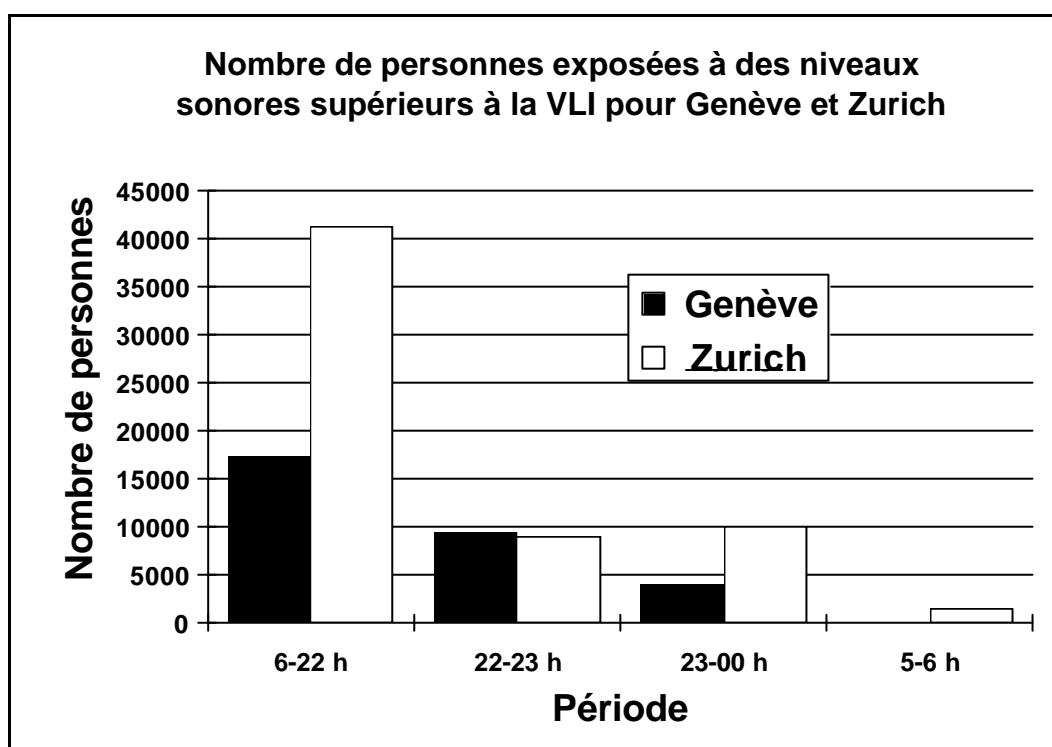
## 7 Etendue et conséquences financières de l'exposition au bruit de l'aviation

La fixation de valeurs limites permet d'évaluer le nombre de personnes touchées qui sont exposées à des niveaux sonores dépassant les valeurs limites. Cela permet également de déterminer l'étendue des assainissements nécessaires, les mesures d'isolation acoustique requises pour les bâtiments, l'incidence sur la construction et l'aménagement du territoire, de même que les conséquences financières liées au bruit.

Les effets des valeurs limites d'exposition de la variante K sont présentés ci-après <sup>46</sup>.

L'évaluation et les estimations financières se fondent sur l'exposition au bruit de l'aviation en 1994.

### 7.1 Nombre de personnes exposées à des niveaux sonores supérieurs à la VLI



**Figure 7.1** Nombre de personnes exposées à des niveaux sonores supérieurs aux valeurs limites dans les environs des aéroports de Genève-Cointrin et de Zurich-Kloten.

<sup>46</sup> Les conséquences des variantes A à D sont présentées à l'annexe A4 pour permettre une comparaison.

Onze communes suisses sont situées aux alentours de l'aéroport de Genève-Cointrin (sans compter la ville de Genève <sup>47</sup>), ce qui représente une population totale d'environ 84 000 personnes. Environ 50 % de cette population vit dans le DS II, 46 % dans le DS III et 4 % dans le DS IV. La commune de Vernier est la plus importante, elle compte 28 000 habitants, et Aire-la-Ville la plus petite avec 440 habitants seulement.

Vingt-six communes suisses (sans la ville de Zurich <sup>47</sup>) se trouvent dans les environs de l'aéroport de Zurich-Kloten, ce qui représente une population totale d'environ 112 000 habitants. Environ 68 % de la population vit dans le DS II, 31 % dans le DS III et 1 % seulement dans le DS IV. Kloten est la commune la plus importante avec 15 600 habitants, et Bachs la plus petite avec 600 habitants. La population touchée de jour habite dans les communes qui se trouvent directement sous la route de décollage de la piste 16 (direction sud) et 28 (direction ouest). Par contre, pendant la nuit, ce sont surtout les communes au nord de l'aéroport qui sont touchées (par exemple Höri), où l'on constate rarement des dépassements des valeurs limites le jour.

Les données concernant la distribution de la population et l'exposition au bruit dans les environs des aéroports permettent de définir le nombre de personnes exposées à des nuisances sonores supérieures aux VLI/VA.

Les annexes A5.1, A5.4 et A5.7 permettent de voir clairement à quelle exposition au bruit la population a été soumise la journée (6 – 22 h) en 1994.

## 7.2 Etendue et coût des mesures d'isolation acoustique

Les possibilités d'assainissement sont très limitées pour les aéroports nationaux (cf. 2.1.3). C'est la raison pour laquelle les **valeurs d'alarme** continueront à être dépassées à divers endroits, même après les assainissements. Il en résulte que des mesures d'isolation acoustique doivent être prises pour les fenêtres des locaux à usage sensible au bruit dans les **bâtiments existants**.

Des mesures d'isolation acoustique doivent être prises à partir des **valeurs limites d'immission** déjà pour les **installations nouvelles ou notablement modifiées**. Cette prescription peut être appliquée à une extension d'aéroport mais également en cas de renouvellement de concession dans la mesure où ces derniers sont considérés comme de nouvelles installations.

Pour pouvoir calculer les coûts occasionnés par de telles mesures, on a d'abord évalué pour Genève et Zurich le nombre de personnes qui sont exposées aujourd'hui à des immissions sonores dépassant les valeurs limites (VA/VLI) <sup>48</sup>.

Plusieurs éléments ont été pris en considération :

- L'aéroport de Genève-Cointrin ne dispose que d'une piste; on peut donc partir du principe que les mêmes zones sont touchées le jour et la nuit.
- Zurich-Kloten dispose d'un système de pistes complexe qui en outre n'est pas utilisé de la même manière le jour et la nuit. Cela signifie que les zones touchées par le bruit la nuit sont en partie différentes de celles qui le sont le jour. Pour déterminer le nombre de

---

<sup>47</sup> Les villes de Genève et de Zurich n'ont pas été prises en compte, étant donné que les quartiers exposés à des niveaux sonores supérieurs à la VLI sont d'une étendue négligeable et qu'ils ne devraient pas entraîner de coûts supplémentaires importants.

<sup>48</sup> EMPA BERICHT-NR. 159'962 (1997): Belastungsgrenzwerte für Landesflughäfen (Auswirkungen verschiedener Grenzwertszenarien).

personnes exposées à des niveaux sonores supérieurs à la valeur limite, on compte les personnes subissant un dépassement des valeurs limites le jour et/ou la nuit <sup>49</sup>.

**Tableau 7.1** Nombre de personnes exposées à des niveaux sonores supérieurs aux valeurs limites dans les environs des aéroports de Genève-Cointrin et Zurich-Kloten (le jour et/ou la nuit)

	<b>au-dessus de la VA</b>	<b>au-dessus de la VLI</b>
Zurich-Kloten	10'500	49'000
Genève-Cointrin	5'200	18'000

Sur la base de ces données, il a été possible de calculer les coûts auxquels on peut s'attendre pour la pose de fenêtres antibruit :

Lors du calcul des coûts de ces fenêtres antibruit, on compte trois fenêtres par personne <sup>50</sup>. Cela représente aujourd'hui un montant d'environ 4 500 francs par personne <sup>51</sup>.

**Tableau 7.2** Coût des fenêtres antibruit à proximité de Genève-Cointrin et Zurich-Kloten (sur la base de l'exposition le jour et la nuit).

<b>en mio. de Fr.</b>	<b>pour les installations existantes</b>	<b>pour les installations nouvelles ou notablement modifiées</b>
Zurich-Kloten	47	221
Genève-Cointrin	23	81
<b>Total:</b>	<b>70</b>	<b>302</b>

### 7.3 Indemnité éventuelle en cas d'expropriation

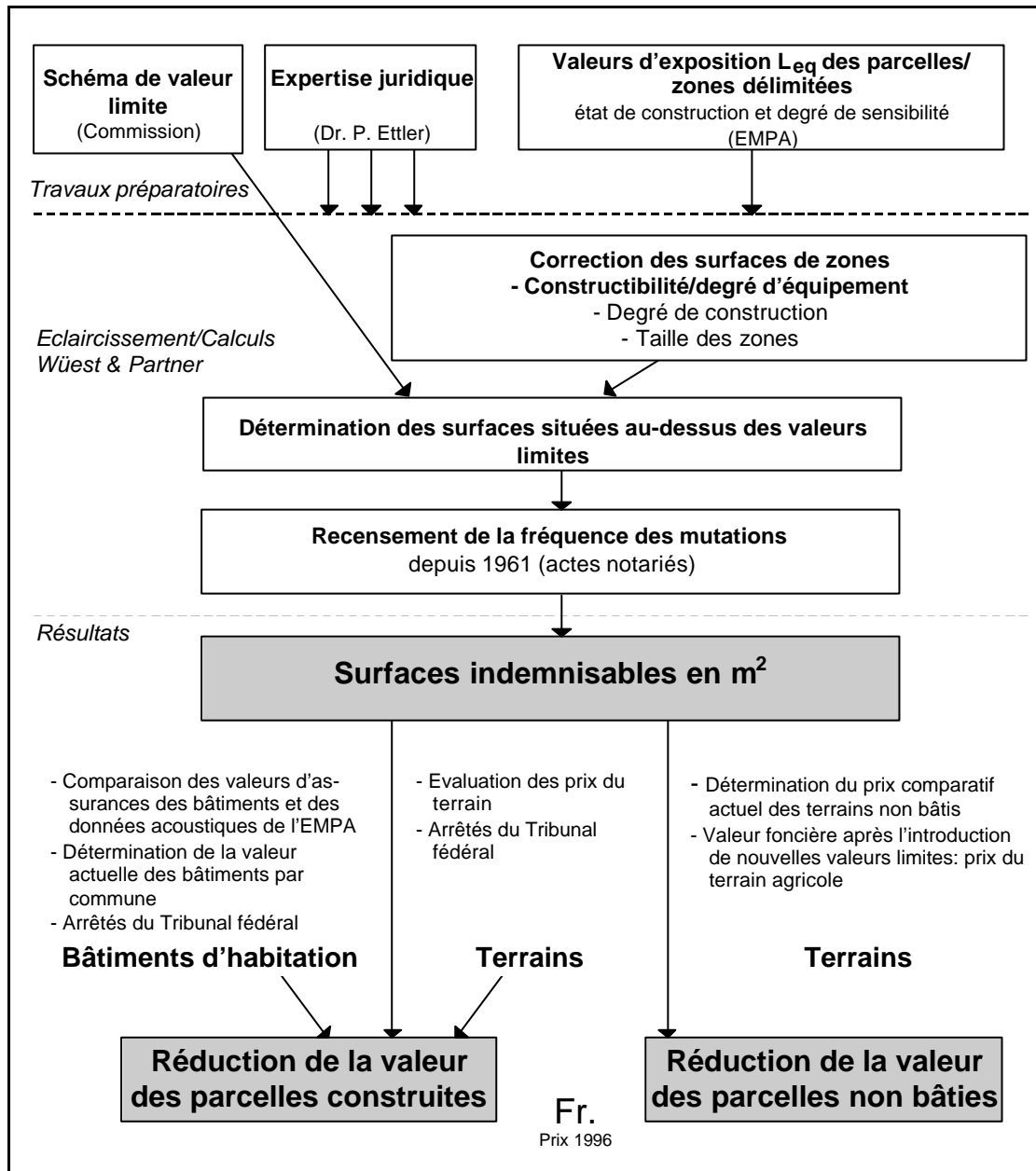
Au chapitre 2, on a indiqué que l'exposition au bruit liée à l'exploitation aérienne peut avoir des conséquences sur l'aménagement du territoire en plus des mesures de protection contre le bruit qui doivent être prises. C'est ainsi que les zones de construction ne peuvent plus être délimitées ou équipées lors d'un dépassement des valeurs de planification et que les permis de construire ne peuvent plus être accordés si les valeurs limites d'immission sont dépassées. Il peut en résulter des restrictions pour les zones exposées à des niveaux de bruit élevés, qui, dans certaines circonstances, peuvent donner droit à des indemnités pour expropriation. Une obligation d'indemnisation peut également résulter du fait que le propriétaire foncier peut se voir privé de ses droits de voisinage civils en raison d'une exposition au bruit trop élevée.

<sup>49</sup> EMPA BERICHT-NR. 169'115 (1997): Grenzwerte für Fluglärm der Landesflughäfen: Abschätzung der Auswirkungen der Grenzwertvariante K.

<sup>50</sup> WINKELMANN, P. (1981): Abschätzung der Anzahl lärmbelasteter Personen und Bauzonen bei Flugplätzen der Kleinaviatik. Herausgeber: BAZL.

<sup>51</sup> Indice des prix de la construction en 1997.

La Commission a fait évaluer par des experts le coût probable des expropriations pour les raisons susmentionnées (entreprise Wüest & Partner, Zurich). Les chiffres présentés par les experts sont en partie d'une précision relative mais peuvent servir de base de décision. L'expertise est divisée en une partie juridique et une partie relative à l'aménagement du territoire. Sur la base de la synthèse des deux parties, on a pu évaluer l'ampleur des indemnités potentielles éventuelles. La procédure suivie par les experts est représentée à la figure 7.2 (voir également l'annexe A2.3).



**Figure 7.2** Principales étapes permettant d'évaluer les surfaces indemnisables et les montants d'indemnités potentiels.

### 7.3.1 Surfaces indemnisables

Dans une première étape, on a évalué les surfaces, en se fondant sur les restrictions relatives à la constructibilité, au degré d'équipement, aux probabilités de changements de mains, qui, en principe, donneraient droit à une indemnité à la suite d'une expropriation.

Pour ce qui est de l'interprétation des résultats, il faut donc tenir compte du fait que les bases en matière d'aménagement du territoire étaient parfois très imprécises pour ce qui est de l'équipement et de la constructibilité. En outre, les probabilités de changements de mains (mutations) ne se fondent que sur l'examen d'un petit nombre de communes. Finalement, certaines incertitudes relatives à la détermination de l'exposition au bruit n'ont pas été considérées.

Les estimations montrent qu'environ un quart des surfaces indemnisables des terrains non bâtis se trouve dans la région de Genève-Cointrin et trois quarts dans la région de Zurich-Kloten. Pour les surfaces bâties, environ un tiers des surfaces dédommageables se trouve à proximité de Genève-Cointrin et deux tiers à proximité de Zurich-Kloten.

**Tableau 7.5** *Etendue des surfaces indemnisables.*

Les incertitudes concernant la surface des terrains varient entre +/- 10 % et +/- 30 % selon le type et le lieu, les données sont arrondies à 5 ha.

J = exposition le jour,  $\Delta N$  = "s'ajoute à cause de l'exposition de nuit", J + N = Total pour l'exposition de jour et de nuit.

en hectares		J	DN	J+N
Surfaces des terrains <b>non bâtis</b>	Zurich-Kloten	125	75	<b>200</b>
	Genève-Cointrin	55	5	<b>60</b>
	Ensemble:	<b>180</b>	<b>80</b>	<b>260</b>
Surfaces des terrains <b>bâtis</b>	Zurich-Kloten	175	55	<b>230</b>
	Genève-Cointrin	135	10	<b>145</b>
	Ensemble:	<b>310</b>	<b>65</b>	<b>375</b>
<b>Total:</b>		<b>490</b>	<b>145</b>	<b>635</b>

### 7.3.2 Revendications éventuelles

L'estimation monétaire des surfaces donnant droit à une indemnité est relativement imprécise. D'une part, elle ne peut pas s'effectuer d'une manière aussi concrète que les expertises habituelles lors de jugements rendus par un tribunal. D'autre part, il s'agit de coûts qui ne se présentent que lors du dépôt d'une plainte. Les décisions du Tribunal fédéral relatives aux demandes d'expropriation dans les environs de l'aéroport de Genève-Cointrin ont servi de base pour quantifier les demandes d'indemnités potentielles.

Les évaluations se fondent sur les prix des terrains en 1996 et nous donnent les chiffres suivants :

**Tableau 7.6** Demandes d'indemnités éventuelles.

Les incertitudes concernant les indemnités varient entre +/- 35 % et +/- 50 % selon le type de terrain et le lieu où ils se trouvent. J = exposition de jour, ΔN = "s'ajoute à cause de l'exposition de nuit", J + N = Total pour l'exposition de jour et de nuit.

en Mio. Fr.		J	DN	J+N
Pour des terrains non bâtis	Zurich	715	400	1'115
	Genève	260	40	300
	Ensemble:	975	440	1'415
Pour des terrains bâtis	Zurich	300	100	400
	Genève	225	10	235
	Ensemble:	525	110	635
<b>Total:</b>		<b>1'500</b>	<b>550</b>	<b>2'050</b>

L'étendue des frais supplémentaires éventuels qui seront dus si la pratique du Tribunal fédéral actuelle est influencée par une application légale des valeurs limites est particulièrement intéressante. Les propositions de valeurs limites de la Commission ne provoquent pas de tels frais supplémentaires pour le jour puisque les valeurs limites de jour proposées pour le degré de sensibilité II correspondent aux valeurs appliquées par le Tribunal fédéral.

Jusqu'à présent, le Tribunal fédéral n'a pas dû juger de plaintes concernant le bruit causé par des vols de nuit. Mais on peut supposer que le Tribunal partirait de valeurs limites plus basses en raison de la sensibilité au bruit plus élevée la nuit. Les demandes d'indemnités calculées sur la base de la pratique actuelle du Tribunal fédéral seraient plus élevées. Les frais supplémentaires pour des demandes d'indemnités relatives à l'exposition au bruit nocturne atteindraient environ un tiers des frais "de jour" si l'on appliquait les valeurs limites de nuit proposées.

Les imprécisions relativement élevées des valeurs estimées dans les tableaux 7.5 et 7.6 sont la conséquence des diverses imprécisions concernant les données suivantes :

- Degré d'équipement, constructibilité et taille des parcelles à construire;
- Calcul des probabilités de changements de mains (mutations) <sup>52</sup>;
- Evaluation monétaire des surfaces dédommageables.

Les calculs se fondent sur l'hypothèse que toutes les demandes d'indemnités sont acceptées.

---

<sup>52</sup> La probabilité de changements de mains a été calculée sur la base des actes notariés émis dans huit communes.

# Annexes





# A1 ABRÉVIATIONS

ATF	Arrêté du Tribunal fédéral
CCS	Code civil suisse
cst.	Constitution fédérale
dB	Décibel
DFI	Département fédéral de l'intérieur
DFTCE	Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie
EIE	Etude d'impact sur l'environnement
EUROCONTROL	Organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne
IATA	Association internationale du transport aérien
IF	Installations fixes
LA	Loi fédérale sur l'aviation du 21.12.1948, (RS 748.0)
LAT	Loi sur l'aménagement du territoire du 22.6.1979, (RS 700)
$L_{eq}$	Niveau moyen
LF	Loi fédérale
LPE	Loi sur la protection de l'environnement du 7.10.1983, (RS 814.01)
$L_r$	Niveau d'évaluation
NNI	Noise and Number Index
O	Ordonnance
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
OEA	Ordonnance sur les émissions des aéronefs du 10.1.1996 (RS 748.215.3)
OFAC	Office fédéral de l'aviation civile
OFEFP	Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage
OPB	Ordonnance sur la protection contre le bruit du 15.12.1986, (RS 814.41)
OSAv	Ordonnance sur l'aviation du 14.11.1973 (RS 748.01)
OSIA	Ordonnance sur l'infrastructure aéronautique du 23.11.94 (RS 748.131.1)
OZB	Ordonnance concernant les zones de bruit des aéroports nationaux (RS 748.134.2) et Ordonnance concernant les zones de bruit des aéroports régionaux exploités en vertu d'une concession (RS 748.134.3)
VA	Valeur d'alarme
VLE	Valeur limite d'exposition
VLI	Valeur limite d'immission
VP	Valeur de planification



## A2 Bases

### A2.1 Mesures et équivalences

- Pression acoustique  $p$  [Pascal]; pression de référence  $p_0 = 0.00002$  Pascal
- **Niveau (de pression) acoustique  $L$  [dB]** =  $10 \log (p/p_0)^2$  : mesure habituelle de description du son en acoustique. "L'unité" du niveau acoustique est le décibel (dB) <sup>53</sup>.
- **Pondération A** Evaluation (filtrage) en fréquence du niveau acoustique. Il en résulte le niveau acoustique pondéré A  $L_A$  [dB] souvent présenté sous la forme  **$L$  [dB(A)]**. Il tient compte de la sensibilité auditive qui est beaucoup moins sensible aux fréquences basses qu'aux fréquences élevées.
- **Evaluation du temps**: L'appareil de mesure du niveau acoustique détermine le niveau tiré de la moyenne énergétique par rapport aux constantes de temps, par exemple **F** (Fast) = 0.125 s ou **S** (Slow) = 1 s  
par exemple le niveau acoustique pondéré A mesuré avec la constante de temps **S** :  **$L_{AS}$ [dB(AS)]**
- Niveau maximum  **$L_{max}$  [dB(max)]** : voir figure A2.1;  
le niveau acoustique maximum pondéré A mesuré avec S :  **$L_{AS,max}$  [dB(ASmax)]**
- **Niveau acoustique équivalent  $L_{eq}$  [dB]** =  $10 \log (1/T \cdot \sum t_i \cdot 10^{0.1 \cdot L_i})$  (voir figure A2.1),  
niveau acoustique permanent équivalent pondéré A  **$L_{Aeq}$  [dB(A)]**
- **Perceived Noise Level PNL [PNdB]**: provient d'une mesure acoustique et est une évaluation de la sonorité d'un bruit (comparé à un bruit aussi bruyant sur une bande d'octave de 1000 Hz).
- **Noise and Number Index NNI [dB]** =  $\langle L_{PN} \rangle + 15 \log N - 80$ ,  
 $\langle L_{PN} \rangle$  = Valeur moyenne du niveau acoustique maximum en PNdB  
La **formule d'approximation** utilisée en **Suisse** est la suivante :  
 $NNI = \langle L_{A,max} \rangle + 15 \log N - 68$ ; pour  $L_{A,max} > 68$  dB; N calculé, quand  $L_{A,max} > 68$  dB  
N = mouvements par an entre 6 et 22 h divisé par 365
- **SEL [dB]** (**S**ound **E**xposure **L**evel); en partie également  $L_{AE}$ , avant aussi  $L_{AX}$ : il s'agit d'un niveau moyen d'énergie; le temps de référence est toujours d'une seconde, indépendamment du temps de mesure réel.
- Relation  $L_{max}$  et valeur SEL :  
La valeur maximale  $L_{max}$  peut être rapprochée de la valeur-SEL <sup>54</sup>.

$$L_{A,max} \cong \text{valeur-SEL}_A - 10 * \log(T_{10}) + 3 \text{ [dB(A)]}$$

<sup>53</sup> Au sens strict du terme, le décibel n'est pas une unité physique, mais une unité de calcul.

<sup>54</sup> BENNETT R.L. et al. (1981) „Handbook of Aircraft Noise Metrics“, NASA Contractor Report 3406, NTIS.

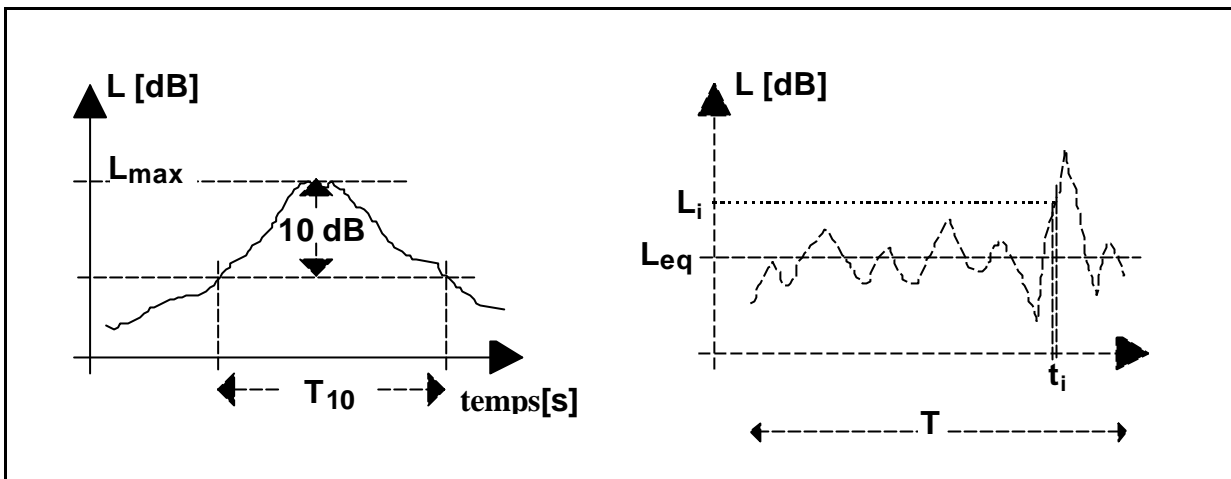


Figure A2.1 Représentation de  $L_{max}$ ,  $T_{10}$  et  $L_{eq}$ .

On utilise  $T_{10}$  comme mesure de la durée du survol. C'est la durée pendant laquelle le niveau se déplace de  $L_{max}-10$  à  $L_{max}$  et de nouveau à  $L_{max}-10$  (voir figure A2.1). Si on admet pour  $T_{10}$  une durée estimée entre 15 et 20 secondes, ce qui correspond environ à la route aérienne, on obtient approximativement :

$$L_{A,max} \cong SEL_A - 9 \quad [dB(A)]$$

Nous pouvons répondre maintenant à la question de savoir combien de survols avec quel  $L_{max}$  donnent un  $L_{eq}$  spécifique d'une heure ? Pour les  $L_{eq}$  d'une heure de 50, 55 et de 60 dB(A), ce  $L_{max}$  peut être tiré du tableau A2.1. Pour le calculer, on tient compte du rapport décrit ci-dessus entre le  $L_{max}$  et le SEL. La somme énergétique des SEL est convertie en  $L_{eq}$  d'après la formule ci-dessous :

$$L_{Aeq, 1 \text{ heure}} \cong \text{„(Somme des SEL}_A\text{)“} - 26 \quad [dB(A)]$$

Tableau A2.1 Sélection de survols éventuels avec un  $L_{max}$  correspondant à un  $L_{eq}$  d'une heure.

	$L_{eq,1 \text{ heure}} = 50 \text{ dB(A)}$	$L_{eq,1 \text{ heure}} = 55 \text{ dB(A)}$	$L_{eq,1 \text{ heure}} = 60 \text{ dB(A)}$
$L_{max}$ [dB(A)]	76	81	86
	73, 73	78, 78	83, 83
	74, 72	79, 77	84, 82
	75, 69	80, 74	85, 79
	72, 71, 71	77, 76, 76	82, 81, 81
	73, 70, 70	78, 75, 75	83, 80, 80
	70, 70, 70, 70	75, 75, 75, 75	80, 80, 80, 80
	71, 70, 70, 69	76, 75, 75, 74	81, 80, 80, 79
	72, 69, 69, 69	77, 74, 74, 74	82, 79, 79, 79
	69, 69, 69, 69, 69	74, 74, 74, 74, 74	79, 79, 79, 79, 79

## A2.2 Comparaison des différentes réglementations nationales relatives au bruit de l'aviation

D'après Gottlob <sup>55</sup>, seuls 2 pays sur 12 utilisent le même "noise index" (les Etats-Unis et la Nouvelle Zélande). En 1978, Schaefer <sup>56</sup> a déjà dressé la liste de 87 procédures d'évaluation différentes, y compris certaines variantes qui ne se différencient que dans le détail. En analysant les procédures d'évaluation du bruit, il a pu tirer divers facteurs :

- Utilisation d'une **mesure de base** ( $L_i$ ) et de sa **réduction** à une valeur. En pratique, on obtient entre autres : le niveau maximum de pression acoustique des événements individuels, le Perceived Noise Level PNL en PNdB ou le niveau acoustique pondéré A en fonction du temps. On se rapproche d'une moyenne par rapport au temps ; les temps moyens varient également.
- Une répartition dans le temps pour ce qui est de l'évaluation du bruit, qui tient compte d'une sensibilité variable de la population (en fonction du jour, de la nuit, et des heures en marge).
- Une pondération relative ( $g_i$ ) dans la répartition temporelle mentionnée ci-dessus.

Le tableau A2.2 présente les procédures d'évaluation du bruit de divers pays.

---

<sup>55</sup> GOTTLOB D. (1994) „Regulations for community noise“ , Proceedings Internoise '94, 43-56.

<sup>56</sup> SCHAEFER P. (1978) „Vergleichende Analyse von Lärmbewertungsverfahren“ , Dissertation TH München.

Tableau A2.2 Procédures courantes d'évaluation du bruit : comparaison.

Pays	Procédure d'évaluation du bruit
<b>Allemagne</b>	<p><u><math>L_{eq4}</math></u> "Indice de gêne Q"</p> <p><math>Q = 13.3 \log (1/T \cdot \sum g_i \cdot T_i \cdot 10^{L_i/13.3})</math> [dB(A)]</p> <p><math>L_i</math> en dB(ASmax) {Niveau maximum pondéré A, constante de temps SLOW}</p> <p><math>T = 180 \cdot 86400s</math> {les 6 mois les plus actifs}</p> <p><math>T_i =</math> Temps, pour <math>L_i &gt; (L_{max} - 10 \text{ dB})</math> est {10-dB-down-time}</p> <p><math>g_i = 1.5</math> ou <math>g_i = 1</math> 6 00 - 22 00 h  <math>g_i = 0</math> ou <math>g_i = 5</math> 22 00 - 6 00 h</p>
<b>Pays-Bas</b>	<p><u>"Kosten-Indice B"</u> en "unité de Kosten Ke"</p> <p><math>B = 20 \log (\sum g_i \cdot 10^{L_i/15}) - 157</math> [Ke]</p> <p><math>L_i</math> en dB(ASmax) le plus élevé de toutes les valeurs maximum ; tous les vols d'une année</p> <p><math>g_i = 1</math> 8 00 - 18 00 h {jour}  <math>g_i = 2 \dots 8</math> autres heures, différent en fonction de l'heure {heures en marge}  <math>g_i = 10</math> 23 00 - 6 00 h {nuit}</p>
<b>France</b>	<p><u>"Indice psophique IP"</u></p> <p><math>IP = 10 \log (\sum g_i \cdot 10^{0.1 \cdot L_i}) - 32</math> [PNdB]</p> <p><math>L_i</math> en PNdB(max) {ici pointes de bruit mesurées en tant que PNLevel}</p> <p><math>g_i = 1</math> 6 00 - 22 00 h {jour}; <math>g_i = 10</math> 22 00 - 6 00 h {nuit}</p>
<b>Grande-Bretagne</b> (dès 1992)	<p><u><math>L_{Aeq,16h}</math></u> (jusqu'à 1991 : NNI sur la base du <math>PNL_{max}</math>)</p> <p><math>L_{Aeq,16h} = 10 \log (1/T \cdot \sum g_i \cdot t_i \cdot 10^{0.1 \cdot L_i})</math> [dB(A)]</p> <p><math>L_i</math> en dB(AX) {SEL d'un événement individuel} ; <math>T = 16</math> heures</p> <p><math>g_i = 1</math> 7 00 - 23 00 h {jour} ; <math>g_i = 0</math> 23 00 - 7 00 h {nuit}</p>
<b>Etats-Unis</b> largement	<p><u><math>L_{DN}</math> „L-Day/Night"</u></p> <p><math>L_{DN} = 10 \log (1/T \cdot \sum g_i \cdot t_i \cdot 10^{0.1 \cdot L_i})</math> [dB(A)]</p> <p><math>L_i</math> en dB(AX) {SEL de l'événement individuel} ; <math>T = 24</math> heures</p> <p><math>g_i = 1</math> 7 00 - 22 00 h {jour} ; <math>g_i = 10</math> 22 00 - 7 00 h {nuit}</p>
<b>Suisse</b> Aéroports nationaux (depuis 1973)	<p><u>NNI „Noise and Number Index"</u></p> <p><math>NNI = \langle L_{PN} \rangle + 15 \log N - 80</math> [dB]</p> <p><math>\langle L_{PN} \rangle =</math> Valeur moyenne du niveau de bruit maximum en PNdB</p> <p><math>N =</math> Nb de vols de 6 00-22 00 h en moyenne annuelle pour <math>L_{PN} &gt; 80</math> PNdB</p> <p>Formule d'approx. : <math>NNI = \langle L_{A,max} \rangle + 15 \log N - 68</math>, pour <math>L_{A,max} &gt; 68</math> dB</p>
<b>Suisse</b> Aéroports régionaux (depuis 1984)	<p><u>Niveau d'évaluation <math>L_r</math></u></p> <p><math>L_r = L_{eq} + K</math> [dB(A)]</p> <p><math>L_{eq}</math> sur <math>n</math> mouvements, <math>n =</math> (Nb de mouvements des deux jours de la semaine les plus actifs sur les 6 mois les plus actifs en moyenne par heure ; <math>N =</math> Nombre de mouvements par an)</p> <p><math>N \geq 15'000</math> <math>K = 10 \log (N / 15'000)</math>  <math>N &lt; 15'000</math> <math>K = 0</math></p>

## Calculs comparatifs pour Genève et Zurich

L'EMPA/LFEM a réalisé un calcul de simulation de l'aéroport de Genève en utilisant l'indice psophique R et le  $L_{eq}$  de 16 heures, ce dernier ne décrivant que l'exposition de jour. Le rapport suivant en est résulté :

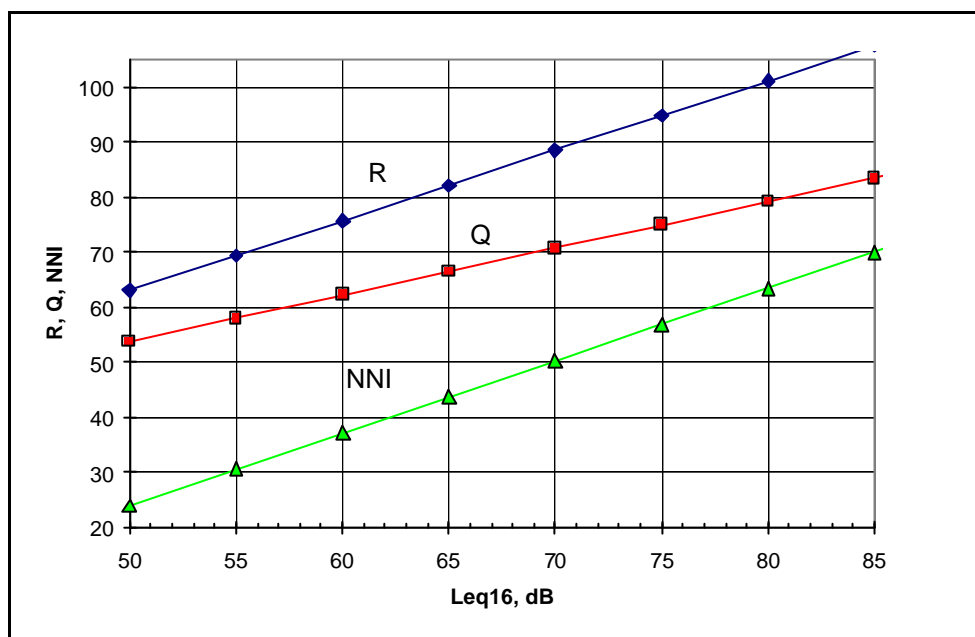
$$R = 1.27 L_{eq16} - 0.4 \quad (\text{valable pour } 50 \leq L_{eq16} \leq 75 \text{ dB})$$

On a aussi calculé de la même manière l'exposition à proximité de l'aéroport de Zurich avec le  $L_{eq16}$  et l'indice de gêne Q allemand, ce qui a donné le rapport approximatif suivant :

$$Q = 0.85 L_{eq16} + 11.25 \quad (\text{valable pour } 50 \leq L_{eq16} \leq 75 \text{ dB})$$

En 1993 déjà, on avait calculé le rapport entre le NNI (définition suisse) et le  $L_{eq}$  de jour en procédant à une simulation des conditions à Zurich. Une régression linéaire donnait le rapport suivant :

$$NNI_{CH} \cong 1.316 L_{eq16} - 41.8$$



**Figure A2.2** Rapport entre le  $L_{eq16}$  et l'indice psophique R (exemple de Genève), l'indice de gêne allemand Q (exemple de Zurich), ainsi que le NNI utilisé en Suisse jusqu'à présent.

Ces prémisses permettent de dresser le tableau comparatif A2.3 qui se fonde également sur les travaux de Koppert <sup>57</sup>, Gottlob <sup>58</sup>, Matschat et Müller <sup>59</sup>.

<sup>57</sup> KOPPERT, A.J.: A study on measures to protect the environment in and around airports against aircraft noise. (Ministry of Transport, Directorate of civil aviation, the Netherlands. Im Auftrag der EU-Kommission, 1993).

<sup>58</sup> GOTTLÖB, D.: Regulations for community noise. Proc. InterNoise-94, 43, Yokohama 1994.

<sup>59</sup> MATSCHAT, K., MÜLLER, E.A.: Vergleich nationaler und internationaler Fluglärmbewertungsverfahren. Bericht 82025, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin 1981.

**Tableau A2.3** Comparaison schématique de quelques réglementations nationales en matière de bruit de l'aviation.

Les parties hachurées représentent les passages d'un effet à un autre de la fixation de valeurs limites. L'ampleur des passages montre que les conversions entre les mesures vont de pair avec de grandes incertitudes. Les comparaisons des mesures d'exposition sont d'une précision relative. Les fonctions juridiques des valeurs limites sont très variables.

CH	Suisse 1973	D	Allemagne	NL	Pays-Bas	F	France	CH	Suisse ?
	Ordonnance sur les zones de bruit, Novembre 1973		Loi sur le bruit de l'aviation 1971		Loi sur l'aviation (1978), complétée en 1988, 1993		Loi 85-969 recommandation, réglementation locale,		Loi sur la protection de l'environnement (83) OPB (86) Proposition Com. exp. (97)
NNI	Noise+Number-Index	O	Indice de gêne	B	Kosten-Indice	R	Indice psophique	Leg	Niveau moyen
	Zone de bruit A								DS II
	Affectation militaire et agricole								DS III
65			Zone de bruit 1 habitations existantes avec isolation acoustique 130 DM/m2						
	Zone de bruit B pas de nouveaux logements. Locaux industriels avec isolation acoustique							80	
	Affectation autorisée jusqu'à présent encore possible.	75	Pas de nouvelles habitations	65	Pas d'habitation, conversions, destructions	96	Zone A Logement = exception	75	
55			Zone de bruit 2 nouveaux logements avec isolation acoustique		Logements existants seulement avec isolation acoustique, éventuellement expropriation		Zone B Logement fortement limité		Isolation acoustique des bâtiments existants (causateur)
	Zone de bruit C nouvelles habitations avec isolation acoustique					89			Valeur d'alarme
	Affectation autorisée jusqu'à présent encore possible.						Zone C Logement limité		Pas de nouveaux logements, des exceptions sont possibles
	Pas de zonage pour les zones d'habitations.	67		55					
45			Pas de limitation légale. Les aéroports paient l'isolation acoustique par ex. Munich		Isolation acoustique pour les constructions existantes à la charge de l'Etat.	84		65	Valeur d'alarme VLI
	Pas de maisons de repos, pas d'hôpitaux								Pas de nouveaux logements, des exceptions sont possibles
		62				78			
							Pas de limitation en dessous de 78 et jusqu'à 84 R.	60	VLI VP
35			Pas de limitation	40	Nouveaux logements seulement sur autorisation		Différences locales		Pas de limitation
	Pas de limitation								
				35				55	VP
									Pas de limitation

## Sources:

Koppert, A.J.

A Study on Measures to protect the Environment in and around Airports against Aircraft Noise (Ministry of Transport, Directorate of civil Aviation; 1993, NL)

Gottlob, D

Regulations for Community Noise. (Noise / News International 3 (1995) 223-237.

Matschat u. Müller

Bericht Umweltbundesamt Berlin 1981 (Forschungsbericht Nr. 82025).

EMPA

Simulationsberechnungen FLULA-2, Genf, Zürich



## A2.3 Extrait du rapport Wüest & Partner

(Chapitre 2, Pages 12 - 24)

### 2 ZUM VORGEHEN

#### 2.1 Essenzen aus dem Rechtsgutachten

Die detaillierten rechtlichen Ausführungen, von denen ausgehend die konkrete Methodik des raumplanerisch-ökonomischen Teils definiert wurde, sind im Rechtsgutachten von Dr. P. Ettlner zu finden. Aus der Studie lässt sich zusammenfassend folgendes Schema der entschädigungsberechtigten Grundstücke feststellen (zuerst die jeweils massgeblichen Grenzwerte Immissionsgrenzwert (IGW) bzw. Planungswert (PW)):

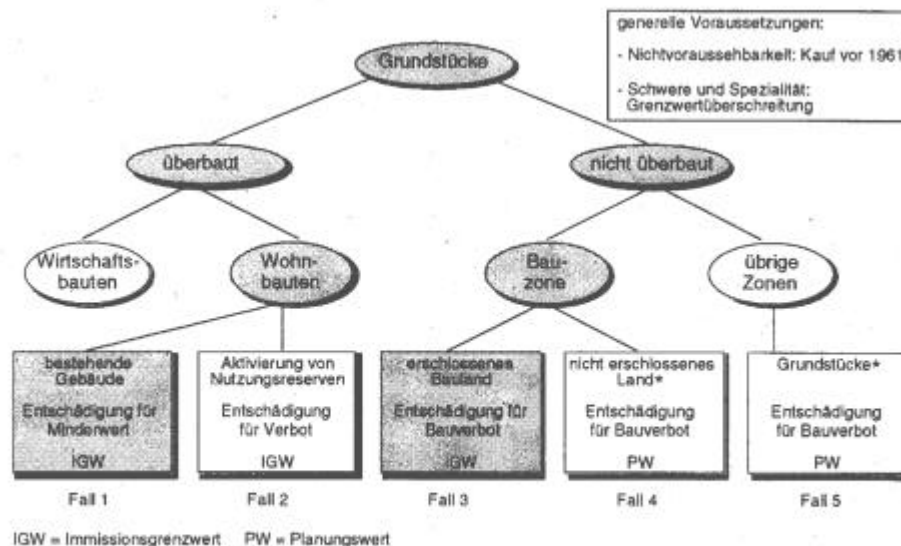


Abb. 2.1 Entschädigungsberechtigte Grundstücke

##### 2.1.1 Überbaute Grundstücke: Die wichtigsten Fälle

Unter den bebauten Grundstücken sind vorab *lärmbedingte Wertminderungen bestehender bebauter Parzellen* (Wertminderung von Immobilien und Boden) von Bedeutung (Fall 1). Diese Wertminderungen betragen einen je nach Grad der Grenzwertüberschreitung abgestuften Anteil des gesamten Immobilienwertes. Entschädigungspflichtig sind diese Wertminderungen, sofern nach dem 1. Januar 1961 kein Handwechsel (Freihandverkauf) mehr erfolgt ist, da nach 1961 das Kriterium der Unvorhersehbarkeit der Fluglärmzunahme entfällt.

Das *Aktivieren von Nutzungsreserven durch Umbau, Ausbau und Verdichtung* (Fall 2) wurde bei den Berechnungen nicht berücksichtigt. In der Regel verbleibt

dem Grundeigentümer nach Praxis des Bundesgerichts eine „*wirtschaftlich sinnvolle Nutzung*“ seines Grundstückes. Die Verunmöglichung einer bisher erlaubten Erhöhung der Etagenzahl oder einer generell dichteren Überbauung eines mit grossen vorgelagerten Pärken versehenen Villengrundstücks gewährleistet keine Ansprüche aus materieller Enteignung, da sie kaum einem „vollständigen Entzug jeder wirtschaftlichen Verwertungsmöglichkeit“ gleichkommt.

Präsentieren sich Ausgestaltung, Lage, Grösse und Topographie einer Grossparzelle hingegen ähnlich wie diejenige zweier nebeneinanderliegender kleinerer Parzellen, von denen die eine bebaut und die andere unbebaut ist, so kann der nicht überbaute Teil isoliert als unüberbautes Grundstück betrachtet werden und wird wie Fall 3 berücksichtigt.

### 2.1.2 **Unbebaute** Grundstücke: die wichtigsten Fälle

Die zu untersuchenden nicht überbauten Grundstücke gliedern sich in eingezonte und gleichzeitig erschlossene (Fall 3), in eingezonte nicht erschlossene (Fall 4) und in nicht eingezonte Grundstücke (Fall 5).

Im Rahmen dieser drei Gruppen sind lediglich die *eingezonten* und gleichzeitig *erschlossenen* Grundstücke (Fall 3) von praktischer Relevanz; bei ihnen führt eine Ueberschreitung der Immissionsgrenzwerte zu einem faktischen Bauverbot. Sofern diese Grundstücke *nach Anfang 1961* (Beginn der Voraussesbarkeit der Flugverkehrszunahme) *keine Handänderung* erfahren haben, sind sie grundsätzlich *entschädigungspflichtig*.

*Eingezonte, aber nicht erschlossene Grundstücke* (Fall 4), bei welchen trotz der fehlenden Erschliessung eine grosse Bebauungswahrscheinlichkeit in rärer Zukunft besteht, sind äusserst selten. Eine Vollerhebung bei Ortsplanern und bei den zuständigen Amtsstellen brachte nur sehr wenige in Frage kommende Einzelobjekte zutage, welche zudem (etwa aufgrund ihrer ungenügenden Erschliessung durch den öffentlichen Verkehr) oft nicht eindeutig baureif sind (Beispiel: Gebiet Bäuler-Eich zwischen Rümlang und Opfikon). Die entsprechenden Flächenwerte beeinflussen das Schlussergebnis mit weniger als einem Prozent und liegen deshalb klar innerhalb des Streubereichs der Unschärfen.

Bei *ausserhalb der Bauzone* liegenden Grundstücken (Fall 5) kann im Grundsatz keine Entschädigung geltend gemacht werden. Nur wenn das Land groberschlossen ist, der Eigentümer zwecks Erschliessung und Ueberbauung bereits erhebliche Kosten aufgewendet hat und generell von einer hohen Realisierungswahrscheinlichkeit ausgegangen werden kann, ist eine Entschädigung möglich. Rückfragen bei Ortsplanern ergaben, dass diese Fälle in der Praxis kaum vorkommen; zudem sind sie aufgrund der schlechten Quantifizierbarkeit (bereits aufgewendete Kosten) schwierig nachvollziehbar, weshalb auf eine Untersuchung dieser *vernachlässigbaren* Kategorie verzichtet wurde.

## 2.2 Überblick über die Arbeitsschritte

Die alternativen *Grenzwertschemata* wurden von der *Eidg. Kommission für die Beurteilung von Lärm- und Immissionsgrenzwerten* vorgegeben. Die Modellierung und kartographische Umsetzung der *Lärmbelastung* erfolgte durch die *Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt* (EMPA) in Dübendorf. Aufbauend auf dieser Information wurden für die vorliegende Arbeit folgende Punkte einer *Abklärung* unterzogen:

### **Bebaute** Grundstücke:

Ermittlung der lärmbelasteten Perimeter (Uebernahme der EMPA-Daten: Nachvollzug der Berechnungen)

- Verifizierung und Korrektur der Flächen bebauter Parzellen aus den EMPA-Rohdaten (raumplanerische Abklärungen);
- Ermittlung der Grundstücke ohne Handänderungswechsel seit 1. Januar 1961 (Notariatshebungen);
- Ermittlungen der fluglärmbedingten Wertminderungen bei diesen bebauten Grundstücken (Gebäudewert, Landwert und Wertminderungsanteil); Berücksichtigung der Erkenntnisse aus den Bundesgerichtsurteilen vom September 1996 für die Wertminderungsschätzung;

### **Unbebaute** Grundstücke

- Ermittlung der von den Grenzwerten betroffenen Fläche (Übernahme der EMPA-Daten; Nachvollzug der Berechnungen);
- Ermittlung und Kontrolle des Erschliessungsstands dieser eingezonten und unbebauten Grundstücke;
- Verifizierung und Korrektur der Flächen eingezonter unbebauter Parzellen aus den EMPA-Rohdaten (raumplanerische Abklärungen: v. a. Korrekturen beim Kanton Genf);
- Eruiieren der Parzellen ohne Handänderungswechsel seit 1. Januar 1961 (Notariatshebung);
- Wertmässige Abschätzung dieser fluglärmbedingt nicht mehr bebaubaren Flächen (Differenz zwischen Verkehrswert von Bau- und Landwirtschaftsland);
- Abklärung von Spezialfällen (Vollerhebung bei Raumplanern und zuständigen Stellen bezüglich eingezonter, unerschlossener Grundstücke; Einzelabklärungen bei Raumplanern betreffend nicht eingezonter Sonderfälle).

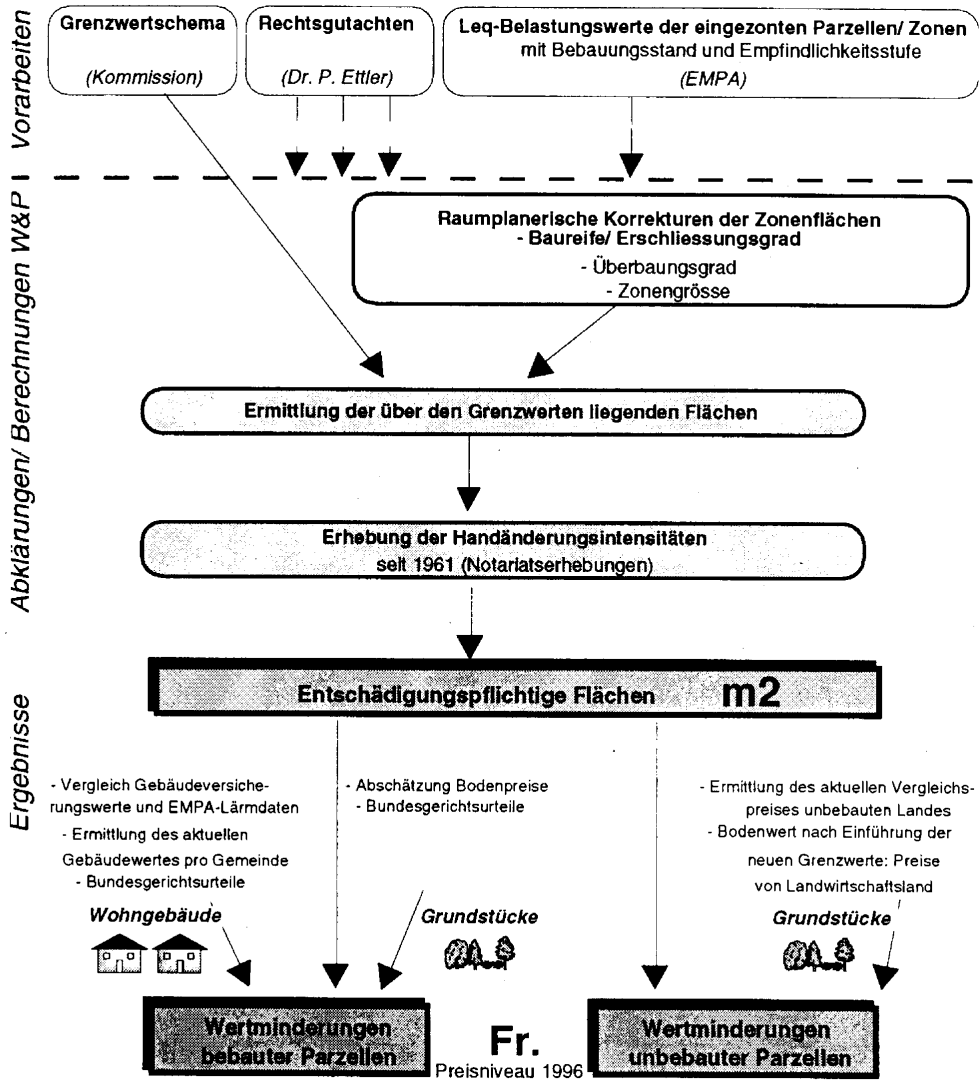


Abb. 2.2 Wichtigste Etappen zur Abschätzung der entschädigungsrelevanten Flächen und der Entschädigungssummen (vgl. Anhang 3: Zusammenstellung der einzelnen Berechnungskomponenten).

## 2.3 Ermittlung von Erschliessungsstand und Überbauungsgrad

Die datenmässige Ausgangslage präsentiert sich um Umland von Zürich-Kloten und Genf-Cointrin grundsätzlich verschieden. Im Bereich von Genf-Cointrin machten die Grobgliederung der Rohdaten in lediglich zwei Baulandkategorien (überbaute und nicht überbaute Parzellen) und eine nicht direkt auf die Bedürfnisse zugeschnittene Datenlage detaillierter raumplanerischer Abklärungen notwendig.

Diese Kontrollen und Korrekturen wurden unter Zuhilfenahme von Zonen-, Erschliessungs-, Quartier- und Strassenplänen vorgenommen. Einige Grundlagen für die Abklärungen sind dem Rechtgutachten zu entnehmen, andere erforderten weitergehende Interpretationen. Die einzelnen vorgenommenen Schritte sind in Anhang 1 aufgeführt.

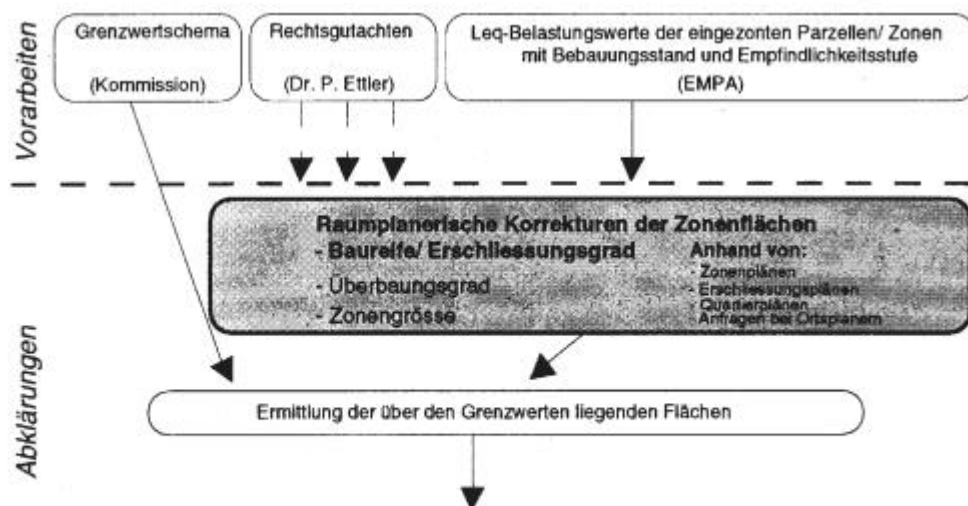


Abb. 2.3 Die Rolle der raumplanerischen Abklärungen im Rahmen der vorgenommenen Arbeiten

Für die Zürcher Gemeinden sind die Daten bezüglich Überbauungsstand und Baureife umfassend verfügbar und liegen in ihrer raumplanerischen Anwendung auch näher bei den für Entschädigungszahlungen angewandten rechtlichen Kriterien. Dies erforderte für den Kanton Zürich einen geringeren Kontrollaufwand bezüglich Baureife und Überbauungsgrad.

## 2.4 Ermittlung des Handänderungsdatums

Keine Entschädigungszahlungen stehen an, wenn der Besitzer bereits im Moment des Grundstückserwerbs die deutliche Zunahme der Flugverkehrsimmissionen voraussehen konnte. Als Stichdatum für die Voraussehbarkeit kann aufgrund der bisherigen Rechtsprechung des Bundesgerichts der 1. Januar 1961 angenommen werden. Nur falls das Wohngebäude vor diesem Datum erstellt wurde und nach diesem Termin keine Handänderung mehr erfolgt ist, kommt eine Entschädigungspflicht in Frage.

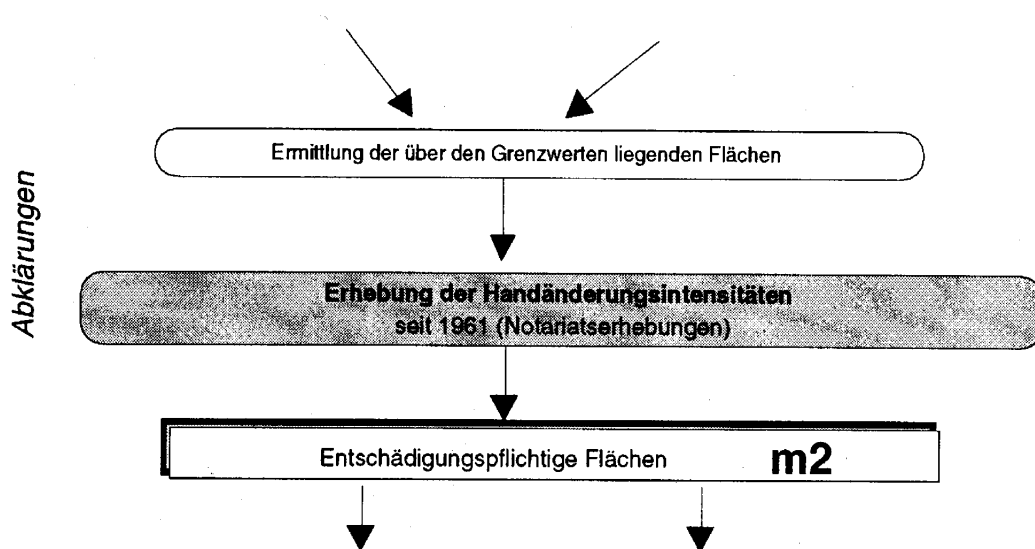


Abb. 2.4 Die Rolle der Handänderungsintensitäten im Rahmen der vorgenommenen Abklärungen (untersuchte Gemeinden: Bülach, Bachenbülach, Hori, Niederglatt, Oberglatt, Regensdorf, Rümlang, Stadel, Weiach)

Für Gemeinden, welche durch die V-Piste des Flughafens Zürich-Kloten relevante Zusatzbelastungen erfahren, wäre allenfalls der 1. Januar 1970 als alternatives Referenzdatum für Handänderungen vorstellbar (betrifft Gemeinden Bachs, Neerach, Stadel und Weiach). Gemäss Rechtsgutachten spricht aber die Mehrzahl der Indizien generell für den 1.1.1961, womit dieses Datum für sämtliche betroffenen Gemeinden als Referenzzeitpunkt verwendet worden ist.

Als *Handänderung* im Sinne der vorliegenden Fragestellung gelten vorab *Freihandverkäufe*. Eigentümerwechsel durch Vererbung, Erbschaftsvorbezug und ähnliche Übertragungsformen innerhalb derselben Familie gelten hingegen nicht als Handwechsel.

Da keine detaillierten lückenlosen Reihen von Handänderungen seit 1961 bei den statistischen Ämtern oder bei anderen öffentlichen Stellen existieren, musste die Wahrscheinlichkeit einer Handänderung direkt bei den Notariaten ermittelt werden.

Im für die Notariatserhebung ausgewählte Gebiet liegen 43 Prozent aller lärm-belasteten Flächen:

- Für acht repräsentativ ausgewählte Zürcher Gemeinden wurden die Handänderungswahrscheinlichkeiten der unbebauten Parzellen erhoben;
- Von vier Gemeinden wurden zusätzlich noch die Handänderungswahrscheinlichkeiten für die überbauten Parzellen ermittelt (hierzu war nur die Erhebung von vor 1961 überbauten Parzellen nötig, die aus Gebäudeversicherungsdaten ermittelt werden konnten; die restlichen Grundstücke erfüllen die Handänderungskriterien nicht).

Die Wahrscheinlichkeit einer Handänderung variiert stark: Die Werte für die verschiedenen untersuchten Gemeinden streuen stark (zwischen 25 und fast 80 %). Die Verteilung ist allerdings zufällig: Es besteht ein deutlicher positiver Zusammenhang mit der Neubau-Intensität.

Die Analyse der Erhebung zeigte folgende konkrete Zusammenhänge auf:

- Die Quote der vor 1961 erstellten Wohnbauten mit Handänderungen seit 1961 betrug für alle Erhebungsgemeinden rund 40 Prozent. Da der Anteil der nach 1960 erstellten Wohnbauten (die nicht für Entschädigungszahlungen in Frage kommen) aus Gebäudeversicherungsdaten ermittelt werden kann, lässt sich somit die gesamte „Handänderungsquote“ bei den *bebauten Parzellen* ermitteln.
- Der Zusammenhang zwischen dem Anteil der *unbebauten Parzellen mit* Handänderungen und dem Anteil der seit 1961 neu erstellten Wohngebäude am Gesamtbestand der jeweiligen Gemeinde kann durch eine Korrelation beschrieben werden, welche durch die Kombinationen 0% Handänderungen bei 40% Neuwohnungen und 100% Handänderungen bei 100% Neuwohnungsanteil bestimmt wird (s. Abbildung 2.5).
- Der *Prozentsatz* der Grundstücke *ohne* Handänderung ist bei den *unbebauten* Grundstücken jeweils rund *doppelt so hoch* wie bei den bebauten. Das bedeutet auch, dass hohe Neubauanteile mit hohen Handänderungsanteilen bei bebauten wie bei unbebauten Grundstücken einhergehen.

Anhand des Anteils der Wohnbauten, welche seit 1961 in einer Gemeinde erstellt worden sind, können die Zusammenhänge auch auf die übrigen – nicht erhobenen – Gemeinden übertragen werden.

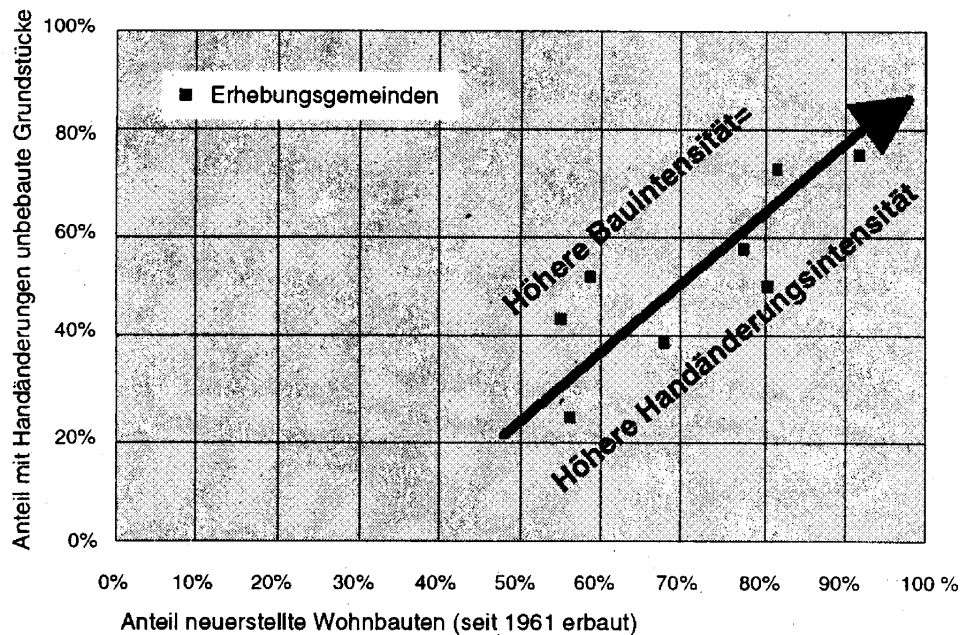


Abb. 2.5 Zusammenhang zwischen Handänderungen bei unbebauten Parzellen und dem Anteil seit 1961 erstellter Wohnbauten

Die für das gesamte Gemeindegebiet mittels Notariatserhebung ermittelten Anteile ohne Handänderung sind nicht ganz repräsentativ für die tatsächlich unter die Grenzwerte fallenden Flächen, da im fluglärmbelasteten Gebiet die Altersverteilung des Gebäudeparks anders sein kann als im übrigen Gemeindegebiet.

Die mittels des gewählten Verfahrens ermittelten Anteil von *bebauten Grundstücken*, welche seit 1961 keine Handänderung mehr erlebten, mussten deshalb bei den bebauten Grundstücken – je nach Szenario in unterschiedlichem Ausmass – noch angepasst werden.

Die Anpassungen erfolgten durch ein Hektarrasterverfahren, mittels welchem die Anteile der vor 1960 erstellten Gebäude unter den verschiedenen Grenzwertschemata ermittelt wurden (vorab diese Alterskategorie kommt für Liegenschaften ohne Handänderungen seit 1961 in Frage).



## 2.5 Landwert pro Flächeneinheit und Gebäudewert

Das durchschnittliche Entschädigungsniveau pro Quadratmeter *unbebauten Baulandes* ist für die Einzugsbereiche der Flughäfen Genf-Cointrin und Zürich-Kloten etwa ähnlich hoch. Es ist bei den einzelnen Gemeinden stark vom spezifischen Bodenpreismix der erlaubten Nutzungen abhängig, der in die Kalkulationen einfließt, und variiert entsprechend. Für die entschädigungspflichtigen Gemeinden um Genf-Cointrin lag es 1996 bei durchschnittlich rund 500 Franken, bei den Zürcher Gemeinden etwa 50 Franken höher<sup>1</sup>. Die tendenziell zentralere Lage der Genfer Gemeinden inmitten der Agglomeration wird durch das leicht höhere Preisniveau im Grossraum Zürich wieder kompensiert.

Ähnliche Feststellungen bezüglich der Preisrelationen zwischen Genf-Cointrin und Zürich-Kloten lassen sich auch für die *bebauten Parzellen* machen. Für diese Parzellen wurde ausgehend vom Grundstückswert und vom Wert der Wohngebäude der jeweilige Wert der bebauten entschädigungspflichtigen Parzellen berechnet. Für den reinen *Landwert* wurde dabei im Durchschnitt – wie bei den unbebauten Parzellen – von rund 500 (Genf-Cointrin) bzw. 550 Fr. (Zürich-Kloten) pro Quadratmeter ausgegangen (nach Gemeinden differenziert).

Der Wert der Immobilien orientiert sich am Gebäude-Zeitwert und ist abhängig von Gebäudealter und Erneuerungsintensität der Liegenschaften. Der Zeitwert wurde mit den unter 2.6 dargestellten lärmpegelabhängigen Entschädigungssätzen multipliziert, um die zu leistenden Entschädigungssummen zu erhalten.

Der Immobilienwert vor der Altersentwertung beträgt für die entschädigungspflichtigen Parzellen um Zürich-Kloten zwischen Fr. 500 Mio. (Grenzwertschema D) und Fr. 1.1 Mia. (Schemata A/B) und um Genf-Cointrin Fr. 230 Mio. bis Fr. 560 Mio. Zur Abschätzung der Altersentwertung wurde auf das Gebäudealter sowie auf den Renovationsgrad (gemäss Wohnungszählung) in den untersuchten Gebieten abgestellt. Im Schnitt ergaben sich durch diese Methode für das Umland von Zürich-Kloten Altersentwertungssätze von 25 Prozent und für das Gebiet um Genf-Cointrin – bedingt durch die geringere Erneuerungsintensität – leicht höhere Sätze von 30 Prozent.

---

<sup>1</sup> Aufgrund unterschiedlicher Datenlagen kamen für die Verkehrswertermittlung in Genf Cointrin und Zürich-Kloten verschiedene Verfahren zur Anwendung: Die Daten für Cointrin wurden mittels der kantonalen Handänderungsstatistik anhand der unterschiedlichen kommunalen Preisniveaus und der gesamtkantonalen Preisentwicklung 1991 bis 1995 auf das Preisniveau des Jahres 1996 umgerechnet. Für den Kanton Zürich wurden die kommunalen Preisniveaus per 1996 anhand der W&P-Immobilienbank und der kantonalen Handänderungsstatistik ermittelt.

## 2.6 Ermittlung des Lärmeinflusses auf den Ertragswert bebauter Grundstücke

Da die relativ geringe Anzahl von Handänderungsdaten keine statistisch signifikanten Aussagen über den Zusammenhang von Bodenpreis und Lärmbelastung auf Hektarstufe zulässt, musste diesbezüglich eine indirekte Methode angewandt werden: Diese vergleicht das Preisniveau der Mietzinsen als Indikator für den Ertragswert der Gebäude mit den Fluglärmwerten der EMPA. Durch hektarweises Zusammenfügen der Wohnungszählungsdaten vom Dezember 1990 mit dem Fluglärmbelastungswerten der EMPA wurden die Grundlagen zu einer diesbezüglichen Analyse geschaffen.

Der vorgenommene Vergleich zeigte *keinen allgemein feststellbaren Zusammenhang* zwischen *Lärmbelastung und Mietzinsniveau*; andere Standorteigenschaften wie Strassenlärm, Zentralität/Verkehrerschliessung sowie Image von Gemeinde oder Quartier wirken oftmals stärker auf das Preisniveau als der Fluglärm alleine, sind aber wertmässig schwierig quantifizierbar. Immerhin zeigt sich in sehr *stark belasteten Gebieten* doch ein signifikanter Rückgang des Preisniveaus. Vorab in den Villengemeinden am Genfersee ist dieser bei Lärmbelastungswerten *zwischen 60 und 65 Leq* klar festzustellen; dieser Belastungsbereich entspricht denn auch den Immissionsgrenzwerten aller vier Grenzwertschemata A bis D für die Empfindlichkeitsstufe II, der für die meisten Wohngebiete relevant ist.

Da die Datenlage keine ökonomische Abstufung erlaubt, und aufgrund der Verfügbarkeit der ersten Bundesgerichtsurteile zu lärmbedingten Wertminderungen im September 1996 empfahl sich deshalb eine schematische Ableitung der aus den *Bundesgerichtsurteilen* ersichtlichen Gesetzmässigkeiten. Diese dürften einen *guten Indikator* für die künftige Rechtssprechung bezüglich Entschädigungszahlungen darstellen, wobei eine Schematisierung dieser Erkenntnisse im Vergleich zu den in den Urteilen zitierten detaillierten Expertengutachten an Grenzen stossen muss.

Bei Lärmbelastungen von 67 bis 69 Leq wendete das Bundesgericht in Villenquartieren der Seegemeinde Bellevue Entschädigungssätze von 33% und in einem Fall ohne genauere Lärmbelastungsangabe von 30% an. Bei verschiedenen Lärmbelastungen in der Gemeinde Vernier (65 bis 70 Leq) wurden – ebenfalls in der Einfamilienhauszone – Entschädigungssätze von 25 bis 30 Prozent (einmal nur 15%) festgelegt (vgl. nachfolgendes Schema). Daraus und aufgrund anderer Gerichtsurteile (Strassenverkehr, materielle Enteignungen generell) wurden folgende *Gesetzmässigkeiten* abgeleitet (vgl. auch nachfolgende Grafik):

- Der Mindest-Entschädigungssatz wurde auf 15%, der Höchstsatz auf 40% festgelegt.
- Für Grundstücke in Überflughöhe wurde von durchschnittlich um 5 Prozentpunkte höheren Entschädigungssätzen ausgegangen als bei den übrigen Parzellen.
- Der Mindestentschädigungssatz von 15% gilt für Ein- und Mehrfamilienhäuser und findet bei Belastungen von 65 Leq und darunter Anwendung.



In Flughafennähe von *Zürich-Kloten* erfolgte eine Gliederung in die von der absoluten Bedeutung der entschädigungspflichtigen Flächen her wichtigsten Gemeinden die *südlichen Flughafen-Anrainergemeinden*, die ebenfalls stark belasteten *nördlichen Anrainergemeinden*, die westlich und östlich der südlichen Anrainergemeinden anschliessenden *restlichen Agglomerationsgemeinden* (mit deutlich geringerer Lärmbelastung) sowie die im Nordwesten des Untersuchungsgebietes gelegenen *nördlichen Landgemeinden*.

Im Einzugsgebiet von *Genf-Cointrin* werden die von Villenquartieren geprägten *Seegemeinden*, die *innere Agglomeration* (grosse Industrie- und Wohngemeinden) und die etwas weiter vom Flughafen gelegenen und eher ländlich geprägten *westlichen Landgemeinden* unterschieden.

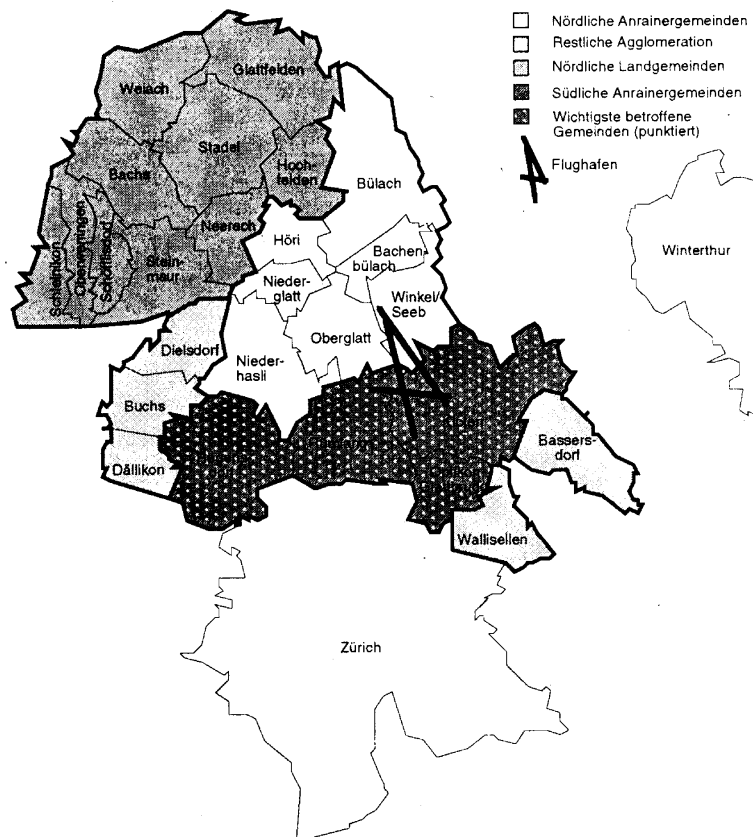


Abb. 2.7 Untersuchungsbereich um den Flughafen Zürich-Kloten: Lage der Gemeinden und Gliederung in die untersuchten Gemeindegruppen

BUWAL Lärmmissionen Flughäfen Zürich-Kloten und Genf-Cointrin

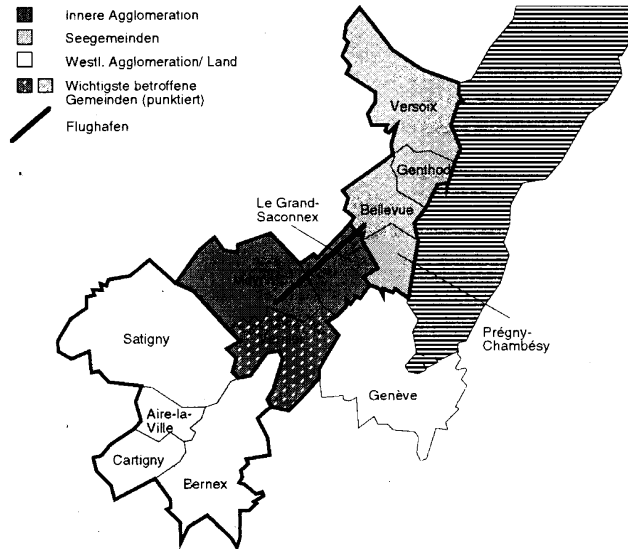


Abb. 2.8 Untersuchungsbereich um den Flughafen Genf-Cointrin: Lage der Gemeinden und Gliederung in die untersuchten Gemeindegruppen

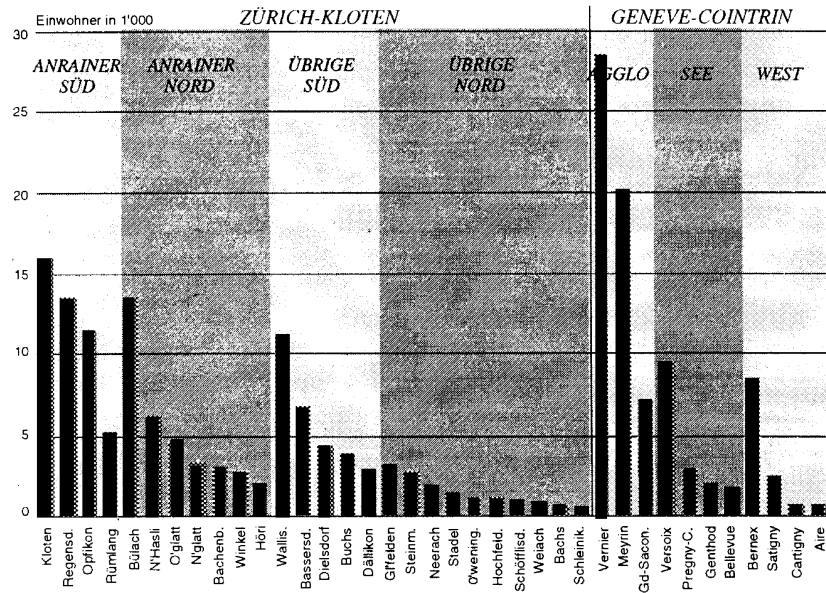


Abb. 2.9 Einwohnerzahlen 1995 der Gemeinden im Untersuchungsgebiet nach Gemeindegruppen



## A3 Proposition de valeur limite du Groupe de travail <sup>60</sup>

### A3.1 Variantes évaluées par le Groupe de travail

Le Groupe de travail a discuté d'un ensemble de 4 variantes (A, B, C et D) : La variante A se base sur le même effet gênant du bruit du trafic routier et du bruit du trafic aérien le jour. Si l'on excepte les valeurs d'alarme, la variante A a repris pour le jour les valeurs limites pour le trafic routier. Le schéma de valeur limite pour les aérodromes militaires (annexe 8 OPB) représente la base de la variante D. A ce propos, il faut relever que le passage du degré de sensibilité II au degré III en est la caractéristique principale. La variante B est une variation de D ; la variante C est une forme mixte des variantes B et D (voir tableau A3.1).

**Tableau A3.1** Valeurs limites d'exposition

Le niveau d'évaluation  $L_r$  est calculé pour le jour conformément au chap. 5.1. Pour la nuit,  $L_r$  est calculé et évalué conformément au chap. 5.2 pour les valeurs de pointe pour chacune des périodes allant de 22 à 23 h, 23 à 24 h \*\* et 5 à 6 h. La durée moyenne est à chaque fois d'une heure.

Valeurs limites d'exposition							
Variante	Degré de sensibilité (Art. 43 OPB)	Valeur de planification $L_r$ en dB(A)		Valeur limite d'immission $L_r$ en dB(A)		Valeur d'alarme $L_r$ en dB(A)	
		Jour	Nuit *	Jour	Nuit *	Jour	Nuit *
<b>A</b>	I	50	40	55	45	60	55
	II	55	45	60	50	65	60
	III	60	50	65	55	70	65
	IV	65	55	70	60	75	70
<b>B</b>	I	50	40	55	45	60	55
	II	57	47	62	52	67	62
	III	57	47	62	52	67	62
	IV	65	55	70	60	75	70
<b>C</b>	I	50	40	55	45	60	55
	II	57	47	62	52	67	62
	III	60	50	65	55	70	65
	IV	65	55	70	60	75	70
<b>D</b>	I	50	40	55	45	60	55
	II	60	50	65	55	70	65
	III	60	50	65	55	70	65
	IV	65	55	70	60	75	70

\* la nuit est divisée en trois heures : 22 à 23 h, 23 à 24 h \*\* et 5 à 6 h

\*\* les vols de ligne retardés peuvent atterrir et décoller jusqu'à 0.30 h

<sup>60</sup> La composition du Groupe de travail se trouve au chapitre 1.3.

## A3.2 Evaluation des variantes A à D

Les **critères** énumérés ci-dessous permettent d'évaluer les effets des variantes A à D. Les variantes sont comparées entre elles en fonction des divers critères. En outre, des graduations sont indiquées pour chaque critère :

- Concordance des valeurs limites d'exposition avec celles du trafic routier (bonne - moyenne - mauvaise).
- Niveau de protection pour les degrés de sensibilité II et III (élevé - moyen - bas)
- Incitation à déclasser le degré de sensibilité II en degré de sensibilité III (élevée - faible - nulle)
- Etendue des mesures d'isolation acoustique (grande - moyenne - faible)
- Restrictions pour la délimitation et l'équipement de zones de constructions de logements ou de bâtiments de services situés dans des zones d'habitation pures, et dans des zones d'habitation mixtes (grande - moyenne - faible)
- Restrictions des permis de construire pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones d'habitation pures, et dans des zones mixtes (grande - moyenne - faible)
- Obligation d'indemniser en cas d'expropriation par rapport à la pratique actuelle du Tribunal fédéral (plus élevée - semblable - plus faible)

La discussion est résumée au tableau A3.2. Auparavant, les concepts de concordance et de niveau de protection seront encore définis.

L'étude sur le bruit '90 montre que le bruit de l'aviation provoque un effet de gêne semblable à celui du trafic routier pour un même niveau moyen (voir chapitre 4). Cette **concordance** ne peut toutefois être évaluée que **pour le jour**, parce que l'étude sur le bruit '90 ne dit rien sur la nuit (qui n'a pas fait l'objet de l'enquête) et parce que le Groupe de travail a prévu pour la nuit une évaluation tout à fait différente (le niveau maximum sert de base) de celle qui est valable pour le bruit du trafic routier. La concordance est donc réalisée sur la base d'une simple comparaison quantitative des valeurs de jour.

Le **niveau de protection** résulte de l'étendue des mesures qui sont nécessaires pour respecter les valeurs limites d'exposition. Des valeurs limites plus basses ont pour résultat un niveau de protection élevé. Mais il faut se rappeler que les aéroports concessionnaires peuvent bénéficier d'exceptions (allègements) par rapport au respect de ces valeurs limites, dans la mesure où les intérêts de l'exploitation aérienne sont prépondérants par rapport à ceux de la protection contre le bruit. Une pesée des intérêts est toutefois nécessaire pour l'octroi d'allègements et, pour des valeurs limites d'exposition plus basses, cette pesée des intérêts intervient plus rapidement (cf. 2.1.3).

### La variante A...

- offre une bonne concordance avec le bruit du trafic routier (un écart ne se présente que pour les valeurs d'alarme du degré de sensibilité II).
- offre un **niveau de protection élevé** pour le degré de sensibilité II. Mais elle présente aussi une incitation élevée aux responsables de la planification (communes) à déclasser le degré de sensibilité II en degré de sensibilité III. Le danger de la réduction de la protection augmente non seulement par rapport au bruit de l'aviation, mais également par rapport à tous les autres types de bruit. (Le degré de sensibilité attribué à une zone d'affectation vaut toujours pour tous les type de bruit).



- offre un **niveau de protection moyen** pour le degré de sensibilité III.
- exige de grandes mesures d'isolation acoustique pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones d'habitations pures, et faibles pour des logements ou des bâtiments de services, situés dans des zones mixtes.
- limite la **délimitation** et l'**équipement** de zones de construction. Pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones d'habitations pures, cela représente une restriction importante, et pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones mixtes, cela représente une restriction faible.
- limite les **permis de construire**. Pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones d'habitations pures, cela représente une forte restriction, et pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones mixtes, une restriction faible.
- conduit aux mêmes indemnités en cas d'expropriation par rapport à la pratique actuelle du Tribunal fédéral (obligation d'indemnisation à partir de la valeur limite d'immission – correspondant à un  $L_{eq}$  de 60 dB(A) pour le DS II et un  $L_{eq}$  de 65 dB(A) pour le DS III).

### **La variante B ...**

- a une **concordance moyenne à mauvaise** avec le bruit du trafic routier (écart total pour le degré de sensibilité II + le degré de sensibilité III).
- offre un **niveau de protection moyen** pour le degré de sensibilité II. Elle comprend une faible incitation au déclassement pour le bruit du trafic aérien. Mais cela n'est pas valable pour toutes les autres sortes de bruit.
- offre un **niveau de protection élevé** pour le degré de sensibilité III (de nombreux locaux à usage industriel sont ici également touchés), elle comprend une faible incitation au déclassement pour le bruit du trafic aérien – mais pas pour toutes les autres sortes de bruit.
- exige une étendue moyenne des **mesures d'isolation acoustique** pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones d'habitations pures, et également une étendue moyenne pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones mixtes.
- limite la **délimitation** et l'**équipement** de zones de construction. Pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones d'habitations pures, cela signifie une restriction moyenne, et pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones mixtes, cela représente également une restriction moyenne.
- limite les **permis de construire**. Pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones d'habitations pures, cela représente une restriction moyenne, et pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones mixtes, cela représente également une restriction moyenne.
- conduit à des **indemnités plus basses** (pour le DS II), respectivement **plus élevées** (pour le DS III) **en cas d'expropriation** par rapport à la pratique actuelle du Tribunal fédéral.

### **La variante C ...**

- offre une **concordance moyenne** avec le bruit du trafic routier (écart complet pour le degré de sensibilité II).

- offre un **niveau de protection moyen** pour le degré de sensibilité II. L'incitation au déclassement dans le degré de sensibilité II est faible et, par conséquent, le risque de réduction de protection générale n'est pas autant grand que pour la variante A.
- offre un **niveau de protection moyen** pour le degré de sensibilité III.
- exige une étendue moyenne des **mesures de protection acoustique** pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones d'habitations pures, et une étendue faible pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones mixtes.
- limite la **délimitation** et l'**équipement** de zones de constructions. Pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones d'habitations pures, cela représente une restriction moyenne, et pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones mixtes, cela représente une restriction faible.
- limite les **permis de construire**. Pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones d'habitations pures, cela représente une restriction moyenne, et pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones mixtes, cela représente une restriction faible.
- conduit à des **indemnités plus basses** (pour le DS II), respectivement semblables (pour le DS III) **en cas d'expropriation** par rapport à la pratique actuelle du Tribunal fédéral.

#### La variante D ...

- a une mauvaise concordance avec le bruit du trafic routier (grands écarts pour le degré de sensibilité II).
- a un **niveau de protection bas** pour le degré de sensibilité II. Elle comprend une forte incitation au reclassement pour le bruit du trafic aérien – mais pas pour toutes les autres sortes de bruit (comme pour la variante B).
- offre un **niveau de protection moyen** pour le degré de sensibilité III.
- exige une étendue faible des **mesures de protection acoustique** pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones d'habitations pures, et également une étendue faible pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones mixtes.
- limite la **délimitation** et l'**équipement** de zones de constructions. Pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones d'habitations pures, cela représente une restriction moyenne, et pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones mixtes, cela représente une restriction faible.
- limite les **permis de construire**. Pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones d'habitations pures, cela représente une faible restriction, et pour des logements ou des bâtiments de services situés dans des zones mixtes, cela représente également une faible restriction.
- conduit à des **indemnités considérablement plus basses** (pour le DS II), respectivement semblables (pour le DS III) **en cas à d'expropriation** par rapport à la pratique actuelle du Tribunal fédéral.

**Tableau A3.2** Comparaison des variantes

Echelle : Concordance (bonne – moyenne – mauvaise) ; niveau de protection ( élevé – moyen – bas) ; mesures d'isolation acoustique et restrictions (grandes – moyennes – faibles), indemnités (plus basses – semblables – plus élevées)

Critères	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
<b>Concordance avec le bruit du trafic routier</b> (seulement pour le jour)	bonne	moyenne à mauvaise	moyenne	mauvaise
<b>Niveau de protection DS II</b>	élevé	moyen	moyen	bas
<b>DS III</b>	moyen	élevé	moyen	moyen
<b>Incitation au déclassement de DS II en DS III</b>	élevé	aucune	faible	aucune
<b>Mesures d'isolation acoustique</b> dans les zones d'habitations pures	grandes	moyennes	moyennes	faibles
dans les zones mixtes	faibles	moyennes	faibles	faibles
<b>Restrictions relatives à la délimitation et à l'équipement</b> dans les zones d'habitations pures	grandes	moyennes	moyennes	moyennes
dans les zones mixtes	faibles	moyennes	faibles	faibles
<b>Restrictions des permis de constructions</b> dans les zones d'habitations pures	grandes	moyennes	moyennes	faibles
dans les zones mixtes	faibles	moyennes	faibles	faibles
<b>Indemnités par rapport à la pratique actuelle du Tribunal fédéral</b> (n'ont été évaluées jusqu'à présent que pour les immissions excessives le jour)	semblables	DS II : + basses DS III : + élevées	DS II : + basses DS III : semblables	DS II : notablement + basses DS III : semblables

### A3.3 Proposition du Groupe de travail

Plusieurs variantes ont été discutées au sein du Groupe de travail. Un vote consultatif a montré que la majorité du Groupe de travail était d'avis que la variante A représentait la meilleure évaluation. Deux membres ont préféré la variante D.

Les réflexions suivantes ont conduit la majorité du Groupe de travail à accorder la préférence à la variante A :

- la variante A offre un niveau élevé de protection à la population touchée. La protection est surtout élevée dans les zones d'habitations pures (degré de sensibilité II), à savoir là où le besoin de protection est le plus élevé. Le Groupe de travail s'est bien rendu compte que les exploitants des aéroports nationaux revendiqueront certainement des allègements vu les valeurs limites relativement basses de la variante A. Cependant, la protection de la population contre le bruit du trafic aérien reste plus élevée que pour les autres variantes, car les allègements ne peuvent être octroyés qu'en fonction d'une pesée des intérêts, qui devra être faite à un niveau sonore inférieur dans la variante A.
- Le Groupe de travail se rend également bien compte qu'un niveau de protection plus élevé signifie également une plus grande incitation à changer de degré de sensibilité. Il estime cependant qu'il est peu probable que de grandes régions soient déclassées, parce que ce déclasserement ne pourrait se faire que sur la base d'un processus démocratique auquel les personnes concernées peuvent participer.
- Comme on l'a démontré, l'effet gênant du bruit du trafic aérien correspond environ à celui du bruit du trafic routier. La variante A tient compte de cette situation dans la mesure où les valeurs limites des deux types de bruit concordent. La variante A se fonde ainsi sur une base scientifique solide et c'est celle qui tient le mieux compte des critères contenus aux articles 15, 19 et 23 de la LPE.
- La séparation claire entre les degrés de sensibilité II et III est en harmonie avec les obligations liées à l'aménagement du territoire. La protection contre le bruit soutient ainsi de façon optimale les affectations définies dans le plan de zones.
- Dans la mesure où des allègements sont demandés, qui conduiraient à des expositions au bruit inacceptables, la variante A offre la meilleure protection possible de la population par le biais des fenêtres antibruit.
- Le niveau des indemnités éventuelles à verser à la suite d'expropriation en cas d'exposition excessive au bruit n'augmente pas dans la variante A par rapport à la pratique actuelle du Tribunal fédéral, puisque le Tribunal fédéral a déjà fondé les décisions qu'il a prises jusqu'à présent sur des valeurs qui correspondent aux valeurs limites de la variante A.

Une minorité du Groupe de travail (représentants de l'aviation) préfèrent la variante D qui se fonde sur un  $L_{eq}$  de 8 heures couvrant l'ensemble de la nuit. Elle insiste pour que le rapport comprenne ce qui suit (citation sans commentaire) :

- "La comparaison avec le trafic routier peut servir de point de repère, mais ne peut pas servir de référence absolue. La gêne due au bruit de l'aviation n'est pas décrite par les mêmes facteurs que la gêne due au trafic routier. Le  $L_{eq}$  à lui seul représente moins de la moitié de la gêne.
- La protection que l'OPB souhaite réaliser à proximité des aéroports nationaux par rapport aux limitations d'émissions techniques et d'exploitation déjà existantes se présente presque exclusivement sous la forme d'isolation acoustique et de restriction à la construction et à la planification. D'après la pratique la plus récente du Tribunal fédéral, il faut s'attendre à des indemnités 5 à 10 fois plus élevées que le coût d'isolation acoustique en cas de dépassement des valeurs limites d'immissions (les chiffres définitifs de l'enquête Wüest & Partner ne sont pas encore connus). Les indemnités ne procurent cependant aucune protection supplémentaire contre le bruit aux riverains des aéroports à moins que le trafic des aéroports nationaux ne soit massivement réduit en raison de l'attribution de coûts supplémentaires excessifs.
- Dans ces conditions, on peut aussi s'attendre à ce qu'un groupe d'experts fixe des valeurs limites dans le cadre de la marge de manœuvre accordée par la LPE en tenant compte des conséquences matérielles et politiques. Les valeurs limites telles que définies par l'OPB doivent en fin de compte aussi être réalisables du point de vue politique et supportables du point de vue financier. Même si la différence entre les variantes A et D

semble au premier abord minime, les effets en matière d'aménagement du territoire et les effets économiques sont très grands. Il ne sert à rien de prévoir des scénarios qui ne peuvent finalement que provoquer la frustration des riverains des aéroports et des exploitants d'aéroports et qui ne peuvent que polariser l'attention en cas de non-respect des attentes créées."

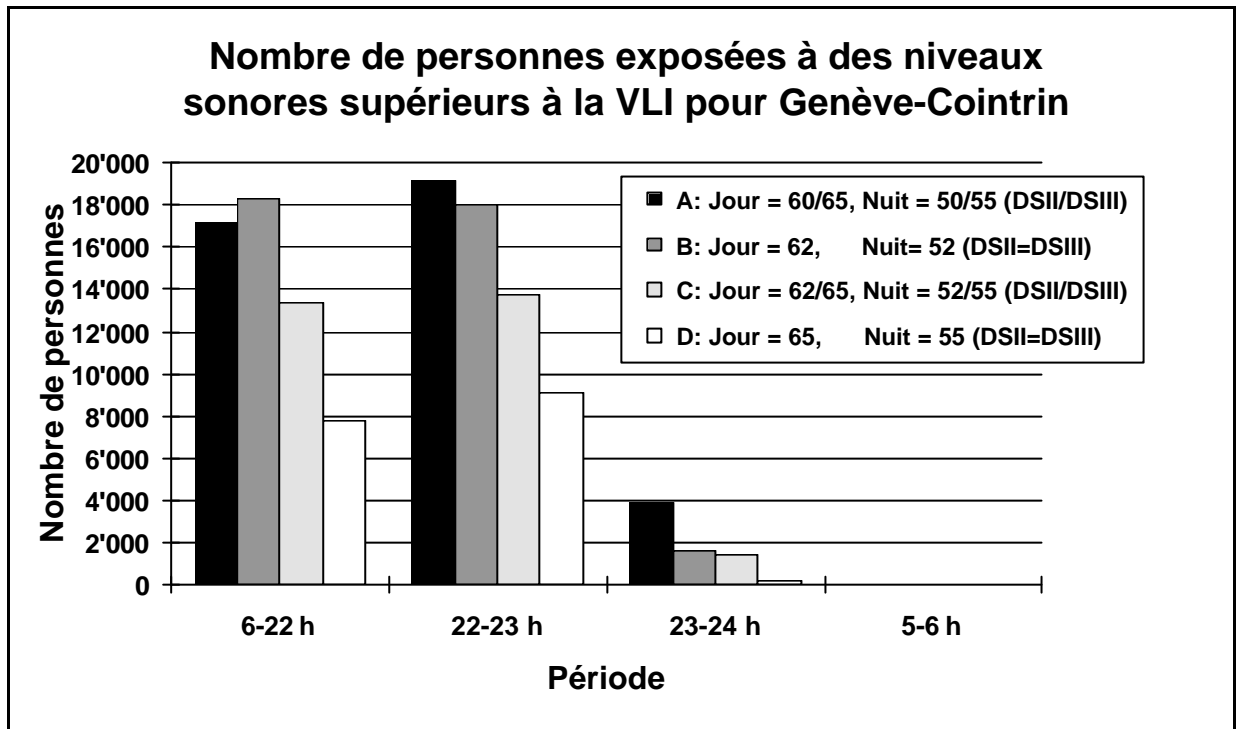
- "Les valeurs limites de nuit semblent être plus basses de 10 dB dans les variantes A à D comme pour les autres sortes de bruit par rapport aux valeurs limites de jour. Mais elles correspondent en fait à une baisse de 18 dB, ce qui n'est pas visible parce que l'on se réfère à une durée moyenne d'une heure. En pratique, une VLI de 55 dB(A) signifie que des fenêtres antibruit doivent déjà être prescrites pour des zones qui ont un niveau  $L_{max}$  d'environ 75 dB(A). Mais la protection contre des réactions de réveil existe déjà pour un niveau extérieur  $L_{max}$  situé autour de 75 dB(A) pour une fenêtre ouverte et jusqu'à environ 85 dB(A) pour une fenêtre normale fermée. Les fenêtres antibruit ne sont donc nécessaires qu'à partir du moment où un niveau  $L_{max}$  d'environ 85 dB(A) et davantage est enregistré régulièrement. Ces zones sont par exemple couvertes par une VLI de nuit de 55 dB(A) en se référant à un  $L_{eq}$  de 8 heures. Une isolation acoustique obligatoire peut aussi avoir un certain effet subjectif en dessous de cette limite. En fixant les valeurs limites, il faut toutefois tenir compte du fait que les dépassements de VLI ont également pour conséquence des restrictions à la construction et à la planification, de même que des indemnités.
- Il convient de faire ressortir clairement le sens et l'effet des valeurs de planification pour le bruit de l'aviation à proximité des aéroports nationaux. Par le biais des valeurs de planification, l'OPB veut empêcher, là où il existe encore une certaine marge de manœuvre, la création de nouvelles zones et la construction de zones encore non exploitées à des fins de logement même si elles se situent en dessous des valeurs limites d'immission. Cependant, autour des aéroports nationaux, les zones pour lesquelles les valeurs de planification sont dépassées sont très étendues. Elles signifient, selon le choix de la valeur limite, que des douzaines de communes se verraient pratiquement interdire toute planification de construction de logements. On peut se demander si la protection supplémentaire ainsi obtenue serait en rapport avec la limitation du développement de ces régions. La prise de position des communes touchées revêtira à cet égard une très grande importance".



## A4 Conséquences des variantes A à D

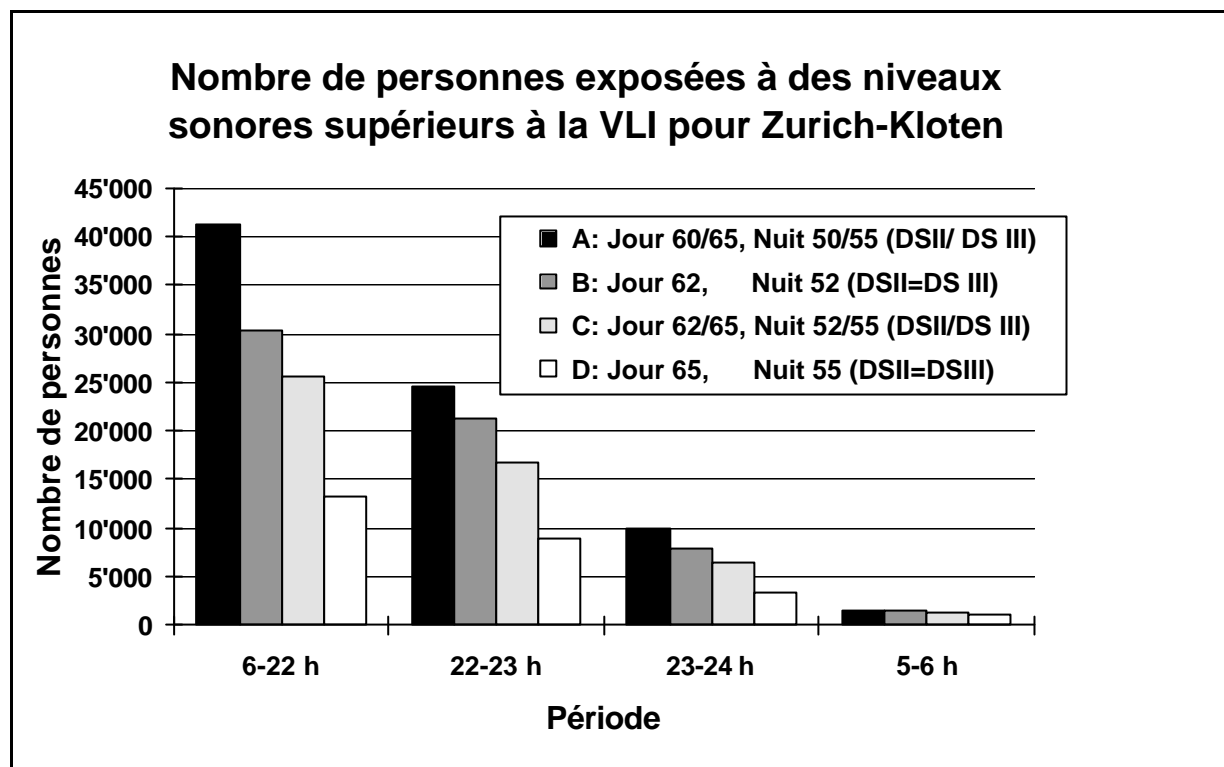
### A4.1 Nombre de personnes exposées à des niveaux sonores supérieurs à la VLI

#### A4.1.1 Environs de l'aéroport de Genève-Cointrin



**Figure A4.1** Nombre de personnes exposées à des niveaux sonores supérieurs aux valeurs limites dans les environs de l'aéroport de Genève-Cointrin (total 84'000 habitants).

## A4.1.2 Environs de l'aéroport de Zurich-Kloten



**Figure A4.2** Nombre de personnes exposées à des niveaux sonores supérieurs aux valeurs limites dans les environs de l'aéroport de Zurich-Kloten (total 112'000 habitants).

## A4.2 Etendue et coût des mesures d'isolation acoustique

### A4.2.1 Installations existantes

**Tableau A4.1** Nombre de personnes qui vivent dans des zones exposées au-dessus de la valeur d'alarme à proximité des aéroports de Genève-Cointrin et de Zurich-Kloten (sans les villes de Genève et de Zurich).

	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
Zurich-Kloten	16'400	12'200	8'700	3'600
Genève-Cointrin	7'400	5'000	4'500	600



**Tableau A4.2** Coût des fenêtres antibruit dans les environs de Genève-Cointrin et de Zurich-Kloten pour les installations existantes (sur la base de l'exposition de jour et de nuit).

en Mio. Fr.	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
Zurich-Kloten	74	55	39	16
Genève-Cointrin	33	22	20	3
<b>Total:</b>	<b>107</b>	<b>77</b>	<b>59</b>	<b>19</b>

#### A4.2.2 Nouvelles installations ou installations notablement modifiées

**Tableau A4.3** Nombre de personnes exposées à des niveaux sonores supérieurs à la valeur limite d'immission dans les environs des aéroports de Genève-Cointrin et Zurich-Kloten (jour et/ou nuit).

	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
Zurich-Kloten	58'600	48'500	40'200	22'200
Genève-Cointrin	21'100	21'000	16'200	10'600

**Tableau A4.4** Coût des fenêtres antibruit dans les environs de Genève-Cointrin et de Zurich-Kloten pour les installations nouvelles ou notablement modifiées (sur la base de l'exposition de jour et de nuit).

en Mio. Fr.	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
Zurich-Kloten	264	218	181	100
Genève-Cointrin	95	95	73	48
<b>Total:</b>	<b>359</b>	<b>313</b>	<b>254</b>	<b>148</b>

## A4.3 Indemnités éventuelles en cas d'expropriation

### A4.3.1 Surfaces indemnisables

**Tableau A4.5** *Etendue des surfaces indemnisables.*

Les incertitudes concernant la surface des terrains varient entre +/- 10 % et +/- 30 % en fonction du type et du lieu des terrains, les données sont arrondies à 5 ha.

J = exposition de jour, ΔN = "s'ajoute en raison de l'exposition de nuit", J+N = exposition de jour et de nuit cumulée en tenant compte du système de pistes.

en hectares		Variante A			Variante B			Variante C			Variante D		
		J	DN	J+N	J	DN	J+N	J	DN	J+N	J	DN	J+N
Surface des terrains non construits	Zurich-Kloten	125	80	205	135	85	220	90	60	150	50	40	90
	Genève-Cointrin	55	10	65	45	15	60	40	15	55	25	15	40
	Ensemble :	270			280			205			130		
Surface des terrains construits	Zurich-Kloten	175	95	270	145	120	265	115	70	185	95	40	135
	Genève-Cointrin	135	30	165	95	40	135	80	40	120	40	35	75
	Ensemble :	435			400			305			210		
<b>Total:</b>		<b>705</b>			<b>680</b>			<b>510</b>			<b>340</b>		

### A4.3.2 Revendications éventuelles

**Tableau A4.6** *Revendications éventuelles en matière d'indemnisation.*

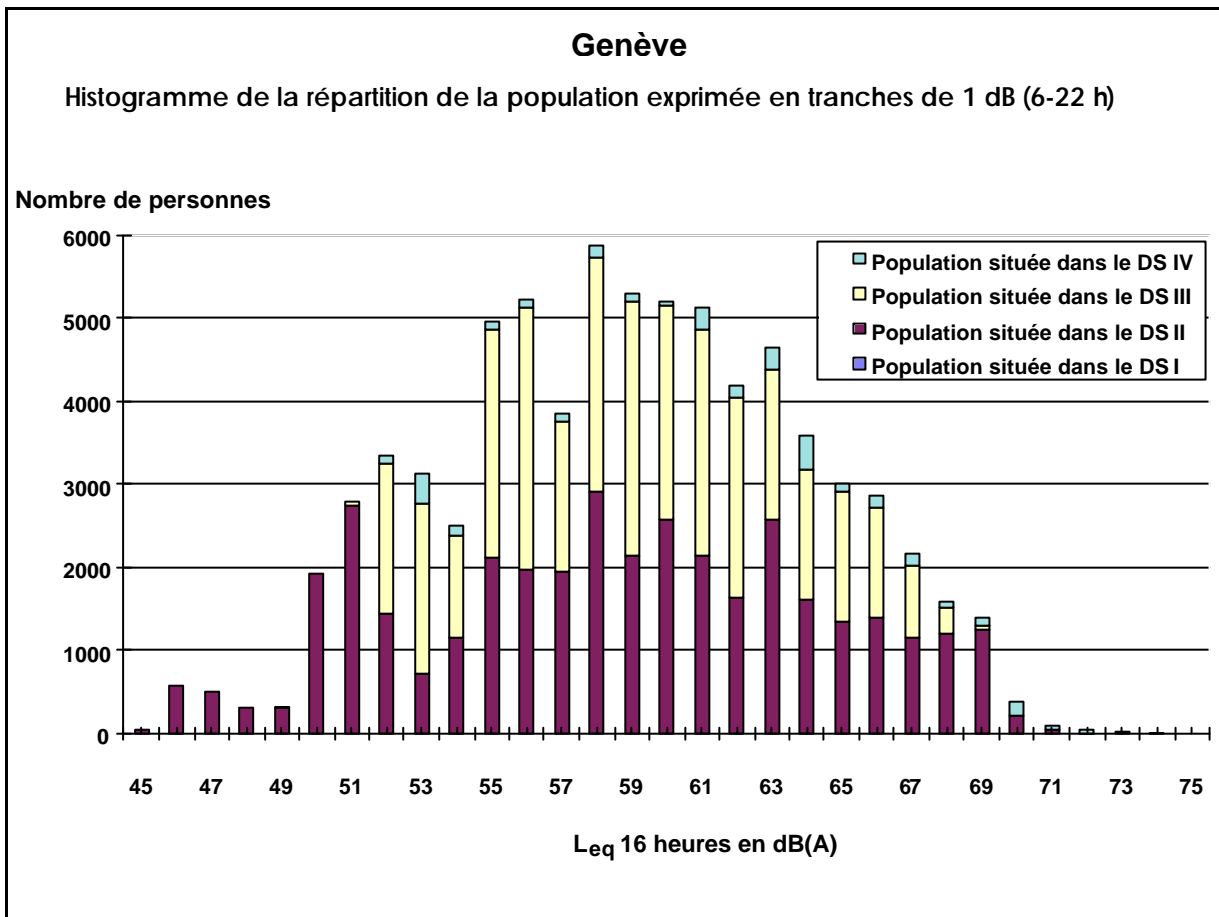
Les incertitudes concernant les indemnités varient entre +/- 35 % et +/- 50 % selon le type et le lieu des terrains.

J = exposition de jour, ΔN = "s'ajoute en raison de l'exposition de nuit", J+N = exposition de jour et de nuit cumulée en tenant compte du système de pistes.

en Mio. Fr.		Variante A			Variante B			Variante C			Variante D		
		J	DN	J+N	J	DN	J+N	J	DN	J+N	J	DN	J+N
pour les terrains non construits	Zurich-Kloten	715	420	1135	760	460	1220	500	305	805	270	185	455
	Genève-Cointrin	260	50	310	205	70	275	180	70	250	110	60	170
	Ensemble :	1'445			1'495			1'055			625		
pour les terrains construits	Zurich-Kloten	300	160	460	260	190	450	215	120	335	185	85	270
	Genève-Cointrin	225	45	270	155	60	215	135	60	195	80	60	140
	Ensemble :	730			665			530			410		
<b>Total:</b>		<b>2'175</b>			<b>2'160</b>			<b>1'585</b>			<b>1'035</b>		

## A5 Cartes et tableaux relatifs à l'exposition au bruit de l'aviation

### A5.1 Exposition au bruit de la population résidant à proximité de Genève-Cointrin



## **A5.2 Courbes isophones du niveau moyen $L_{eq}$ autour de Genève-Cointrin le jour**

Les cartes ne sont pas disponibles en version électronique

## **A5.3 Courbes isophones du niveau moyen $L_{eq}$ autour de Genève-Cointrin la nuit**

### **A5.3.1 Première heure nocturne 22 - 23 h**

Les cartes ne sont pas disponibles en version électronique

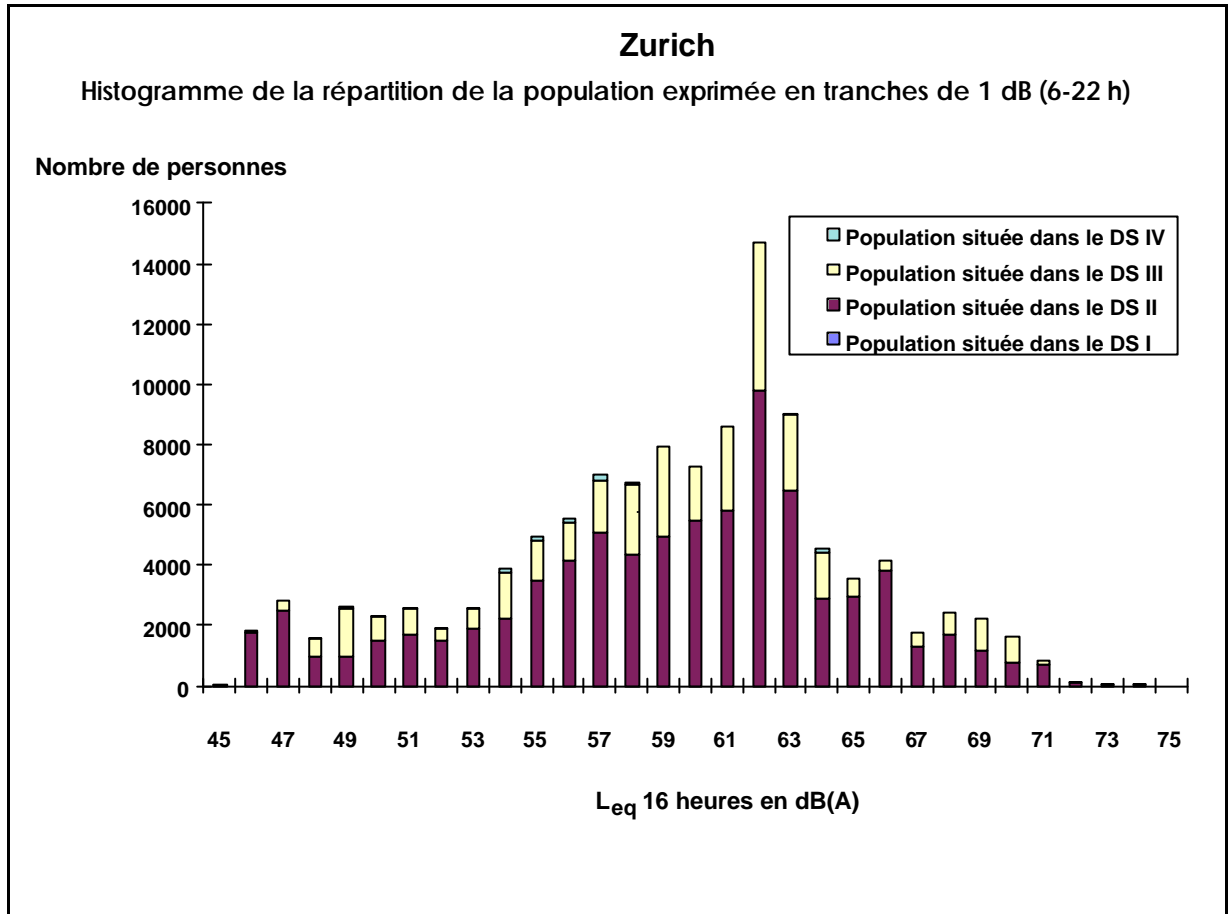
### **A5.3.2 Deuxième heure nocturne 23 - 24 h**

Les cartes ne sont pas disponibles en version électronique

### **A5.3.3 Dernière heure nocturne 05 - 06 h**

..... Les cartes ne sont pas disponibles en version électronique

## A5.4 Exposition au bruit de la population résidant à proximité de Zurich-Kloten



## **A5.5 Courbes isophones du niveau moyen $L_{eq}$ autour de Zurich-Kloten le jour**

Les cartes ne sont pas disponibles en version électronique

## **A5.6 Courbes isophones du niveau moyen $L_{eq}$ autour de Zurich-Kloten la nuit**

### **A5.6.1 Première heure nocturne 22 - 23 h**

Les cartes ne sont pas disponibles en version électronique

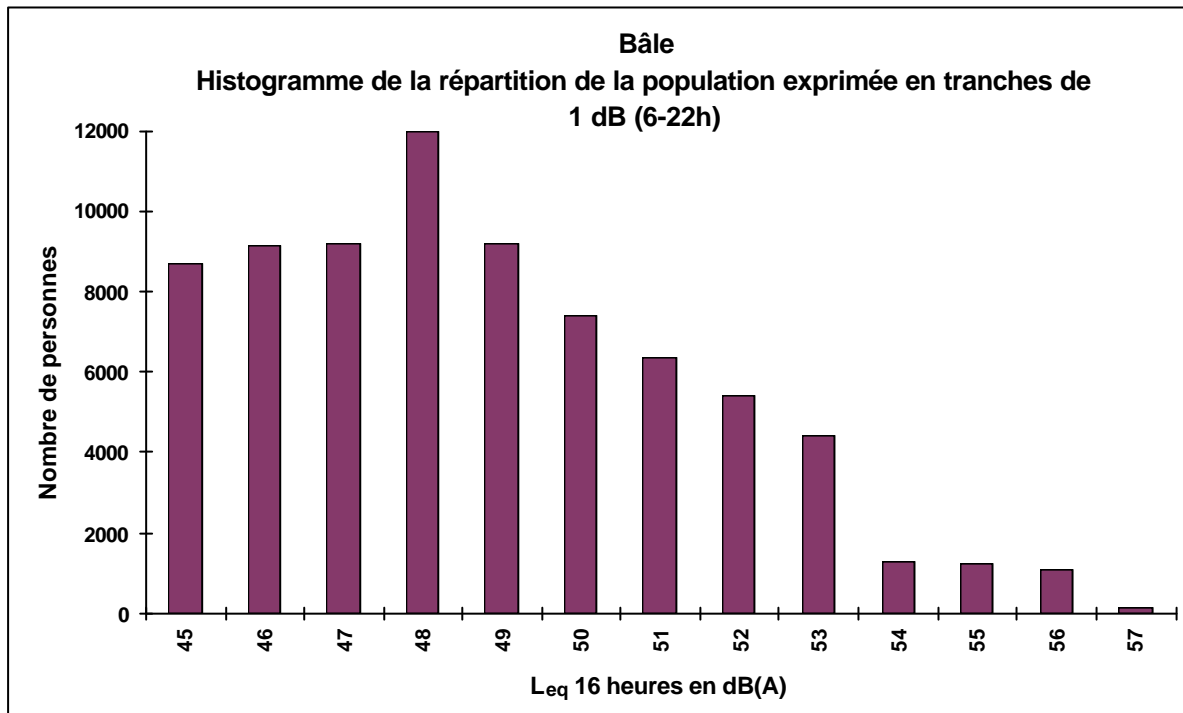
### **A5.6.2 Deuxième heure nocturne 23 - 24 h**

Les cartes ne sont pas disponibles en version électronique

### **A5.6.3 Dernière heure nocturne 05 - 06 h**

Les cartes ne sont pas disponibles en version électronique

## A5.7 Exposition au bruit de la population résidant à proximité de Bâle-Mulhouse



Les données disponibles ne permettent pas, pour Bâle, une représentation en fonction des quatre degrés de sensibilité.

## **A5.8 Courbes isophones du niveau moyen $L_{eq}$ autour de Bâle-Mulhouse le jour**

Les cartes ne sont pas disponibles en version électronique

## **A5.9 Plans des zones de bruit**

### **A5.9.1 Zurich-Kloten**

Les cartes ne sont pas disponibles en version électronique

### **A5.9.2 Genève-Cointrin**

Les cartes ne sont pas disponibles en version électronique



## Schriftenreihe Umwelt (Lärm) – Cahier de l`environnement (Bruit)

Bezugsquelle BUWAL / Commande OFEFP

- Nr. 15: Strassenlärmmodell für überbaute Gebiete. 3. Auflage. April 1991. 76 S.  
Modèle de bruit du trafic routier dans les zones habitées. 2ème édition.
- Nr. 35: Berechnungsverfahren für Schiesslärm von 300m-Anlagen. 1985. 76 S.  
Modèle de calcul du bruit des installations de tir à 300m.
- Nr. 57: Anleitung zur Ermittlung und Beurteilung von Lärmimmissionen an Strassen. Januar 1987. 18 S.  
Instructions pour la détermination et l`évaluation des immissions de bruit aux abords des routes.
- Nr. 58: Anleitung zur Ermittlung und Beurteilung von Lärmimmissionen bei 300m-Schiessanlagen. Januar 1987. 19 S.  
Instructions pour la détermination et l`évaluation des immissions de bruit à proximité des installations de tir à 300m.
- Nr. 77: Anleitung zur Erstellung von Lärmbelastungskatastern und zur Planung von Massnahmen. Dezember 1988. 44 S.  
Instructions pour l`établissement des cadastres de bruit et pour la planification de mesures.
- Nr. 103: Belastungsgrenzwerte für den Lärm von Militärflugplätzen. 5. Teilbericht der Eidg.Kommission für die Beurteilung von Lärm-Immissionsgrenzwerten. April 1989. 33 S.  
Valeurs limites d`exposition au bruit des aérodromes militaires. 5ème rapport de la Commission fédérale pour l`évaluation des valeurs limites d`immissions pour le bruit.
- Nr. 114: Grobverfahren zur Bestimmung von Eisenbahnlärm. November 1989. 38 S.  
Procédé approximatif pour la détermination du bruit des chemins de fer.
- Nr. 116: SEMIBEL. Schweizerisches Emissions- und Immissionsmodell für die Berechnung von Eisenbahnlärm. Version 1. Programmdokumentation. März 1990. 78 S.  
SEMIBEL. Modèle suisse des émissions et des immissions pour le calcul du bruit des chemins de fer. Version 1. Manuel d`utilisation du logiciel.
- Nr. 130: Computermodell SL-90 zur Berechnung von Schiesslärm von 300m-Anlagen. 1991.  
Modèle de calcul SL-90 pour le bruit des installations de tir à 300m. 1991
- Nr. 205: Lärmschutz: Die Festlegung von Empfindlichkeitsstufen. Rechtsgutachten. Juli 1993. 132 S.
- Nr. 296: Belastungsgrenzwerte für den Lärm der Landesflughäfen. 6. Teilbericht der Eidg.Kommission für die Beurteilung von Lärm-Immissionsgrenzwerten. 1997. 117 S.  
Valeurs limites d`exposition au bruit des aéroports nationaux. 6ème rapport partiel de la Commission fédérale pour l`évaluation des valeurs limites d`immissions pour le bruit.
- Nr. 301: Wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen. 1998. 150 S.  
Caractère économiquement supportable et proportionnalité des mesures de protection contre le bruit.