



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung EKLB
Commission fédérale pour la lutte contre le bruit CFLB
Commissione federale per la lotta contro il rumore CFLR
Cumissiun federala per il cumbat cunter la canera CFCC

Plan directeur de la recherche sur le bruit

Nécessité d'actualiser les bases d'évaluation du bruit



Plan directeur de la recherche sur le bruit

Nécessité d'actualiser les bases d'évaluation du bruit

1^{er} octobre 2010

Impressum

Auteur: CFLB
Titre: Plan de recherche Bruit
Sous-titre: Nécessité d'actualiser les bases d'évaluation du bruit
Lieu: Berne
Année: 2010

Groupe d'accompagnement

Tommaso Meloni (direction du projet, Commission fédérale pour la lutte contre le bruit)

Peter Ettler (Commission fédérale pour la lutte contre le bruit)

Beat Marty (Commission fédérale pour la lutte contre le bruit)

Equipe de projet

Ecoplan

Heini Sommer (direction globale du projet)

Sarah Werner

Robert Hofmann (direction du projet Document de base Historique)

Büro für Gesetzgebung

Christoph Zäch † (direction du projet Document de base Droit)

Planteam GHS AG

Reto Höin (direction du projet Document de base Technique et exploitation)

Bruno Buchmann

EMPA, division Acoustique / Réduction du bruit

Kurt Eggenschwiler (direction du projet Document de base Acoustique à partir du 1^{er} janvier 2009)

Georg Thomann (direction du projet Document de base Acoustique jusqu'à fin 2008)

EPF Zurich, MTEC Public and Organizational Health

Mark Brink (direction du projet Document de base Effets du bruit)

Avant-propos

La Commission fédérale pour la lutte contre le bruit (CFLB) a notamment pour tâche de conseiller le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) concernant les aspects scientifiques des conséquences du bruit pour la santé et le bien-être de la population. Elle doit en particulier élaborer des méthodes pour évaluer les effets du bruit et proposer des valeurs limites d'exposition assurant la protection de la population. Elle a procédé aux études scientifiques nécessaires pour toutes les valeurs limites actuellement arrêtées dans l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB). Les premières recommandations remontent à 1979 et concernent le bruit routier. Les examens les plus récents ont été consacrés à l'évaluation du bruit des installations militaires.

Le mandat consistant à élaborer des bases d'évaluation pour les effets du bruit comprend aussi celui de garantir que ces éléments correspondent toujours à l'état actuel des connaissances scientifiques et empiriques. Depuis les recommandations émises dans les années 1970, la recherche sur les effets du bruit a considérablement évolué. Qui plus est, des critiques ont été émises au sujet des valeurs limites actuellement en vigueur, spécialement celles qui ont été fixées pour le bruit des chemins de fer et de l'aviation. Il faut en outre présumer que les habitudes de vie de la population, en particulier le rythme de veille et de sommeil, ont beaucoup changé depuis les années 1970 et 1980.

Les objectifs de la lutte contre le bruit n'ont pas encore été atteints. Pour parvenir à protéger la population contre le bruit ainsi que le prescrit la loi, il faudra davantage de mesures techniques prises directement à la source, complétées par des mécanismes d'incitation et d'encouragement. Même en plaçant l'accent ailleurs, l'objectif reste de protéger la population contre les atteintes sensibles à son bien-être. Il sera par conséquent toujours nécessaire de disposer d'un système d'évaluation du bruit qui corresponde à l'état le plus récent des connaissances.

Ces éléments, auxquels s'ajoutent les connaissances correspondantes que les membres de la CFLB ont eux-mêmes tirées de la recherche, ont finalement amené la commission à examiner de plus près si les bases sur lesquelles reposent les actuelles valeurs limites sont encore valables et permettent d'émettre des affirmations fondées sur les effets incommodes du bruit. La CFLB s'est appuyée sur les travaux d'une équipe d'experts interdisciplinaire, travaux qui sont documentés dans le présent rapport, et en a conclu que, d'un point de vue scientifique, il y a aujourd'hui un besoin d'intervention. Il s'agit en particulier de mettre à jour les bases fondant les recommandations de la CFLB relatives aux différents types de bruit routier.

La mise à jour des bases scientifiques servant à l'évaluation du bruit requerra plusieurs années de travail. Elle ne remet pas en question les valeurs limites d'immissions en vigueur. Il est toutefois impossible de prévoir actuellement comment cette actualisation pourra se répercuter sur le futur état des connaissances et donc éventuellement aussi sur la réglementation de l'OPB. Il est dès lors important de poursuivre les efforts déployés aujourd'hui pour lutter contre le bruit.

Prof. Anne-Christine Favre, dr en droit, présidente CFLB

L'essentiel en bref

Contexte et motivation

La loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE) et l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB) ont été mises en vigueur dans les années 1980, dans le but de protéger la population, notamment contre une exposition au bruit nuisible ou incommode. Pour évaluer les atteintes et la gêne dues au bruit, des valeurs limites d'immissions pour la route et pour le rail ont d'abord été arrêtées dans l'OPB, suivies de valeurs similaires pour le trafic aérien civil et pour d'autres types de bruit. Les valeurs limites d'immissions sont fixées selon l'état des connaissances ou sur la base de valeurs empiriques, de manière qu'un niveau de bruit inférieur à ces valeurs ne gêne pas la population de manière sensible dans son bien-être.

Or, depuis que ces valeurs limites d'immissions ont été fixées, le trafic a énormément changé. Le volume du trafic a fortement augmenté, tout comme sa composition et les émissions spécifiques des différents véhicules ainsi que la répartition journalière de la circulation. La délimitation entre le jour et la nuit choisie dans l'OPB ne correspond plus forcément au rythme de veille et de sommeil actuel. Des études récentes indiquent en outre que la population ressent tendanciellement une gêne plus forte pour un même niveau de bruit.

Les objectifs de la protection contre le bruit n'ont pas encore été atteints. Jusqu'ici, l'exécution de l'OPB s'est concentrée sur les mesures prises sur le chemin de propagation du bruit (parois antibruit) et sur la pose de fenêtres antibruit. Mais pour protéger la population conformément aux dispositions légales, il faudra prendre des mesures complémentaires directement à la source du bruit, en les complétant avec des mécanismes d'incitation et d'encouragement. Ce changement d'orientation ne modifie en rien le but, qui reste de protéger la population contre des atteintes sensibles à son bien-être. Il sera par conséquent toujours nécessaire de disposer d'un système d'évaluation du bruit qui corresponde à l'état le plus récent des connaissances.

La mise à jour des bases scientifiques servant à l'évaluation du bruit ne remet pas en question les valeurs limites d'immissions en vigueur. Il est toutefois impossible de prévoir actuellement comment cette actualisation pourra se répercuter sur le futur état des connaissances et donc éventuellement aussi sur la réglementation de l'OPB. Il conviendra de prêter une attention toute particulière à cet aspect dans la future communication relative aux travaux de recherche afin que l'actuelle lutte contre le bruit puisse être poursuivie sans fléchir.

Problématique

Il faut un système d'évaluation du bruit correspondant à l'état actuel des connaissances pour qu'il reste possible d'apprécier l'efficacité et l'efficacité de nouvelles mesures de protection contre le bruit en tenant dûment compte de la gêne effective. Dans ce contexte, la Commission fédérale pour la lutte contre le bruit (CFLB), d'entente avec l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), a décidé d'étudier si des éléments scientifiquement fondés justi-

fiaient une vérification ou une actualisation des bases d'évaluation du bruit en général et des valeurs limites d'immissions en particulier.

Démarche méthodologique

La question soulevée concerne une multitude d'aspects du bruit, ceux-ci allant de l'ampleur de l'exposition aux conséquences pour les personnes affectées en termes de nuisances, de gêne, de conséquences pour la santé et de restrictions sociales, en passant par la description acoustique au moyen d'indicateurs de bruit adaptés. Pour analyser ce champ très vaste, une équipe de recherche interdisciplinaire a défini 21 questions-clés. Ces questions ont été réparties en cinq domaines spécialisés, étudiés chacun en détail dans des documents de base (*Inputpapiere*) destinés à alimenter la réflexion. Ces derniers visaient en particulier à cerner les modifications intervenues et les nouvelles connaissances réunies depuis la fixation des valeurs limites d'immissions et à déterminer si ces nouveaux éléments faisaient apparaître un besoin d'intervention. Les résultats de cette analyse ont été débattus en profondeur et validés au cours d'un atelier réunissant des experts suisses et internationaux (cf. annexe A).

Résultats

Le tableau de la page 6 résume les principaux résultats. L'équipe de projet a conclu qu'il y avait un grand besoin d'intervention pour 8 des 21 questions-clés.

Le besoin d'intervention est grand pour la **dimension Effets du bruit**:

- Différents indices donnent à penser que les relations exposition/effet qui sous-tendent les valeurs limites ont évolué au fil du temps, de sorte – le trafic aérien en étant la meilleure preuve – qu'à niveau sonore égal, la gêne est aujourd'hui plus grande. (→Question-clé EB 1)
- Les données de base empiriques utilisées lors de la définition des valeurs limites d'immissions doivent globalement être considérées comme à peine suffisantes, a fortiori pour nos références actuelles. (→ Question-clé EB 2)
- La distinction établie par l'OPB entre le jour (6 – 22 h) et la nuit (22 – 6 h) ne correspond pas (plus) au schéma d'activité actuel de la population. (→Question-clé EB 4)
- Les effets des bruits combinés doivent encore faire l'objet de recherches. On ignore encore comment appréhender le bruit de plusieurs sources et quels sont exactement les effets incommodes ou nuisibles des bruits combinés. (→Question-clé EB 7)
- La fixation des valeurs limites doit s'effectuer en tenant compte non seulement de la gêne, mais aussi d'autres dimensions, comme la santé. Durant le sommeil, par exemple, il est impossible de se prononcer sur l'effet de gêne, pourtant le bruit nocturne peut avoir des répercussions sur la santé.

Dans la **dimension Technique et exploitation**, un grand besoin d'intervention a été décelé pour un point touchant au trafic routier (T+E 1) et pour deux ayant trait au trafic ferroviaire (T+E 4, 6):

- Dans le cas du **trafic routier**, la forte augmentation de la circulation sur des routes très fréquentées se traduit par une exposition au bruit permanente, qui ne diminue guère la

nuit. Cela laisse supposer que la gêne subie par la population est insuffisamment prise en compte par la simple augmentation du niveau d'évaluation. Une correction distincte pourrait donc se révéler nécessaire pour la gêne engendrée par les routes très fréquentées en permanence.

- Dans le cas du **trafic ferroviaire**, la forte augmentation du nombre de trains en circulation soulève la question du bien-fondé du bonus accordé au rail par rapport à la route. En outre, la forte proportion de trains de marchandises circulant la nuit et l'allongement des convois amènent à se demander si le calcul de la correction de niveau est encore adapté. En effet, sous sa forme actuelle, celui-ci avantage les trains circulant la nuit par rapport à ceux qui roulent le jour, tant que leur nombre est inférieur à 79 sur cette période.

Dans la dimension **Acoustique**, un grand besoin d'intervention a été constaté pour la seule question-clé A 4. Il est dû au fait que, pour des questions de restriction budgétaire, plusieurs études nationales visant à établir les relations exposition/effet se sont appuyées sur des calculs et non sur des mesures sur place. Depuis, il est apparu que les modèles de calcul utilisés à l'époque sous-estimaient systématiquement l'exposition, surtout la nuit.

Dans la dimension **Droit**, les exigences légales posées en matière de fixation des valeurs limites d'immissions pour le bruit ont été passées en revue. Aucun déficit direct n'a été constaté dans ce domaine. L'objectif reste de protéger l'homme contre les atteintes nuisibles ou incommodes.

Conclusion

L'équipe de projet et la CFLB recommandent la mise à jour des bases empiriques concernant l'évaluation du bruit, en particulier les effets du bruit (nuisances, gêne, effets médicaux et sociaux) sur la population suisse.

Besoin d'intervention - Nécessité de réexaminer les valeurs limites d'immissions (tab. 4-1, p. 53)

Dimen- sion	Question-clé	Besoin d'intervention*		Nombre de réponses d'experts
		Equipe de projet	Experts Ø	
Technique et exploitation		* 0 = aucun; 1 = faible; 2 = moyen; 3 = grand		
T+E 1	Comment le volume du trafic routier a-t-il évolué au cours des 25 dernières années, en particulier sur les autoroutes, et quelles sont les prévisions?	3	2,5	(4)
T+E 2	Comment les émissions du trafic routier ont-elles évolué au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	1	1,6	(5)
T+E 3	Comment la répartition journalière du trafic routier a-t-elle évolué au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	2	1,8	(5)
T+E 4	Comment le volume du trafic ferroviaire a-t-il évolué au cours des 25 dernières années, en particulier sur les lignes principales, et quelles sont les prévisions?	3	2,4	(5)
T+E 5	Comment les émissions du matériel roulant des chemins de fer ont-elles évoluées au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	2	1,8	(5)
T+E 6	Comment la répartition journalière du trafic ferroviaire sur a-t-elle évolué au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	3	2,8	(5)
T+E 7	Comment les mouvements aériens ont-ils évolué à proximité des aéroports au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	1	1,2	(6)
T+E 8	Comment les émissions du trafic aérien ont-elles évolué au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	1	0,7	(6)
T+E 9	Comment la répartition journalière du trafic aérien sur a-t-elle évolué au cours des 25 dernières années?	1	2,2	(5)
Acoustique		* 0 = aucun; 1 = faible; 2 = moyen; 3 = grand		
A 1	Le concept de niveaux d'évaluation, compris comme la somme d'un niveau moyen et d'une ou plusieurs corrections, suffit-il pour refléter adéquatement les nuisances dues au bruit (gêne, perturbation du sommeil, effets sur la santé)?	1	1,6	(5)
A 2	Le lieu défini par l'OPB pour la détermination des valeurs limites d'immissions est-il approprié du point de vue acoustique pour refléter l'effet incommode ressenti par les personnes exposées?	1	0,0	(3)
A 3	Les possibilités techniques de mesure acoustique ont-elles à ce point changé ou évolué que cela puisse avoir des répercussions sur la fixation des valeurs limites d'immissions?	2	1,6	(5)
A 4	Les méthodes et les possibilités des techniques de simulation acoustique (calcul de l'exposition au bruit) ont-elles à ce point changé ou évolué que cela puisse avoir des répercussions sur la fixation des valeurs limites d'immissions?	3	2,8	(5)
A 5	Les mesures et les calculs sont entachés d'incertitudes quantifiables. Quel rôle ces incertitudes jouent-elles lors de la fixation des valeurs limites d'immissions?	2	1,2	(6)
Effets du bruit		* 0 = aucun; 1 = faible; 2 = moyen; 3 = grand		
EB 1	Quelles modifications les relations exposition/effet ont-elles subi au fil du temps et un besoin d'intervention en découle-t-il?	3	2,9	(8)
EB 2	Les études empiriques effectuées à l'époque satisfont-elles aux exigences actuelles de définition des valeurs limites?	3	2,9	(7)
EB 3	Les périodes de référence prévues dans l'OPB (p. ex. moyennes sur une année) sont-elles encore adaptées pour refléter l'effet du bruit ou la situation sonore?	1	1,4	(8)
EB 4	Les «périodes de la journée» consacrées par l'OPB sont-elles encore adaptées pour refléter l'effet du bruit ou la situation sonore?	3	3,0	(8)
EB 5	Toutes les sources traitées dans l'OPB sont-elles décrites avec suffisamment de précision sur le plan acoustique?	2	2,1	(7)
EB 6	Quelles dimensions des effets doivent être prises en compte pour fixer des valeurs limites répondant à l'état actuel de la science et de l'expérience?	2	2,4	(8)
EB 7	La non-prise en compte de l'effet combiné de plusieurs sources de bruit, de type identique ou différent, appelle-t-elle une intervention?	3	2,8	(8)

Table des matières

Avant-propos	2
L'essentiel en bref	3
Table des matières	7
1 Introduction	9
1.1 Contexte et motivation	9
1.2 Définition des enjeux	10
1.3 Démarche méthodologique	11
1.4 Contenu et structure du présent rapport	13
2 Bases	14
2.1 Le bruit: qu'est-ce et comment le mesure-t-on?	14
2.2 Les valeurs limites d'immissions actuellement en vigueur pour le bruit	15
2.3 Évolution historique des valeurs limites pour le bruit	17
2.4 Exigences posées aux valeurs limites d'immissions d'un point de vue légal	25
3 Besoin d'intervention	28
3.1 Technique et exploitation	28
3.1.1 T+E 1-3: Comment le volume du trafic routier, ses émissions de bruit et sa répartition journalière ont-ils évolué, et en découle-t-il un besoin d'intervention?	29
3.1.2 T+E 4-6: Comment le volume du trafic ferroviaire, ses émissions de bruit et sa répartition journalière ont-ils évolué, et en découle-t-il un besoin d'intervention?	30
3.1.3 T+E 7-9: Comment le volume du trafic aérien, ses émissions de bruit et sa répartition journalière ont-ils évolué, et en découle-t-il un besoin d'intervention?	32
3.1.4 Évaluation globale pour le domaine Technique et exploitation	34
3.2 Acoustique	35
3.2.1 A 1: Le concept des niveaux d'évaluation, compris comme la somme d'un niveau moyen et d'une ou plusieurs corrections, suffit-il pour refléter adéquatement les nuisances dues au bruit (gêne, perturbation du sommeil, effets sur la santé)?	35
3.2.2 A 2: Le lieu défini par l'OPB pour la détermination des valeurs limites d'immissions est-il approprié du point de vue acoustique pour refléter l'effet incommode ressenti par les personnes exposées?	36
3.2.3 A 3: Les possibilités techniques de mesure acoustique ont-elles à ce point changé ou évolué que cela puisse avoir des répercussions sur la fixation des valeurs limites d'immissions?	36
3.2.4 A 4: Les méthodes et les possibilités des techniques de simulation acoustique (calcul de l'exposition au bruit) ont-elles à ce point changé ou évolué que cela puisse avoir des répercussions sur la fixation des valeurs limites d'immissions?	37
3.2.5 A 5: Les mesures et les calculs sont entachés d'incertitudes quantifiables. Quel rôle ces incertitudes jouent-elles lors de la fixation des valeurs limites d'immissions?	39
3.2.6 Évaluation globale pour le domaine Acoustique	40

3.3	Effets du bruit	41
3.3.1	EB 1: Quelles modifications les relations exposition/effet ont-elles subi au fil du temps et un besoin d'intervention en découle-t-il?	41
3.3.2	EB 2: Les études empiriques effectuées à l'époque satisfont-elles aux exigences actuelles de définition des valeurs limites?	44
3.3.3	EB 3: Les périodes de référence prévues dans l'OPB (p. ex. moyennes sur une année) sont-elles encore adaptées pour refléter l'effet du bruit ou la situation sonore?	46
3.3.4	EB 4: Les «périodes de la journée» consacrées par l'OPB sont-elles encore adaptées pour refléter l'effet du bruit ou la situation sonore?	46
3.3.5	EB 5: Toutes les sources traitées dans l'OPB sont-elles décrites avec suffisamment de précision sur le plan acoustique?	47
3.3.6	EB 6: Quelles dimensions des effets doivent être prises en compte pour fixer des valeurs limites répondant à l'état actuel de la science et de l'expérience?	49
3.3.7	EB 7: La non-prise en compte de l'effet combiné de plusieurs sources de bruit, de type identique ou différent, appelle-t-elle une intervention?	50
3.3.8	Évaluation globale du point de vue des effets du bruit	50
4	Récapitulatif général et recommandations	52
4.1	Survol final des divers besoins d'intervention	52
4.2	Importance du besoin d'intervention	55
4.3	Recommandations sur les prochaines étapes	57
5	Annexe: Participants à l'atelier d'experts.....	59
	Groupe d'accompagnement CFLB et OFEV	59
	Experts	59
	Equipe d'élaboration du projet.....	60
	Bibliographie.....	61

Note aux lecteurs

Le présent rapport de synthèse ne s'adresse pas à un lectorat averti mais à un large public. Par souci de lisibilité, les considérations techniques ayant trait à l'acoustique, aux méthodes employées dans la recherche sur le bruit et aux sources de données ont donc été écartées au profit d'une simple présentation des résultats et de leur interprétation.

Les lectrices et lecteurs qui souhaiteraient mieux comprendre comment ces résultats ont été dégagés sont invités à se référer aux ouvrages cités dans la bibliographie: études scientifiques, documents de base relatifs aux dimensions étudiées (Historique, Droit, Technique et exploitation, Acoustique, Effets du bruit).

1 Introduction

1.1 Contexte et motivation

Nombre de personnes sont affectées dans leur bien-être par le bruit du trafic, qu'il soit routier, ferroviaire ou aérien. Les premiers efforts entrepris pour protéger l'homme contre une exposition excessive au bruit remontent aux années 1960. Mais la réelle percée dans la lutte contre le bruit n'est intervenue que 20 ans plus tard. L'art. 74 de la Constitution fédérale, puis la loi sur la protection de l'environnement (LPE) en 1985, ont vu la création des bases légales nécessaires pour définir les buts qui sont encore poursuivis aujourd'hui, à savoir la protection de l'homme contre un bruit nuisible ou incommode. Le bruit est considéré comme nuisible ou incommode lorsque la population se sent atteinte sensiblement dans son bien-être. Le seuil de nocivité ou de gêne a été concrétisé dans l'ordonnance de 1987 sur la protection contre le bruit (OPB), sous la forme notamment de valeurs limites d'immissions contraignantes pour le bruit des routes et des chemins de fer.

Dans le sillage de cette législation, différentes mesures ont été mises en œuvre pour protéger la population contre une exposition excessive au bruit. L'exécution de l'OPB s'est concentrée essentiellement sur les mesures prises sur le chemin de propagation (parois antibruit) et sur la pose de fenêtres antibruit. Or des publications récentes révèlent que le trafic, routier en particulier, continue à porter atteinte sensiblement au bien-être de la population, en dépit des nombreuses mesures réalisées ces dernières décennies. Il est dès lors permis de douter que l'objectif de protection arrêté dans la LPE pourra être atteint globalement à l'aide des mesures prônées jusqu'ici. En effet, pour satisfaire au mandat légal de protection de la population, des mesures techniques supplémentaires seront nécessaires directement à la source, complétées par des mécanismes d'incitation et d'encouragement. Il faudra en particulier recourir à l'information afin d'exposer clairement à la population ses options eu égard à ses actions, car un citoyen peut être à fois exposé au bruit et causer lui-même des nuisances sonores.

Même si l'accent doit être mis davantage sur les mesures techniques, les mécanismes d'encouragement et l'information, le principe fondamental demeure: la population doit être protégée contre une gêne sensible due au bruit. Il faut par conséquent un système d'évaluation du bruit correspondant à l'état actuel des connaissances pour qu'il reste possible d'apprécier l'efficacité et l'efficience de nouvelles mesures de protection contre le bruit, en tenant dûment compte de la gêne effective. A ce propos, il faut préciser que le trafic a profondément changé, non seulement en volume, mais aussi dans sa composition (transport de personnes et de marchandises), dans sa répartition journalière ainsi qu'au travers de diverses propriétés du bruit (p. ex. tonalité). Qui plus est, des études récentes suggèrent que la population a tendance à ressentir une gêne plus forte aujourd'hui pour un niveau sonore resté inchangé. En outre, la délimitation entre le jour et la nuit choisie dans l'OPB ne correspond plus forcément au rythme de veille et de sommeil actuel. Le Tribunal fédéral a également émis des critiques concernant la fixation de certaines valeurs limites, tandis que des spécialistes du droit relèvent des défauts s'agissant des valeurs limites d'exposition pour les aéroports. La Commission fédérale pour la lutte contre le bruit veut en conséquence exami-

ner s'il est nécessaire de mettre à jour les bases scientifiques sur lesquelles reposent les valeurs limites d'immissions (VLI).

Nous tenons à souligner ici que la mise à jour des bases scientifiques de l'évaluation du bruit ne remet pas en question les valeurs limites d'immissions en vigueur. Selon l'état actuel des connaissances et l'expérience, celles-ci sont toujours appropriées et permettent d'évaluer correctement l'effet incommode du bruit au sens de la loi. Il est impossible pour l'heure d'estimer quelles répercussions l'actualisation des bases aura sur le futur état des connaissances et, partant, éventuellement aussi sur les dispositions de l'OPB. Il conviendra de prêter une attention toute particulière à cet aspect dans la future communication relative aux travaux de recherche afin que l'actuelle lutte contre le bruit puisse être poursuivie sans fléchir.

1.2 Définition des enjeux

Une première phase consiste à déterminer si les modifications intervenues dans l'«environnement sonore» engendrent un **besoin d'intervention scientifiquement fondé** de réexaminer de près les bases dont sont issues les valeurs limites d'exposition au bruit. Concrètement, il s'agit de répondre aux questions suivantes:

- Les bases sur lesquelles reposent les valeurs limites d'immissions arrêtées dans les annexes 3, 4 et 5 de l'OPB correspondent-elles à l'état actuel de la connaissance et de l'expérience?
- Quelles exigences la loi sur la protection de l'environnement pose-t-elle en matière de fixation des valeurs limites d'immissions?
- Les niveaux d'évaluation reflètent-ils correctement l'effet incommode?
- Est-il nécessaire de vérifier ces rapports de cause à effet et de les réévaluer?

Il est répondu à ces questions sur la base d'une analyse de modifications choisies ou présélectionnées (cf. point 1.3) au cours des 25 dernières années, surtout pour les trois dimensions suivantes:

- Technique et exploitation,
- Acoustique,
- Effets du bruit (médicaux et psychologiques).

Pour ces trois dimensions, l'aspect temporel ou historique est pris en compte, à savoir le contexte prévalant à l'époque et les modifications intervenues depuis. En se fondant sur ces éléments scientifiquement étayés, une évaluation globale a été réalisée pour déterminer s'il était nécessaire, au vu des faits établis pour les trois dimensions susmentionnées, d'envisager un réexamen des bases dont sont issues les valeurs limites d'exposition au bruit.

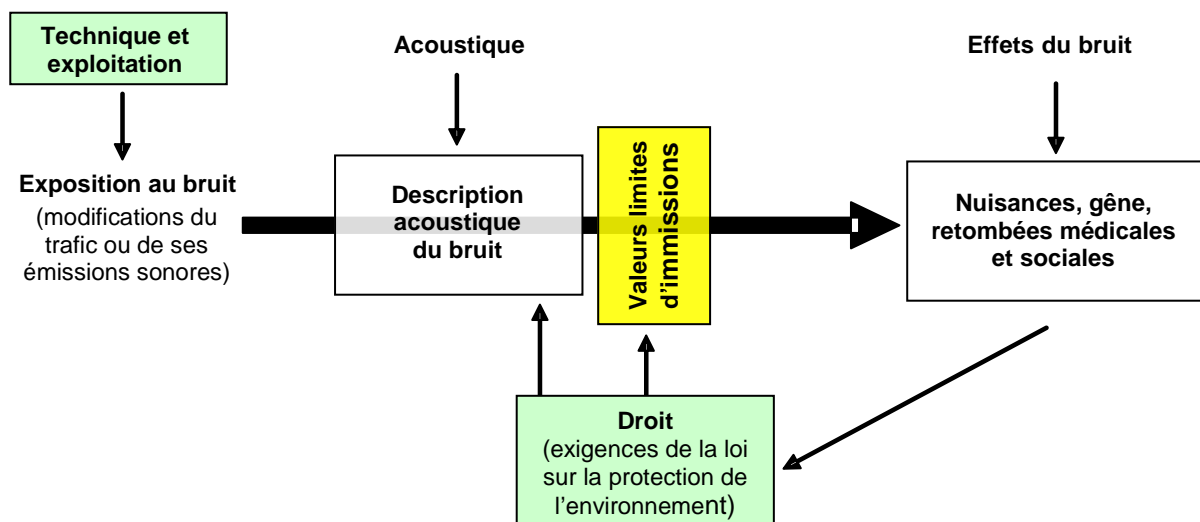
La CFLB devra attendre les résultats de ces études préliminaires avant de proposer une démarche à suivre à l'OFEV. Les options possibles vont de l'interruption du projet (parce qu'il n'existe pas de besoin d'intervention) au réexamen général et approfondi de l'ensemble de la réglementation, en passant par l'appréciation ponctuelle de certains domaines.

1.3 Démarche méthodologique

La démarche suivie pour répondre aux interrogations est illustrée par la figure 1-1. L'actuelle stratégie de protection est centrée sur les valeurs limites d'immissions, qui doivent garantir que les immissions de bruit résiduelles se situant au-dessous de ce niveau ne gênent pas de manière sensible la population dans son bien-être. En partant des exigences légales posées aux valeurs limites d'immissions, toute la chaîne du bruit – description et relevé de l'exposition, des effets et de la gêne – est passée au crible. Ce faisant, il s'agit d'examiner s'il y a eu des modifications ou de nouvelles connaissances dans l'une des trois dimensions (Technique et exploitation, Acoustique, Effets du bruit), et globalement dans leur interaction. Il va de soi que cette analyse ne peut pas être menée pour toutes les questions surgissant tout au long de la chaîne exposition-effet. Elle s'est donc focalisée sur des aspects, que l'équipe de projet, les experts consultés et les mandants ont considérés comme importants, car pouvant appeler une action des instances concernées.

Cette étude a également tenu compte notamment de la composante temporelle. Ainsi, elle s'est attachée à vérifier si l'ampleur de l'exposition, son appréhension physique, ses caractéristiques (p. ex. jour/nuit) de même que son effet incommodant (p. ex. du fait d'un changement de valeurs dans la société) avaient évolué au fil du temps ou si des connaissances nouvelles étaient apparues (p. ex. dans le domaine médical).

Figure 1-1: De l'exposition au bruit à la gêne



Partant de ce schéma d'étude, les travaux se sont déroulés en quatre étapes:

- La **première étape** a consisté à recenser, pour chacune des dimensions définies, des thématiques et questions qui pourraient avoir connu une évolution depuis la fixation des valeurs limites d'immissions et qui pourraient donc appeler un réexamen des données de base. Sur cette base, 21 questions-clés ont été identifiées.
- La **deuxième étape** a consisté à analyser ces questions-clés et à y répondre, ce qui a été fait par les partenaires du projet responsables des différents domaines. Les résultats et une appréciation du besoin d'intervention par question-clé ont été résumés dans les documents séparés suivants:
 - R. Hofmann (2009), Grundlagenpapier: Der geschichtliche Werdegang der Lärmgrenzwerte
 - Büro für Gesetzgebung (C. Zäch) (2009), Inputpapier 1: Recht
 - Planteam (R. Höin, B. Buchmann) (2009), Inputpapier 2: Technik & Betrieb
 - EMPA (R. Bütikofer, K. Eggenschwiler, K. Heutschi, G. Thomann, J.M. Wunderli) (2009), Inputpapier 3: Akustik
 - ETH Zürich MTEC Public & Organizational Health (M. Brink) (2009), Inputpapier 4: Lärmwirkung
- La **troisième étape** a consisté en un atelier d'une journée où les conclusions ont été débattues avec des experts nationaux et internationaux¹. Ces derniers ont en outre émis, pour chacune des questions-clés, leur propre appréciation du besoin d'intervention et de la pertinence eu égard à la révision des bases scientifiques utilisées pour fixer les valeurs limites d'immissions. Les résultats de cet atelier ont été intégrés dans la finalisation des documents de base.
- La **quatrième étape**, enfin, a été consacrée à la rédaction du présent rapport de synthèse. Ce dernier rassemble les principaux résultats et enseignements des documents de base et donne une appréciation globale du besoin d'intervention. Destiné à un large public, le rapport contient un strict minimum de considérations techniques détaillées. Les lecteurs intéressés voudront donc bien consulter les documents de base et ouvrages indiqués dans la bibliographie pour connaître les fondements des résultats présentés.

¹ La liste des experts figure dans l'annexe.

1.4 Contenu et structure du présent rapport

Le **chapitre 2** énonce les bases ayant permis d'analyser le besoin d'intervention. A cet effet, les valeurs limites d'immissions actuellement en vigueur sont présentées (point 2.2) après un bref rappel de ce que recouvre la notion de «bruit» (point 2.1). Le point 2.3 donne ensuite un aperçu de l'évolution historique de ces valeurs limites. Pour finir, le point 2.4 présente les exigences auxquelles doivent actuellement satisfaire les valeurs limites d'immissions d'un point de vue juridique.

Partant de ces éléments, le **chapitre 3** analyse la nécessité de procéder à un réexamen des bases scientifiques sur lesquelles reposent les valeurs limites d'immissions pour le bruit. Les trois points (3.1 à 3.3) présentent d'abord les résultats des études pour les trois dimensions Technique et exploitation, Acoustique et Effets du bruit. Elles se terminent par une synthèse sur le besoin d'intervention déterminé.

Le **chapitre 4** récapitule les différents résultats des trois dimensions et en déduit des recommandations concernant le besoin d'intervention liées aux différentes questions-clés et à leur importance respective. Il contient en outre une proposition relative à la suite à donner à toutes ces réflexions.

2 Bases

2.1 Le bruit: qu'est-ce et comment le mesure-t-on?

Le bruit se présente sous diverses formes et il est aussi perçu de manières très diverses. Le rock peut être du plaisir pour les uns et une torture pour les autres; le tintement des cloches de vaches peut avoir un effet calmant pour les uns, tandis que les autres le ressentent comme dérangeant.

Au vu de cette grande diversité de bruits et de perceptions, la définition suivante s'est imposée: «le bruit peut être défini comme un ensemble de sons indésirables pouvant nuire aux personnes touchées aux plans physique, psychique et social.»² Il est aussi généralement admis qu'un bruit excessif et chronique constitue un risque pour la santé, qu'il porte atteinte à la qualité de l'habitat et à l'attrait d'un site et engendre des coûts économiques considérables.

L'**exposition au bruit** est décrite physiquement au moyen du niveau de pression acoustique, qui est indiqué en décibels (dB). Étant donné que, «pour une même pression acoustique, l'oreille humaine ressent comme moins forts les sons bas et hauts que les sons de fréquence moyenne, les valeurs mesurées sont corrigées en fonction de la fréquence du son. La plupart des pays recourent au filtre A pour pondérer le spectre sonore, car il permet d'utiliser le décibel comme mesure pour tous les domaines de fréquence. Le niveau de pression acoustique est alors exprimé en dB(A). Le décibel n'est pas une unité linéaire, mais logarithmique. Par conséquent, si deux sources sonores de même puissance se conjuguent, c'est-à-dire que l'énergie acoustique est doublée (facteur 2), le niveau augmente de 3 dB(A). Une augmentation du niveau acoustique de 10 dB(A) correspond en revanche à un facteur 10 en termes d'énergie acoustique, mais à un doublement «uniquement» du volume sonore ressenti momentanément par l'homme.

Une mesure en dB(A) indiquant le niveau de pression acoustique à un moment donné sans tenir compte de la durée de la nuisance n'est pas suffisante, car cette durée est déterminante pour l'effet de gêne pour l'homme. C'est pourquoi un niveau moyen ou niveau acoustique constant équivalent est calculé. Il correspond, en énergie, à la nuisance effective. À niveau sonore identique, chaque source de bruit provoque une gêne subjective différente. Pour tenir compte de cette réalité, différentes corrections de niveau, les valeurs K, sont utilisées en Suisse. Le niveau moyen ainsi corrigé est appelé niveau d'évaluation (L_r). C'est ce dernier qui est appliqué en Suisse pour apprécier la pollution sonore ou le degré de gêne selon les bases légales (loi sur la protection de l'environnement, ordonnance sur la protection contre le bruit).³

² Selon OFEV (2009), Pollution sonore en Suisse, p. 8.

³ Selon OFEV (2009), Pollution sonore en Suisse, p. 16.

2.2 Les valeurs limites d'immissions actuellement en vigueur pour le bruit

Pour protéger la population des bruits nuisibles ou incommodants, le législateur a défini des valeurs limites d'exposition dans l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB). Ce faisant, il a établi une distinction entre valeurs limites d'immissions, valeurs de planification et valeurs d'alarme:

- «Valeurs limites d'immissions: elles sont fixées de manière que, selon l'état actuel de la science ou l'expérience, les immissions inférieures à ces valeurs ne gênent pas de manière sensible la population dans son bien-être.
- Valeurs de planification: elles sont fixées aux fins d'assurer la protection contre le bruit causé par de nouvelles installations fixes et en vue de la planification de nouvelles zones à bâtir. Elles sont en général de 5 dB(A) plus élevées que les valeurs limites d'immissions.
- Valeurs d'alarme: elles sont fixées pour permettre d'apprécier l'urgence des assainissements au vu des immissions provoquées par le bruit. Elles sont supérieures aux valeurs limites d'immissions.»⁴

Conformément au mandat relatif à la présente étude, toutes les considérations qui suivent se limitent aux valeurs limites d'immissions.

«Le législateur a en outre voulu tenir compte de la sensibilité au bruit des différentes zones d'affectation prévues dans l'aménagement du territoire. Pour ce faire, il a défini quatre degrés de sensibilité. Les valeurs limites d'exposition varient selon ces derniers: elles sont par exemple plus basses pour une zone de détente que pour une zone industrielle.

- Degré de sensibilité I: zones qui requièrent une protection accrue contre le bruit, notamment les zones de détente.
- Degré de sensibilité II: zones où aucune entreprise gênante n'est autorisée, notamment les zones d'habitation et celles qui sont réservées à des constructions et installations publiques.
- Degré de sensibilité III: zones où sont admises des entreprises moyennement gênantes, notamment des zones d'habitation et artisanales (zones mixtes) et les zones agricoles.
- Degré de sensibilité IV: zones où sont admises des entreprises fortement gênantes, notamment les zones industrielles.»⁵

Le tableau ci-après récapitule les valeurs limites d'immissions actuellement en vigueur pour les trafics routier, ferroviaire et aérien.

⁴ Loi fédérale du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement (LPE; RS. 814.01; art. 13 à 15, art. 23 à 25 et art. 19 LPE; état au 1^{er} octobre 2009)

⁵ OFEV (2009), Pollution sonore en Suisse, p. 19.

Tableau 2-1: Valeurs limites d'immissions pour la route, le rail et les aérodromes civils (selon l'OPB⁶)

Degré de sensibilité	Trafic routier Lr en dB(A)		Trafic ferroviaire Lr en dB(A)		Trafic aérien (aérodromes civils) Lr en dB(A)		
	Jour (6 à 22 h)	Nuit (22 à 6 h)	Jour (6 à 22 h)	Nuit (22 à 6 h)	Jour (6 à 22 h)	Première heure de la nuit (22 à 23 h)	Deuxième (23 à 24h) et dernière (5 à 6h) heures de la nuit
I	55	45	55	45	55	45	45
II	60	50	60	50	60	55	50
III	65	55	65	55	65	55	55
IV	70	60	70	60	70	60	60

Source: annexes 3, 4 et 5 OPB

Les valeurs limites d'immissions se rapportent toujours au **niveau d'évaluation Lr**. Celui-ci est obtenu à partir du Leq et des diverses corrections applicables en fonction du type de trafic et de bruit:⁷

- Dans le cas du **trafic routier**, le niveau d'évaluation Lr correspond pour l'essentiel au niveau moyen Leq, pondéré A, pour la période considérée du jour ou de la nuit. Au-dessous de 100 véhicules par heure, ou 1600 le jour et 800 la nuit, des corrections de niveau graduelles allant de -5 à 0 dB(A) sont appliquées, mais celles-ci ne sont généralement utilisées que pour les routes de desserte et de quartier.
- Le **trafic ferroviaire** bénéficie d'une manière générale d'un bonus, qui s'élève à -5 dB au moins et qui peut aller jusqu'à -15 dB lorsque la fréquence des trains est faible (moins de 79 par jour ou par nuit). Pour le reste, le niveau d'évaluation est déterminé de la même manière que pour le trafic routier (niveau moyen pour la période considérée du jour ou de la nuit).
- Pour les **aérodromes** accueillant de grands avions (plus de 8618 kg), les niveaux d'évaluation sont déterminés séparément pour la journée ainsi que pour la première, la deuxième et la dernière heure de la nuit.
 - Le niveau d'évaluation pour la journée (L_{r_j}) est le niveau moyen Leq, pondéré A, dû en moyenne annuelle aux vols effectués entre 6 et 22 heures.
 - Pendant une partie de la nuit, à savoir entre 0 et 5 heures, les vols sont entièrement interdits. Pour le reste de la période nocturne, le niveau d'évaluation L_{r_n} est déterminé séparément pour la première heure (22 - 23 h), la deuxième (23 - 24 h) et la dernière (5 - 6 h).⁸ Ce qu'il faut relever en l'occurrence, c'est que ces trois heures de la nuit sont évaluées séparément, ce qui n'est pas le cas pour les trafics routier et ferroviaire.

⁶ Ordonnance du 15 décembre 1986 sur la protection contre le bruit (OPB; RS 814.41; état au 1^{er} juillet 2008).

⁷ Les explications relatives à la détermination du niveau d'évaluation Lr et aux corrections de niveau se fondent à une présentation partiellement abrégée et simplifiée. Pour une description détaillée du mode de calcul, se référer aux annexes 3 (trafic routier), 4 (chemins de fer) et 5 (aérodromes civils) de l'OPB.

⁸ Le niveau d'évaluation horaire L_{r_n} correspond au niveau moyen Leq, pondéré A, dû aux vols effectués pendant l'heure considérée, entre 22 et 23 h, 23 et 24 h ou 5 et 6 h.

2.3 Évolution historique des valeurs limites pour le bruit⁹

Les valeurs limites d'immissions arrêtées actuellement dans l'OPB sont le produit d'un long cheminement. Les principales étapes de cette maturation aux influences multiples sont ici résumées. Cette brève évocation des documents et études utilisés ainsi que l'esquisse des principaux résultats intermédiaires et des décisions constituent des éléments de première importance pour l'analyse du besoin d'intervention menée au chapitre 3.

De façon très simplifiée, la genèse des valeurs limites (VL) peut se décomposer en quatre étapes:

- La première étape débute en 1957 par la mise en place d'une commission d'experts nationale chargée de plancher sur le thème du bruit. Elle s'achève en 1963 par la publication du rapport final comportant des valeurs limites indicatives provisoires pour le bruit.
- La deuxième étape, de 1963 à 1975, est caractérisée par l'application de ces valeurs provisoires dans des affaires judiciaires et la pratique des autorités. Les expériences réunies pendant cette période vont se révéler très précieuses pour fixer les premières valeurs limites légales.
- En 1975, soit quatre ans après l'approbation par le peuple d'un article constitutionnel relatif à la protection de l'environnement, le Conseil fédéral institue une «commission d'experts chargée d'évaluer les valeurs limites d'immissions pour le bruit». C'est le début de la troisième étape, qui voit l'élaboration de bases légales et de valeurs limites pour la lutte contre le bruit dans la LPE et dans l'OPB. L'entrée en vigueur de l'OPB, en 1987, marque le terme de cette étape.
- Au cours de la quatrième étape, entamée alors que l'OPB est déjà mise en œuvre, des valeurs limites sont arrêtées pour le bruit du trafic aérien. Dernièrement enfin, l'OFEV a défini les valeurs limites s'appliquant au bruit de tir militaire. Ces valeurs figurent dorénavant à l'annexe 9 OPB et sont applicables depuis le 1^{er} août 2010. Ce domaine n'était pas réglementé par l'OPB jusque-là.

a) Des débuts jusqu'au rapport final de la première commission d'experts

Avec l'industrialisation et l'emploi croissant de machines et de moyens de transport, le bruit devint un problème sérieux au début du XX^e siècle, surtout dans les villes. Dans un premier temps, l'appréciation du bruit resta purement qualitative. Le développement de l'électroacoustique permit ensuite de mesurer les signaux acoustiques. S'appuyant sur le mode de fonctionnement de l'ouïe, l'échelle logarithmique des décibels fut introduite pour appréhender l'intensité du son. Dès le départ, la nécessité de former des moyennes s'imposa pour obtenir une valeur parlante à partir d'intensités fluctuant considérablement. Les milieux scientifiques débattirent pendant des années sur la meilleure manière de former ces moyennes. Une autre caractérisation du bruit était alors très répandue également, à savoir la répartition statistique

⁹ Ces explications se fondent sur Hofmann R. (2009), Überprüfung der Immissionsgrenzwerte für Lärm, Grundlagenpapier: Der geschichtliche Werdegang der Lärmgrenzwerte.

des fréquences de niveaux, par exemple les centiles 10% 50% et 90%¹⁰ pour caractériser les crêtes, le niveau moyen et le niveau du bruit de fond. On envisagea ensuite des mesures combinant différents centiles (p. ex. le Traffic Noise Index, TNI). Mais une autre option, le Leq¹¹, fit bientôt son apparition, avec un lissage instrumental étendu systématiquement à l'ensemble de la durée considérée. Très simple sur le plan de la physique, ce niveau de l'intensité sonore moyenne se prêle particulièrement bien à des prévisions de bruit en comportant des modèles de propagation.

Au vu de ces différents développements, la commission d'experts mise en place par le Conseil fédéral en 1957 rendit son rapport final en 1963. Celui-ci énonçait plusieurs principes fondamentaux, qui ont influencé toute la protection contre le bruit jusqu'à ce jour:

- La principale valeur utilisée pour quantifier le bruit est le niveau sonore pondéré A, exprimé en décibels dB(A). Pour décrire une ambiance acoustique, on choisit les centiles 50%, 1% et 0,1% (L_{50} , L_1 et $L_{L0.1}$). Notons que $L_{0.1}$ fut bientôt abandonné, ayant été reconnu inutile.
- Le point de mesure du bruit est le milieu de la fenêtre ouverte.
- On pose comme postulat un schéma de valeurs limites contenant 36 valeurs au total (6 zones, jour/nuit, 3 niveaux de nuisances). Le dépassement des valeurs limites indicatives (provisoires) est un indice d'exposition au bruit inacceptable, obligeant les autorités à procéder à des investigations supplémentaires.

b) Réunion des premières expériences entre 1963 et 1974

Le Tribunal fédéral a rendu ses premiers arrêts concernant la protection contre le bruit durant cette période. Le groupe de travail «Protection contre le bruit sur les routes nationales» fixa, sur la base des connaissances disponibles à l'époque mais sans procéder lui-même à des investigations, les valeurs limites indicatives suivantes pour les zones d'habitation situées le long des routes nationales:

- pour le niveau moyen L_{50} (centile 50%) 60 dB(A) le jour, 50 dB(A) la nuit
- pour la niveau de crête L_1 (centile 1%) 70 dB(A) le jour, 60 dB(A) la nuit

Les conséquences socio-psychologiques du bruit du trafic aérien sont étudiées en 1971 et 1972 («Sozio-psychologische Fluglärmuntersuchung»), dont les résultats sont publiés dans un rapport final circonstancié en 1974. Cette étude est sans doute la plus détaillée qui ait jamais été réalisée en Suisse au sujet du rapport entre l'exposition au bruit et la gêne ressentie. L'exposition au bruit fut mesurée dans le cadre de campagnes extensives à proximité des lieux d'habitation des personnes interrogées. En outre, près de 4000 entretiens individuels ont été réalisés à Zurich, Genève et Bâle. Ces personnes devaient indiquer sur une échelle

¹⁰ Indices statistiques indiquant que le niveau sonore est atteint ou dépassé pendant x% du temps de la mesure.

¹¹ Leq (L_{eq}) = «niveau acoustique continu équivalent». Le L est l'abréviation de «level» (niveau), eq de «équivalent en énergie». Selon l'ISO, la désignation correcte est $L_{A,eq}$.

allant de 0 à 10 (aucune gêne jusqu'à une gêne insupportable) les nuisances que provoquait pour elles le bruit. La corrélation était bien meilleure dans le cas de l'indice numérique du bruit «NNI» (*Noise and Number Index*) que pour les trois autres valeurs utilisées.¹²

Il est remarquable que le rapport susmentionné contienne déjà une définition la «forte gêne» (valeurs 8, 9 et 10 de l'échelle). Elle révèle que pour un NNI de 40, la probabilité d'une forte gêne ou nuisance est de 25% environ. Dans le cas du trafic routier – qui a fait l'objet d'une partie de cette étude – il est ressorti que pour la classe d'exposition comprise entre 60 et 63,9 dB L₅₀, la probabilité d'une forte gêne est de 20% environ.

Sur la base des résultats de cette étude, trois zones furent définies pour le bruit du trafic aérien, la première commençant à un NNI de 45. Cette valeur est assez surprenante, vu que pour un NNI de 45, un tiers environ des personnes interrogées se disaient fortement incommodées. Ce pourcentage représente presque le double de celui qui avait été utilisé pour arrêter les valeurs limites indicatives provisoires pour le trafic routier.

c) De 1975 jusqu'à l'OPB

Après l'adoption de l'article constitutionnel sur la protection de l'environnement (1971) et l'échec, lors de la procédure de consultation, du premier projet de loi d'application, une nouvelle «commission d'experts chargée d'évaluer les valeurs limites d'immissions pour le bruit» fut créée. Elle devait reprendre les bases existantes et les adapter au dernier état de la science, en les complétant au besoin par des investigations ciblées. Trois études ont été réalisées sur mandat de cette commission:

- «Vivre dans un bâtiment neuf»¹³: Un total de 705 entretiens ont été menés au sujet de la gêne due au bruit routier. En 392 endroits où des personnes ont été interrogées, l'exposition au bruit a été mesurée sur une période relativement courte en avril. En 313 autres endroits, le niveau a été calculé sur la base des chiffres relatifs au trafic, au moyen du modèle d'alors de l'EMPA pour le trafic routier. L'étude indique que pour L₅₀, dans la classe d'exposition 60,5 – 65 dB(A), 21% des personnes se sentent fortement incommodées. Étant donné qu'à proximité de la route le Leq est supérieur d'au moins 2 dB(A) au L₅₀, ce résultat amènerait à une valeur limite du Leq de 65 plutôt que de 60 dB(A).
- «Nuisances dues au bruit et à la pollution de l'air»¹⁴: la gêne a été évaluée sur la base d'un questionnaire écrit rempli par 1297 personnes vivant en ville de Zurich. L'exposition au bruit a été déterminée par quartier, par le biais de deux séries de mesures sur 24 heures. Dans la classe de 61 à 65 dB(A) pour L₅₀, la part de personnes fortement incommodées atteignait 20 – 25%. L'étude indique par conséquent une valeur limite Leq entre 63 et 67 dB(A) pour 25% des personnes ressentant une forte gêne.

¹² Leq, L_{0,1} et LNP (Noise Pollution Level).

¹³ Wehrli B., Hauser S., Egli H., Bakke P. et Grandjean E. (1976), *Wohnen im Neubau*.

¹⁴ Wanner H.U., Wehrli B., Nemecek J. et Turrian V. (1977), *Die Belästigung der Anwohner verkehrsreicher Strassen durch Lärm und Luftverunreinigungen*.

- «Nuisances sonores la nuit»¹⁵: 1607 questionnaires provenant de six régions ont été évalués dans le cadre de l'étude. L'exposition au bruit a été déterminée par des mesures à long terme à proximité des routes (position de référence), complétées par des mesures à court terme afin d'obtenir la réduction de niveau par rapport à la position de référence. L'étude montre que 24% des personnes se disent fortement incommodées pour un Leq de 55 – 60 dB(A) la nuit. Dans les localités exposées la journée à un Leq situé entre 60 et 65 dB(A), un pourcentage similaire (27%) de la population ressent une forte gêne. La comparaison entre le jour et la nuit fait ressortir un décalage de 5 dB, ce qui est en contradiction avec les valeurs limites indicatives arrêtées en 1963, où la différence était de 10 dB.

Se fondant sur ces études et sur les investigations antérieures concernant le bruit du trafic aérien, la commission d'experts a fixé les valeurs limites pour le **bruit du trafic routier**. Ce faisant, elle a pris des décisions fondamentales:

- Le Leq est choisi comme descripteur de l'exposition au bruit, avec une distinction entre le jour (6 – 22 h) et la nuit (22 – 6 h).
- Les valeurs limites [d'immissions] doivent être choisies de manière à ce que pas plus d'une minorité qualifiée (25% env.) ne se sente fortement gênée par une telle exposition.
- Les valeurs limites d'immissions alors proposées sont les suivantes:
 - quartiers d'habitation (ville et campagne) 60 dB(A) le jour 50 dB(A) la nuit
 - appartements, commerces, bureaux 65 dB(A) le jour 55 dB(A) la nuit

Rétrospectivement, l'analyse détaillée de la prise de décision donne l'impression que l'expérience et la pratique ont primé sur les résultats issus d'études scientifiques.

Pour le **bruit du trafic ferroviaire**, une étude socio-psychologique (dite «SPU78») a été ordonnée en 1978. Ses principaux centres d'intérêt étaient les nuisances et la gêne ressenties par les riverains. Ultérieurement, les nuisances sonores dues au trafic routier dans la même région furent incluses dans l'étude afin de confirmer ou d'infirmer dans l'évaluation du «bonus du rail» supposé:

- L'étude du bruit ferroviaire s'est basée sur 2473 questionnaires. Pour des raisons financières, on a renoncé à mesurer l'exposition au bruit de manière systématique à l'endroit où habitaient les personnes interrogées. Elle a été calculée à l'aide du modèle de l'EMPA pour le bruit des chemins de fer, mis au point peu de temps auparavant. Le dépouillement des questionnaires a fourni des arguments en faveur d'une correction du Leq par une fonction modifiée tenant compte du nombre des convois passant le jour (ou la nuit) sous

¹⁵ Wehrli B., Nemecek J., Turrian V., Hofmann R. et Wanner H. U. (1978), Störwirkungen des Strassenverkehrslärms in der Nacht.

une forme (progression) supra-énergétique. Etant donné la densité du trafic ferroviaire actuel, ce procédé d'évaluation est appliqué aussi à des situations requérant une extrapolation au-delà du domaine empirique garanti.

- Quatre régions (Bülach, Frauenfeld, Lengnau, Zurich) ont été choisies pour étudier le bruit du trafic routier. Pour des raisons de coût, on a renoncé là aussi à un programme de mesures systématiques. On s'est contenté d'une combinaison entre estimations reposant sur des recensements du trafic et quelques mesurages de contrôle. En s'aidant du rapport empirique entre exposition en Leq le jour et gêne ressentie, on est parvenu à 61 dB pour l'exposition au bruit causant de forts désagréments (niveaux 8, 9 et 10 de l'échelle) à 25% de la population.

La commission se fonda sur cette seule étude relative au bruit du trafic ferroviaire pour fixer les valeurs limites applicables aux chemins de fer à voies normales ou étroites, aux abords des voies et des gares. Une fois encore, le Leq fut choisi comme descripteur. Mais pour déterminer la limite, les experts n'ont pas suivi le procédé appliqué pour la route (25% de personnes fortement incommodées), préférant se référer aux personnes interrogées moyennement à fortement gênées (≥ 5 sur l'échelle). Ils introduisirent en outre une correction de niveau K située entre -15 et -5 dB, selon la fréquence des trains (nombre de trains par heure). L'idée était de tenir compte du fait que l'effet incommode pour un même Leq était inférieur dans le cas du bruit ferroviaire que dans celui du trafic routier. Le Leq ainsi corrigé devient un niveau d'évaluation (Lr). À 60 dB, correspondant au niveau provoquant une gêne moyenne à forte chez les riverains, on parvint ainsi une valeur concordant bien avec celle pour le trafic routier. C'est la raison pour laquelle le Lr fut finalement retenu comme mesure de l'exposition au bruit, et que la valeur limite fut alignée sur celle qui avait été définie pour le bruit du trafic routier.

Globalement, on constate que l'étude socio-psychologique (SPU78) autorise une grande marge d'interprétation.

d) Valeurs limites pour le bruit du trafic aérien

Nous nous contentons de retracer ici le cheminement qui a mené à la fixation des valeurs limites pour l'aviation civile. La mise en œuvre de l'ordonnance sur les zones de bruit aux abords des aéroports, édictée en 1973, fut retardée de plusieurs décennies, d'abord en raison de difficultés liées aux incertitudes de calcul, puis d'une avalanche d'oppositions. En 1989, il fut décidé de faire réaliser une nouvelle étude (Étude sur le bruit 90). Dans la région de Zurich, 1300 personnes ont été interrogées oralement et 750 à Genève. L'exposition au bruit des avions a été calculée à l'aide du procédé de simulation FLULA-2 de l'EMPA, qui était déjà à un stade de développement avancé. L'«étude sur le bruit de 1990» (Lärmstudie 90) a montré que l'effet incommode du bruit du trafic aérien et du trafic routier était comparable pour un même Leq. Ces résultats ont amené la commission d'experts à fixer les valeurs limites pour le jour au même niveau que pour la route.

Pour la nuit, elle a en revanche opté pour une solution entièrement nouvelle en Suisse, qui devait réduire la probabilité de réveils. Pour ce faire, l'énergie acoustique **par heure** est limi-

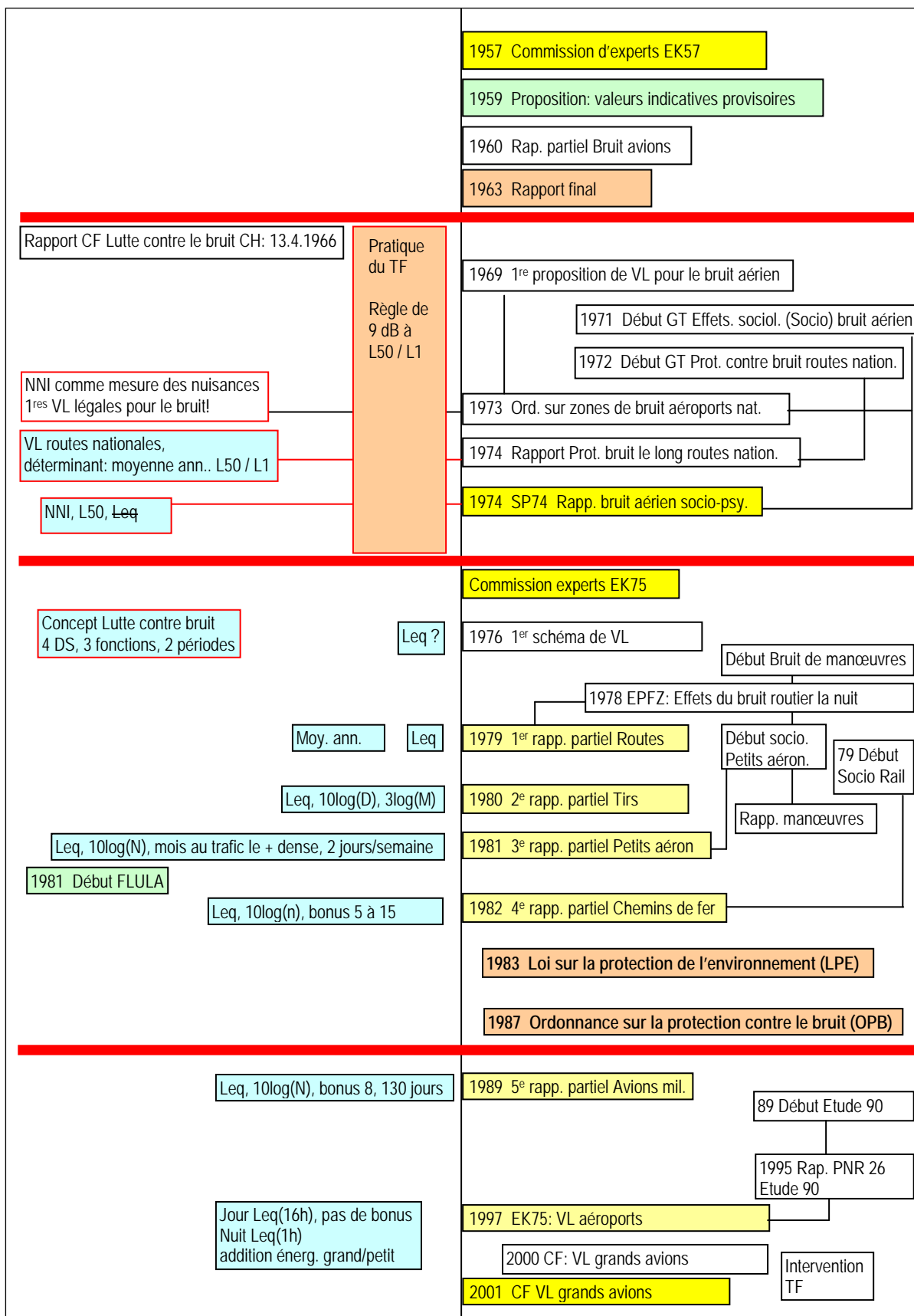
tée à un niveau qui est atteint au bout de quelques vols bruyants seulement. Pour les heures nocturnes, soit de 22 – 23 h, de 23 à 24 h et de 5 à 6 h, la commission a proposé le niveau moyen par heure (Leq, 1h) en guise de valeur limite. Ces propositions furent finalement appliquées, mais uniquement après l'intervention du Tribunal fédéral, qui avait fait échouer la tentative du Conseil fédéral de fixer des valeurs limites excessivement élevées.

e) Résumé

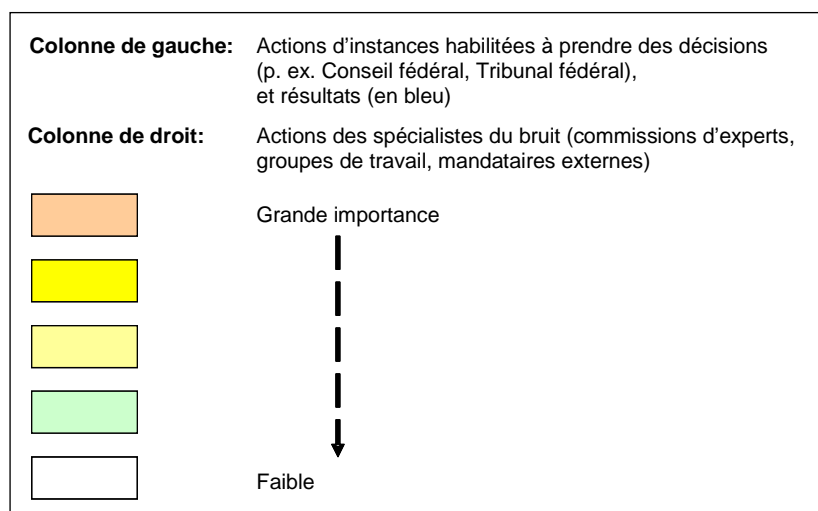
La Figure 2-1 illustre la genèse des valeurs limites actuellement en vigueur pour le bruit. L'histoire des valeurs limites pratiquées en Suisse est empreinte d'un grand pragmatisme. Une série d'études empiriques ont bel et bien été réalisées pour le bruit des avions et celui du trafic routier (1974, 1978), pour le bruit de tir civil (1978), le bruit des petits aéronefs (1979), le bruit des chemins de fer (1979) et, plus récemment, pour le bruit de l'aviation civile. Mais aujourd'hui l'on peut dire que leur transposition en valeurs limites concrètes a obéi à une logique pas entièrement transparente et compréhensible.

Le cas du trafic routier est particulièrement symptomatique: dans son premier rapport partiel de 1979, la commission d'experts a simplement repris les valeurs limites indicatives qui avaient été fixées provisoirement en 1959/1963, en les modifiant très légèrement en raison du passage à une autre unité de mesure, le Leq, ... parce que ces valeurs avaient été éprouvées dans la pratique, parce que la jurisprudence du Tribunal fédéral s'était établie autour de ces valeurs et parce que ces valeurs limites étaient déjà en vigueur au moment de la construction des routes nationales. Cela intervint après que la commission décida, en 1976, de fixer les valeurs limites d'immissions à un niveau où environ 25% des personnes exposées se sentaient «fortement incommodées» (au sens de «fortement gênées»). Les résultats recoltés à Bâle (SPU74) n'aboutissaient toutefois qu'à 16% de personnes fortement incommodées pour un Leq de 60 dB(A). L'étude de l'EPF (1978) concernant le bruit du trafic routier tendait vers une valeur limite pour la nuit de 55 dB(A). Néanmoins, la valeur limite nocturne fut fixée 10 dB(A) au-dessous de celle pour le jour, à savoir à 50 dB(A). Plusieurs arguments plausibles permettent de justifier ces décisions, qu'il ne faut donc pas critiquer en bloc. Il n'en reste pas que les expériences faites avec les valeurs provisoires de 1963 auront été déterminantes dans la fixation des valeurs limites définitives, plus que les résultats des différentes études.

Figure 2-1: Tableau synoptique de la genèse des valeurs limites (VL) pour le bruit



Légende de la Figure 2-1



Il faut voir d'un œil critique le fait que l'on se soit éloigné, dans le cas du bruit des chemins de fer, du principe de la «forte gêne» (niveaux 8, 9 et 10 de l'échelle) comme critère pour fixer les valeurs limites. Pour aligner les valeurs applicables au bruit ferroviaire sur celles qui avaient été fixées pour les routes, on s'est basé sur la «gêne moyenne à forte» (≥ 5 sur l'échelle).

Une autre particularité réside dans le fait que les valeurs limites fixées progressent par de 5 dB en 5 dB¹⁶. Il ne fait aucun doute que ce choix fût judicieux en 1959 pour souligner l'incertitude inhérente aux valeurs provisoires. Au fil des ans toutefois, ce système s'est maintenu en dépit des données fiables progressivement amassées, à l'exception notable du bruit du trafic aérien (valeur de planification L_{r_n} DS II).

Avec le recul, il est difficile de comprendre pourquoi si peu de moyens ont été dévolus à l'étude empirique de la relation entre exposition et effets. Toutes les enquêtes postérieures à 1974 ont fait les frais d'importantes restrictions budgétaires. Du point de vue acoustique surtout (exposition au bruit), il a fallu renoncer aux mesurages sur place et se contenter d'estimations grossières ou de calculs issus de simulations. Après coup, plusieurs modèles se sont révélés par trop imprécis. Le manque de données empiriques pour le bruit des chemins de fer est particulièrement regrettable. L'échelle de la gêne ressentie a simplement été alignée sur celle qui avait été définie pour le bruit du trafic routier, qui a fait l'objet d'investigations dans la même étude. L'exposition au bruit du trafic routier n'a cependant pas été mesurée non plus; elle a été obtenue en faisant la moyenne des estimations faites par quatre acousticiens, car les moyens financiers et humains ne permettaient pas de procéder autrement. Or ces résultats influent considérablement sur les valeurs limites valables pour le bruit des chemins de fer, pour la réduction duquel le projet FTP prévoit 2,8 milliards de francs!

¹⁶ Cf. annexes de l'ordonnance du 15 décembre 1986 sur la protection contre le bruit (OPB, RS 814.41).

2.4 Exigences posées aux valeurs limites d'immissions d'un point de vue légal¹⁷

Outre l'histoire de la genèse des valeurs limites d'immissions, les exigences posées par le droit de l'environnement constituent le deuxième élément fondamental pour examiner le besoin d'intervention. Dans ce contexte, deux questions essentielles se posent:

- Quelles sont les **bases légales** applicables à la fixation des valeurs limites d'immissions?
- Quelle définition donner aux **notions** «gêner de manière sensible», «état de la science» et «état de l'expérience»? Un éventuel glissement du sens de ces notions au fil du temps appelle-t-il un besoin d'intervention?

a) Normes déterminantes selon la Constitution fédérale et la loi sur la protection de l'environnement (LPE)

La Constitution fédérale (Cst.) oblige et habilite le législateur à édicter des prescriptions «sur la **protection de l'être humain et de son environnement naturel** contre les atteintes nuisibles ou incommodes» (art. 74, al. 1, Cst.). L'al. 2 du même article précise que le législateur veille à prévenir ces atteintes. Pour les adjectifs «nuisible» et «incommode», il faut partir des définitions suivantes:

- **Les atteintes nuisibles** affectent la santé physique ou psychique de l'être humain ou provoquent des dégâts dans l'environnement naturel.
- **Les atteintes incommodes** dérangent l'être humain dans son bien-être, sans causer de problèmes de santé. Elles peuvent se répercuter sur la capacité de rendement d'une personne, sa joie de vivre, son plaisir de la nature, son sentiment de tranquillité, sur sa vie privée d'une manière générale.

Sur la base des dispositions constitutionnelles, le Conseil fédéral est chargé, à l'art. 13, al. 1, LPE d'édicter des valeurs limites d'immissions applicables à l'évaluation des atteintes nuisibles ou incommodes.

Les valeurs limites d'immissions doivent permettre de faire une distinction nette entre des atteintes nuisibles ou incommodes et des atteintes qui ne sont ni nuisibles ni incommodes. Il doit dès lors s'agir de grandeurs quantifiables.

Les **valeurs limites d'immissions pour le bruit** exigées dans la LPE se rapportent à l'évaluation du bruit extérieur et englobent uniquement les émissions de bruit provenant de la construction et de l'exploitation d'installations. Elles sont en premier lieu appropriées pour le bruit d'installations fixes telles que des bâtiments, des voies de communication et d'autres dispositifs stationnaires. Elles se prêtent moins bien pour le bruit émis par des installations mobiles. Les critères régissant la fixation des valeurs limites d'immissions pour le bruit sont dérivés des art. 15 et 13, al. 2, LPE.

¹⁷ Les explications reposent sur Zäch C. (2009), Überprüfung der Immissionsgrenzwerte für Lärm, Inputpapier 1: Recht.

b) Critères de fixation des valeurs limites d'immissions pour le bruit

L'art. 15 LPE dispose que les valeurs limites d'immissions s'appliquant au bruit doivent être fixées de manière que, **selon l'état de la science et de l'expérience, les immissions inférieures à ces valeurs ne gênent pas de manière sensible la population dans son bien-être**. Ce faisant, le Conseil fédéral doit tenir compte également de l'effet des immissions sur des **catégories de personnes particulièrement sensibles**, telles que les enfants, les malades, les personnes âgées et les femmes enceintes (art. 13, al. 2, LPE). Les principaux critères devant être appliqués peuvent être interprétés comme suit:

- L'**état de la science et de l'expérience** au moment où les valeurs sont fixées est déterminant. Cette exigence requiert un examen périodique des valeurs limites et leur éventuelle adaptation s'il y a de bonnes raisons de croire qu'elles ne correspondent plus aux connaissances scientifiques du moment et à l'expérience réunie.
- Le **bien-être de la population** englobe les aspects psychique, physique et social, fondements d'un épanouissement sans heurts, d'une bonne capacité de rendement et de la joie de vivre. Le bien-être n'est donc absolument pas réductible à l'absence de maladies ou de troubles.
- La notion de **gêne** couvre aussi bien les atteintes nuisibles (lésions auditives, troubles du sommeil, perturbations du système cardio-vasculaire) que les atteintes incommodes (perturbations de la tranquillité et du repos, organisation des loisirs, intelligibilité de la parole, concentration).
- Ne sont déterminantes (que) les émissions de bruit qui gênent **de manière sensible** la population dans son bien-être. La loi reconnaît par conséquent que les activités humaines (privées, économiques ou sociales) s'accompagnent généralement d'émissions de bruit qui agissent sur d'autres personnes.
- L'ampleur de la gêne et, partant, l'appréciation de son «caractère sensible» dépend de **facteurs** acoustiques, physiologiques ou psychologiques:
 - facteurs acoustiques: niveau, fréquence, caractéristiques du bruit; fréquence et durée des événements sonores.
 - facteurs physiologiques: les différentes activités des personnes affectées par le bruit, telles que travail, repos, sommeil, mais aussi leur constitution individuelle.
 - facteurs psychologiques: attitude et expérience personnelles par rapport aux sources de bruit.

c) Démarche pour la fixation de valeurs limites d'immissions pour le bruit

Au vu des critères décrits ci-dessus, il convient de tenir compte des points suivants lors de la fixation des valeurs limites d'immissions:

- Etablissement d'une **différenciation** des valeurs limites d'immissions (VLI) selon:
 - le type de bruit: en fonction de leurs caractéristiques (fréquence, succession dans le temps et soudaineté ou non de leur survenue), les différents types de bruit peuvent gêner plus ou moins pour une même charge sonore.
 - jour / nuit: la sensibilité au bruit n'est pas la même le jour et la nuit.
 - affectation de l'emplacement subissant les immissions et exposition préalable
- Recensement de **l'exposition au bruit** au moyen d'un descripteur qui reflète de façon appropriée les facteurs de gêne acoustique (niveau sonore, fréquence et durée des événements sonores, spectre des fréquences et caractéristiques du bruit) et qui permet de décrire les immissions de bruit à un endroit donné pour le long terme.
- Relevé de la **gêne occasionnée par le bruit** par le biais d'enquêtes sociologiques sur la manière dont les personnes exposées ressentent le bruit.
- Mise en évidence d'une **corrélation** entre l'exposition au bruit objective et l'effet de gêne décrit par les personnes interrogées.

En partant de ces exigences minimales, il faut se demander si les bases sur lesquelles reposent les valeurs limites d'immissions sont encore conformes à l'état actuel de la science et de l'expérience. C'est à cette question que s'attache le chapitre suivant, en analysant l'évolution du contexte en matière de bruit pour les dimensions Technique et exploitation, Acoustique et Effets du bruit.

3 Besoin d'intervention

Le présent chapitre récapitule les principaux résultats de l'analyse du besoin d'intervention dans les dimensions Technique et exploitation, Acoustique et Effets du bruit. Les réponses aux questions-clés sont apportées selon un plan unifié en trois volets:

- Bref cadrage de la question, avec esquisse de la problématique.
- Explication des conclusions de l'analyse détaillée de la question. Sauf exception, seuls les résultats les plus importants sont présentés, sans référence précise aux études ni aux sources.
- Appréciation du besoin d'intervention selon une grille d'évaluation unifiée (aucun, faible, moyen ou grand).

3.1 Technique et exploitation¹⁸

Cette dimension s'intéresse principalement à la question de savoir si les changements survenus dans le volume du trafic, les émissions spécifiques des véhicules ou la répartition journalière du trafic ont des conséquences pouvant influencer sur la fixation des valeurs limites d'immissions. Et il n'y va pas uniquement du niveau de ces valeurs limites, mais il s'agit par exemple aussi d'étudier si les heures retenues pour le jour/la nuit correspondent encore à la réalité actuelle ou encore s'il y a eu des changements dans la fréquence des événements sonores.

Dans cette analyse, il est important de souligner que la seule modification du volume du trafic, de sa composition ou de sa répartition jour/nuit ne signifie pas qu'il faille intervenir. Pour que les changements deviennent pertinents, il faut avoir de bonnes raisons de croire que cet aspect était inconnu au moment de la fixation des valeurs limites d'immissions et qu'il n'en a pas dûment été tenu compte dans le niveau d'évaluation du bruit. Dans ce cas seulement, il devient nécessaire de réexaminer les valeurs limites d'immissions ou la détermination du niveau d'évaluation.

Les neuf questions-clés posées pour la dimension Technique et exploitation sont étudiées ci-après en suivant cette démarche. Pour raccourcir et simplifier l'exposé, les questions sont regroupées par mode de transport: 1 à 3 pour le trafic routier, 4 à 6 pour le trafic ferroviaire et 7 à 9 pour le trafic aérien.

¹⁸ Les explications reposent sur Höin R., Buchmann B., (2009), Überprüfung der Immissionsgrenzwerte für Lärm, Inputpapier 2: Technik & Betrieb.

3.1.1 T+E 1-3: Comment le volume du trafic routier, ses émissions de bruit et sa répartition journalière ont-ils évolué, et en découle-t-il un besoin d'intervention?

a) Volume du trafic

Entre 1980 et 2005, le transport motorisé individuel a augmenté de 55% (en termes de kilomètres-véhicules). Dans le cas du transport de marchandises, l'accroissement a atteint 84% pour les véhicules routiers légers (> 3t) et 51% pour le trafic poids lourds. L'évolution du trafic journalier moyen (TJM) montre que la circulation a crû surtout sur les autoroutes au cours des 25 dernières années, de 76% plus précisément, contre 18% pour les routes en dehors des localités et 6% à l'intérieur des localités. Qui plus est, la circulation est devenue quasi permanente (24 h sur 24) sur les routes très fréquentées, qui ne connaissent pratiquement plus de pauses, pas même la nuit, à la différence d'autres routes. Cette absence d'interruption du trafic, plus spécifiquement la nuit, engendre une augmentation de la gêne qui n'est probablement pas suffisamment reflétée par l'accroissement du Leq. Pour cette raison, le **besoin d'intervention** est jugé **grand** s'agissant du réexamen des bases scientifiques sur lesquelles reposent les valeurs limites d'immissions. Il convient notamment de se demander s'il ne serait pas nécessaire d'introduire une correction de niveau distincte pour les routes très fréquentées en raison de la permanence de l'exposition au bruit.

b) Emissions

Les émissions sonores des véhicules à moteur se décomposent en bruits de moteur¹⁹ et de roulement²⁰. Vu la grande variation dans les vitesses, on peut simplifier et dire que les bruits de moteur dominent à l'intérieur des localités, tandis que les bruits de roulement sont majoritaires à l'extérieur des localités. Différentes nouveautés (limitations de vitesse, limiteurs de vitesse) ont réduit les émissions spécifiques par véhicule. Il est en revanche difficile de se prononcer sur l'évolution d'autres paramètres (propriétés des pneus, poids des véhicules), faute de données fiables sur ces sujets. Les documentations correspondantes devraient être étudiées plus avant. De ce point de vue, il existe **un faible besoin d'intervention**.

c) Répartition journalière

La part de trafic nocturne par rapport à l'ensemble du trafic (tous les véhicules) a légèrement augmenté entre 1991 et 2002. Un accroissement net a eu lieu pour les camions (véhicules d'une longueur supérieure à 12,5 m). Ceux-ci démarrent en général ponctuellement à 5 heures du matin (fin de l'interdiction de circuler la nuit). Selon l'OPB, l'énergie acoustique

¹⁹ Ces émissions proviennent du moteur, de la transmission, du pot d'échappement et des dispositifs d'aspiration. Ce bruit dépend en premier lieu du type de moteur, de son régime et des conditions de marche.

²⁰ Le bruit de roulement inclut les émissions des pneus au contact avec la chaussée, les bruits d'écoulement et les éventuels claquements. Mais ce sont surtout les bruits de roulement qui sont déterminants. Côté véhicule, ils dépendent du profil et de la largeur des pneumatiques ainsi que du poids du véhicule. Côté chaussée, la porosité du revêtement, la rugosité de la surface et la disposition spatiale des structures jouent un rôle prépondérant.

générée par les camions durant la dernière heure de la nuit (5 – 6 h) est cependant intégrée dans la moyenne des 8 heures nocturnes.

Par ailleurs, on constate depuis quelques années une tendance à une conduite plus agressive à l'intérieur des localités, durant la nuit essentiellement, qui provoque des événements sonores isolés très bruyants, dont le Leq ne parvient pas à refléter les nuisances ou de façon insatisfaisante seulement.

Ces deux développements donnent lieu à un besoin d'intervention moyen. Il convient en particulier d'examiner si le Leq calculé pour l'ensemble de la période nocturne reste un niveau d'évaluation approprié, ou s'il faudrait envisager de procéder à une évaluation séparée pour des heures distinctes de la nuit, comme c'est déjà le cas pour le bruit du trafic aérien.

3.1.2 T+E 4-6: Comment le volume du trafic ferroviaire, ses émissions de bruit et sa répartition journalière ont-ils évolué, et en découle-t-il un besoin d'intervention?

a) Volume du trafic

Le trafic voyageurs a augmenté de 66% entre 1980 et 2005 (en termes de trains-kilomètres). Un accroissement est aussi observable en trafic marchandises, mais celui-ci est nettement inférieur, n'atteignant que 9%. Cette évolution va de pair avec une augmentation de la densité de trafic par jour (24 heures) et par ligne de 22%, le nombre de trains étant passé de 90 à 110. Sur certains tronçons – surtout le long de l'axe du Gothard – l'accroissement est encore plus marqué. En outre, la tendance est à l'allongement des convois.

Il est vrai que l'augmentation du trafic est entièrement reflétée par le Leq. Mais on peut se demander si le bonus général de -5 dB(A) accordé aux chemins de fer est encore justifié vu la densité accrue du trafic. En comparaison du seuil fixé dans l'OPB (> 79 trains par jour ou par nuit), au-delà duquel seul un bonus minimal de -5 dB(A) est accordé, les fréquences des trains, surtout sur la ligne du Gothard, sont nettement plus élevées, aussi bien la nuit que le jour. Les phases de calme entre les événements sonores ne sont plus que très réduites sur ces lignes. Il est donc permis de se demander si, avec une telle fréquence des trains et pour un Leq identique à celui du trafic routier, la population ressent toujours ces nuisances comme moins incommodantes et si le bonus de -5 dB(A) est encore justifié. L'ensemble de ces réflexions indique un **grand besoin d'intervention** dans ce domaine plus précisément la nécessité de réexaminer la correction de niveau.

b) Emissions

Le bruit émis par le passage des trains provient essentiellement du contact entre les roues et les rails, la rugosité des deux surfaces étant déterminante. Les émissions de bruit qui en résultent dépendent ensuite du volume du trafic (nombre de trains le jour / la nuit), de l'infrastructure (limitations de vitesse, profil des voies, infrastructure et superstructure) ainsi que de la qualité du matériel roulant et des rails.

Ces dernières années, des améliorations notables ont été apportées au matériel roulant, les freins à sabots ayant été remplacés par des freins à disques ou à tambour. Ces progrès doivent être salués, car ils permettent de réduire les émissions globales pour une fréquence des trains inchangée. Ils pourraient à tout le moins influencer sur la perception relative que la population a des trois types de bruit (ferroviaire, routier, aérien). Il en découle que la **nécessité** de revoir les valeurs limites d'immissions est jugée **moyenne**. La principale question qui se pose alors est de savoir pour quel niveau d'évaluation (Lr) spécifique à un mode de transport on peut présupposer une gêne identique; ainsi, il faut vérifier par exemple s'il est toujours vrai, comme le présume l'OPB, que, pour un Lr de 60 dB(A), les bruits routier et ferroviaire sont ressentis comme pareillement gênants.

c) Répartition journalière²¹

En plus de l'augmentation générale de la densité du trafic, la ligne du Gothard est tout spécialement confrontée à un accroissement du nombre des trains marchandises (bruyants) durant la nuit. Ces convois étant tributaires des plages nocturnes non occupées par les trains voyageurs et ne circulant pas selon un horaire régulier, mais au gré des besoins, leur passage (inattendu) pendant la nuit doit être considéré comme particulièrement gênant. Il est bien connu aussi que le modèle de bruit, et donc les nuisances typiques, d'un train marchandises diffèrent considérablement de ceux d'un train voyageurs. Les convois de marchandises sont généralement composés de différents types de wagons, dont les niveaux de bruit sont parfois très variables. Ils sont souvent longs et le temps de passage l'est donc aussi, ce qui augmente la probabilité d'un réveil des riverains.

Globalement, ces évolutions ont entraîné une redistribution des phases bruyantes ou leur report vers la période nocturne, du moins pour les lignes très fréquentées par les convois de marchandises. Il convient en particulier de réexaminer la correction de niveau K1 (selon l'annexe 4 OPB), car elle favorise actuellement les trains de nuit par rapport à ceux qui circulent le jour avec un bonus de -3 dB(A) – lorsque leur nombre par jour / par nuit est inférieur à 79 et plus grand que 7,9).²² Le **besoin d'intervention** est jugé **grand** s'agissant de la répartition journalière et de sa prise en compte dans le niveau d'évaluation Lr.

²¹ Pour chacun des trois types de trafic (rail, route, air), on a étudié non seulement la répartition journalière, mais également les changements dans la répartition spatiale. Il est ressorti que, même s'il y a eu de tels changements, il n'en découle pas une nécessité de revoir les bases scientifiques. C'est pourquoi la présente synthèse n'approfondit pas les aspects liés à la répartition spatiale.

²² Exemple de calcul:

- 4 trains par heure le jour = total 64 trains; $K1 = 10 \cdot \log(64/250) = -5,9$
- 4 trains par heure la nuit = total 32 trains; $K1 = 10 \cdot \log(32/250) = -8,9$

3.1.3 T+E 7-9: Comment le volume du trafic aérien, ses émissions de bruit et sa répartition journalière ont-ils évolué, et en découle-t-il un besoin d'intervention?

a) Volume du trafic

Entre 1980 et 2005, les mouvements ont fortement augmenté dans les trois aéroports du pays (Bâle-Mulhouse: 142%, Genève: 68%, Zurich: 94%). Mais comme nous l'expliquions en introduction au point 3.1, le seul accroissement du volume du trafic ne suffit pas à justifier un réexamen des valeurs limites d'immissions. Il faut préciser aussi que les valeurs limites d'immissions pour le trafic aérien civil n'ont été fixées qu'en 2000, ce qui signifie qu'une grande partie de l'augmentation des mouvements depuis 1980 a déjà été prise en compte. Le **besoin d'intervention** est donc jugé **faible**.

b) Emissions

Les émissions du trafic aérien dépendent du rayonnement du bruit de chaque type d'appareil, des procédures d'approche et d'envol et des règlements propres à chaque aéroport. De grands progrès ont été faits ces 25 dernières années pour le rayonnement, ce qui a permis de réduire considérablement les émissions de bruit par mouvement. Les règlements d'exploitation des aéroports ont d'ailleurs été adaptés régulièrement à ces évolutions. En prenant l'exemple de l'aéroport de Zurich-Kloten, on voit clairement que les progrès réalisés sur les avions et les aménagements des règlements d'exploitation ont permis depuis 1987 de réduire nettement les surfaces où la valeur limite d'immissions est dépassée. Parallèlement, il faut constater que la population a fortement augmenté dans les communes exposées au bruit du trafic aérien.

Cette réduction très nette des immissions globales doit cependant être mise en balance avec l'augmentation massive du nombre de mouvements de vols en général et avec les changements dans le rythme journalier. Ces évolutions sont ressenties comme fortement gênantes par les riverains, indépendamment du niveau sonore de chaque mouvement. Il est impossible de refléter correctement cet effet de l'augmentation disproportionnée des mouvements avec, simultanément, une diminution disproportionnée de la puissance de la source au moyen du niveau d'évaluation actuel.

Globalement, cette évolution se traduit par un **besoin d'intervention faible** s'agissant du réexamen des bases scientifiques.

c) Répartition journalière

A l'instar des autres modes de transport, la répartition journalière des événements sonores dus au trafic aérien joue un rôle déterminant pour la gêne ressentie par la population.

A Zurich, on constate que les mouvements durant les deux premières heures de la nuit (22–23 h et 23–24 h) ont augmenté de 190% entre 1980 et 2005. Durant la dernière heure nocturne (5–6 h) en revanche, on relève une diminution de 98%, qui est la conséquence de la

213^e ordonnance d'exécution allemande relative à l'ordonnance sur le bruit du trafic aérien ou, plus précisément, de l'obligation des vols en approche par le sud qui en découle. En outre, un accroissement important (41%) a été enregistré entre 1996 et 2005 durant la dernière heure du jour (21–22 h). Par ailleurs, le déplacement des vols d'approche qui se déroulaient précédemment avant 6 h a engendré une forte augmentation des mouvements pendant la première heure du jour (6-7 h). Lors du calcul du niveau d'évaluation, qui établit une moyenne, ces vols additionnels sont répartis également sur les 16 heures du jour.

Dans les autres aéroports (surtout Genève et Bâle), le nombre de mouvements durant la dernière heure de la nuit est toujours faible, mais on constate une augmentation du nombre de vols durant la deuxième heure de la nuit (23–24 h).

Les recherches sur les effets du bruit (cf. point 3.3.4) ont montré que la gêne occasionnée par des événements sonores est particulièrement prononcée durant le sommeil, et qu'une grande partie de la population considère que les heures marginales de fin et de début de journée (21–22 h et 6–7 h) font partie de la nuit. Il faut donc présumer que les nuisances effectives durant ces heures «marginales» sont sous-estimées au vu du mode détermination du niveau d'évaluation. Le besoin d'intervention est donc jugé moyen en matière de Technique et exploitation.

3.1.4 Evaluation globale pour le domaine Technique et exploitation

Le tableau 3-1 dresse un récapitulatif du besoin d'intervention pour le domaine Technique et exploitation.

Tableau 3-1: Récapitulatif du besoin d'intervention pour le domaine Technique et exploitation

Technique et exploitation	Question-clé	Besoin d'intervention
T+E 1	Comment le volume du trafic routier a-t-il évolué au cours des 25 dernières années, en particulier sur les autoroutes, et quelles sont les prévisions?	grand
T+E 2	Comment les émissions du trafic routier ont-elles évolué au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	faible
T+E 3	Comment la répartition journalière du trafic routier a-t-elle évolué au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	moyen
T+E 4	Comment le volume du trafic ferroviaire a-t-il évolué au cours des 25 dernières années, en particulier sur les lignes principales, et quelles sont les prévisions?	grand
T+E 5	Comment les émissions du matériel roulant des chemins de fer ont-elles évoluées au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	moyen
T+E 6	Comment la répartition journalière du trafic ferroviaire sur a-t-elle évolué au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	grand
T+E 7	Comment les mouvements aériens ont-ils évolué à proximité des aéroports au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	faible
T+E 8	Comment les émissions du trafic aérien ont-elles évolué au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	faible
T+E 9	Comment la répartition journalière du trafic aérien sur a-t-elle évolué au cours des 25 dernières années?	faible

Le besoin d'intervention est jugé grand pour trois des neuf questions-clés: 1, 4 et 6. L'une d'entre elles concerne le trafic routier, deux le trafic ferroviaire:

- Dans le cas du **trafic routier**, la forte augmentation de la circulation sur des routes très fréquentées se traduit par une exposition au bruit permanente, qui ne diminue guère la nuit. Cela laisse supposer que la gêne subie par la population est insuffisamment prise en compte par la simple augmentation du niveau d'évaluation. Une correction distincte pourrait donc se révéler nécessaire pour la gêne engendrée par les routes très fréquentées en permanence.
- Dans le cas du **trafic ferroviaire**, la forte augmentation du nombre de trains en circulation soulève la question du bien-fondé du bonus accordé au rail par rapport à la route. En outre, la forte proportion de trains de marchandises circulant la nuit et l'allongement des convois amènent à se demander si le calcul de la correction de niveau est encore adapté. En effet, sous sa forme actuelle, celui-ci avantage les trains circulant la nuit par rapport à ceux qui roulent le jour, tant que leur nombre est inférieur à 79 sur cette période.

Pour trois questions-clés (3, 5 et 9), le besoin d'intervention est jugé **moyen**, tandis qu'il est faible pour les trois questions-clés restantes (2, 7 et 8).

3.2 Acoustique²³

La dimension Acoustique s'intéresse essentiellement aux trois questions suivantes:

- Quels descripteurs existe-t-il pour appréhender le bruit?
- Quels ont été les développements dans les mesurages et les calculs acoustiques et quelles sont les exigences posées à cet égard?
- Quelles sont les incertitudes de mesure et de calcul et comment sont-elles gérées?

Les réponses à ces questions sont abordées essentiellement du point de vue de leur retentissement pour le besoin d'intervention. En d'autres termes, il s'agit de déterminer s'il y a eu, dans l'un de ces domaines, des modifications ou des connaissances nouvelles appelant un réexamen des bases scientifiques sur lesquelles reposent les valeurs limites d'immissions. Comme pour le domaine Technique et exploitation, il faut souligner qu'un changement n'induit pas automatiquement un besoin d'intervention. Ce dernier n'est avéré que si, au vu des nouveaux éléments, il y a lieu de supposer que, au vu des nouvelles bases scientifiques, les valeurs limites d'immissions et la méthode de détermination du niveau d'évaluation en découlant n'assurent plus la protection de la population contre les atteintes nuisibles ou incommodantes.

3.2.1 A 1: Le concept des niveaux d'évaluation, compris comme la somme d'un niveau moyen et d'une ou plusieurs corrections, suffit-il pour refléter adéquatement les nuisances dues au bruit (gêne, perturbation du sommeil, effets sur la santé)?

Différentes grandeurs physiques d'un bruit peuvent être utilisées pour décrire une même immission sonore acoustique à un endroit donné. Pour évaluer une situation concrète, il suffit généralement de relever l'évolution dans le temps de la pression acoustique. On peut en déduire différentes caractéristiques du son, tel que le niveau maximal L_{max} , le niveau moyen L_{eqT} (=niveau de pression acoustique continu équivalent) pendant une période donnée T ou le niveau événementiel L_E . Pour le bruit impulsionnel, en particulier pour estimer les risques qu'il présente pour l'ouïe, on utilise également le niveau de crête L_{peak} .

La description purement physique ne suffit pas à refléter la perception auditive. Le mesurage du volume sonore d'un son doit en particulier tenir compte des différentes sensibilités de l'ouïe, c'est-à-dire des diverses fréquences (hauteur du son). Pour ce faire, on recourt à la pondération A. Dans le domaine de la lutte contre le bruit, les mesurages et les calculs se font généralement en niveaux de pression acoustique, pondérés A, L_{AF} , et dans les unités qui en sont dérivées, telles que le niveau moyen L_{Aeq} et le niveau maximal L_{AFmax} ou L_{ASmax} .²⁴

²³ Les explications se fondent sur Bütikofer R., Eggenschwiler K., Heutschi K., Thomann G. et Wunderli, J.M. (2009), Überprüfung der Immissionsgrenzwerte für Lärm, Inputpapier 3: Akustik.

²⁴ F est l'abréviation de FAST (constante de temps rapide) pour une moyenne mobile du signal initial; S est l'abréviation de SLOW (constante de temps lente).

Pour évaluer le bruit, ces caractéristiques techniques du signal doivent être «transformées» en niveau d'évaluation du bruit L_r (*rating level*). Pour ce faire, on part généralement du niveau moyen L_{Aeq} , qui est complété par des corrections. C'est la solution choisie aussi pour l'OPB. Au cours des dernières décennies, d'autres unités d'évaluation du bruit ont été mises au point, par exemple l'indice numérique du bruit «NNI» (*Noise and Number Index*) ou le $Leq(4)$.

Force est de constater que les nuisances ressenties par les personnes exposées à des émissions sonores sont reflétées aussi bien ou aussi mal par tous les indicateurs de bruit. Et les mesures développées ces dernières années ne se sont guère révélées meilleures que celles qui sont déjà utilisées. Les niveaux d'évaluation appliqués en vertu de l'OPB correspondent donc toujours à l'état de la technique et des connaissances. Il n'existe donc **pas de besoin d'intervention** pour la question-clé A 1 du point de vue acoustique. Il n'en reste pas moins que les recherches sur les effets du bruit appellent un affinement ou un remaniement des indicateurs de bruit afin de pouvoir mieux décrire la corrélation entre l'exposition et la gêne ou les troubles du sommeil.

3.2.2 A 2: Le lieu défini par l'OPB pour la détermination des valeurs limites d'immissions est-il approprié du point de vue acoustique pour refléter l'effet incommode ressenti par les personnes exposées?

Les immissions acoustiques doivent être déterminées de manière à offrir une bonne base pour évaluer le bruit. A cet égard, prendre le milieu de la fenêtre ouverte pour mesurer l'exposition au bruit routier et ferroviaire reste une solution appropriée du point de vue acoustique. La méthode dite de la pression dynamique permet aussi d'obtenir des résultats fiables lorsque les fenêtres ne peuvent pas rester constamment ouvertes durant une longue campagne de mesures. Sous l'angle de l'acoustique, il n'y a par conséquent **pas de besoin d'intervention** pour cet aspect.

3.2.3 A 3: Les possibilités techniques de mesure acoustique ont-elles à ce point changé ou évolué que cela puisse avoir des répercussions sur la fixation des valeurs limites d'immissions?

Au cours des 50 dernières années, il n'y a pas eu de changements significatifs dans la saisie de la pression acoustique au moyen de microphones. En revanche, les possibilités dans le domaine de l'enregistrement technique et du traitement des données ont énormément évolué. Les circuits intégrés et les processeurs disponibles aujourd'hui permettent de relever des paramètres pour répondre à pratiquement toutes les interrogations, allant de l'évaluation des fréquences à l'augmentation du niveau (pente des flancs)²⁵, en passant par la puissance ou les schémas de nuisance (succession des temps de repos et de nuisances). Il est également

²⁵ La pente des flancs mesure à quelle vitesse le niveau des sons augmente. Le passage à grande vitesse d'un train provoque un accroissement du niveau plus rapide qu'un passage lent.

possible de suivre l'exposition au bruit sur plusieurs années (p. ex. monitoring à proximité d'une autoroute), en enregistrant toutes les données acoustiques, les conditions météorologiques et la densité du trafic. Qui plus est, la plage dynamique évaluable (minimum et maximum d'intensité sonore) s'est considérablement étendue (plus de 100 dB(A)), alors qu'elle était limitée à 50 dB(A) ou moins auparavant.

En résumé, les procédés de mesure modernes assurent une saisie des données, et donc une évaluation, beaucoup plus vaste que dans les années 1980. Fondamentalement, la technique de mesure utilisée pour fixer les valeurs limites de l'ordonnance sur la protection contre le bruit reste toutefois parfaitement valable de nos jours. Les résultats obtenus alors pour l'exposition au bruit et la gêne induite ne sont donc pas faussés par une technique de mesure «obsoleète». En conséquence, les valeurs L_{Aeq} et L_{AFmax} conservent toute leur validité pour évaluer le bruit du trafic (cf. les explications pour la question-clé A 1).

Si de nouvelles études empiriques devaient être menées sur l'exposition au bruit et sur la gêne qu'elle engendre pour la population, par exemple en vue de redéfinir les valeurs limites et les procédés de détermination des niveaux d'évaluation, les techniques de mesure actuelles offrent un potentiel inexploité qui permettrait de créer des indicateurs entièrement nouveaux pour décrire le bruit. En ce sens, le **besoin d'intervention** peut être qualifié de **moyen**.

3.2.4 A 4: Les méthodes et les possibilités des techniques de simulation acoustique (calcul de l'exposition au bruit) ont-elles à ce point changé ou évolué que cela puisse avoir des répercussions sur la fixation des valeurs limites d'immissions?

Les modèles de calcul utilisés dans les années 1980 pour estimer l'exposition au bruit reposaient certes sur de nombreuses données issues de mesurages, mais, avec le recul, on peut considérer que la technique de modélisation n'était pas encore très avancée. La description de la source de bruit se limitait généralement à quelques paramètres, par exemple le tracé de la route, de la ligne ferroviaire ou du couloir aérien, ou le nombre de véhicules par unité de temps. Le calcul de la propagation du son était en général constitué d'un seul terme destiné à refléter la corrélation entre la source de bruit et le lieu des immissions modélisées, à laquelle s'ajoutaient des corrections au caractère largement empirique. Ces modèles ne tenaient en particulier pas compte des différentes caractéristiques du terrain (surface herbacée ou goudronnée) ni des conditions météorologiques (direction du vent, température), bien que des mesurages aient démontré que ces facteurs peuvent entraîner des différences de niveau allant jusqu'à plusieurs décibels. Ces lacunes ont eu des conséquences pour la modélisation des immissions de bruit nocturnes surtout. La nuit en effet, les inversions de température sont plus fréquentes, ce qui signifie que le bruit peut se propager sans aucune atténuation par-dessus des obstacles bas par exemple. Or, les valeurs utilisées pour calibrer les modèles avaient été mesurées principalement durant la journée, à quoi s'ajoute le fait que les modèles de l'époque ne pouvaient pas tenir compte (comme indiqué plus haut) des différentes répartitions de température le jour et la nuit. De fait, cela a abouti à une sous-estimation systématique de l'exposition au bruit calculée pour la nuit.

Les simplifications opérées pour les sources de bruit ont été tout aussi significatives que les lacunes dans la modélisation de la propagation sonore. Le modèle de calcul pour le bruit des chemins de fer SEMIBEL par exemple ne tenait pas compte, ou insuffisamment seulement, du type de superstructure ni de la rugosité des roues et des rails. Les différences d'immissions dues aux caractéristiques de la superstructure, des roues et des rails ne pouvaient par conséquent être prises en compte que par le biais du paramètre «vitesse». Avec pour résultat que la relation à la vitesse obtenue pour divers types de véhicules était très différente, ce que la physique ne pouvait pas expliquer. En d'autres termes, si un tel modèle est utilisé pour une plage de vitesses supérieure à celle couverte par les données mesurées, il faut escompter des écarts considérables entre mesure et calcul.

Depuis les débuts de la technique de modélisation dans les années 1980, les progrès ont été très importants. Les modèles restent axés sur le calcul d'un niveau moyen, pondéré A, L_{Aeq} . Ce qui est nouveau en revanche, c'est qu'ils reposent sur une stricte séparation de la formation du son, de son rayonnement et de sa propagation. Il est ainsi possible de concevoir des procédés de calcul nettement plus complexes pour la propagation du son, qui peuvent être appliqués à tous les types de bruit. En outre, les modèles renoncent autant que faire se peut aux corrections purement empiriques, c'est-à-dire s'appuyant uniquement sur des données mesurées. Ils visent au contraire à refléter aussi directement que possible les phénomènes physiques. La configuration du sol, les influences météorologiques et les réflexions par exemple sont reproduites fidèlement sur le plan de la physique.

La tendance à s'appuyer davantage sur la physique est également perceptible pour la description des sources. On ne se contente plus aujourd'hui de repérer les facteurs déterminants des émissions de bruit et de les mettre en relation avec les niveaux mesurés, mais on s'efforce de reproduire la formation effective du bruit au moyen de modèles sophistiqués.

Ces progrès réalisés dans la technique de modélisation revêtent une assez grande importance en termes de besoin d'intervention. Il est en effet fort probable que les résultats des études suisses et internationales sur les relations entre exposition au bruit et effets (nuisibles ou incommodants) présentent systématiquement des erreurs lorsque l'exposition au bruit a été déterminée à l'aide d'anciens modèles de calcul (ce fut le cas notamment pour différentes études suisses). Étant donné que les relations ainsi obtenues ont également servi à fixer les valeurs limites, il est permis de douter de la qualité / fiabilité des valeurs limites actuelles. Il en découle que le **besoin d'intervention** est **grand** pour cette question-clé et qu'il s'agit de réétudier la relation exposition-effet.

3.2.5 A 5: Les mesures et les calculs sont entachés d'incertitudes quantifiables. Quel rôle ces incertitudes jouent-elles lors de la fixation des valeurs limites d'immissions?

Les incertitudes de mesure et de calcul n'ont rien d'inhabituel : la conscience de cet état de fait s'est nettement également accrue dans le domaine acoustique au cours de la dernière décennie. L'état actuel des connaissances peut être résumé comme suit.²⁶

- L'incertitude de mesure dépend des appareils utilisés, de leur paramétrage, des bruits de fond et éventuellement des environs immédiats du point de mesure. Lorsque les mesurages sont encadrés et que les bruits de fond sont donc surveillés, l'incertitude atteint environ 0,5 dB. Lorsque les mesurages sont automatiques (non surveillés), elle peut nettement dépasser 1 dB.

En dépit de cette incertitude parfois relativement modeste en comparaison des calculs, les mesurages ne sont pas toujours plus précis que les calculs. Exemple: lors de la détermination de moyennes annuelles sur de grandes distances de propagation, l'incertitude des mesurages peut être très élevée si la durée de mesure ou les périodes privilégiées ont été mal choisies.

- L'incertitude de calcul ou de modélisation concerne d'une part la description de la source de bruit et, d'autre part, la modélisation des phénomènes de propagation du son:
 - L'incertitude relative à la description de la source de bruit atteint 1 - 2 dB.
 - L'incertitude du calcul de la propagation du son est plus grande. Elle augmente avec la distance. Pour la propagation proche du sol, elle est estimée grossièrement à 1 dB environ par tranche de propagation de 100 m. Dans le cas du bruit du trafic aérien, l'incertitude standard est inférieure, parce que la propagation n'est pas proche du sol. À une distance d'un kilomètre, elle devrait atteindre 1 à 2 dB et augmenter d'environ 0,5 dB par kilomètre.

Ces ordres de grandeur correspondent aux modèles de calcul actuels et se rapportent au niveau d'événements isolés. Pour le niveau moyen, l'incertitude standard est inférieure aujourd'hui. Les calculs réalisés avec des modèles plus anciens sont entachés d'une d'incertitude deux fois plus élevée, en particulier parce que les effets météorologiques ne sont pas du tout pris en compte.

Ce constat est important pour le besoin d'intervention. En effet, la fixation de valeurs limites d'immissions et la détermination des procédés de calcul et de mesurage pour obtenir le niveau d'évaluation sont étroitement liées. Ce lien n'est plus donné pour le trafic routier et ferroviaire, vu que les modèles et les procédés utilisés actuellement pour déterminer le niveau d'évaluation sont différents de ceux qui l'ont été, du moins en partie, au moment de la fixation des valeurs limites d'immissions. Il en découle un **besoin d'intervention moyen** s'agissant de la révision des bases scientifiques fondant ces valeurs.

²⁶ Cf. Thomann G. (2007), Mess- und Berechnungsunsicherheit von Fluglärmbelastungen und ihre Konsequenzen.

3.2.6 Evaluation globale pour le domaine Acoustique

Le tableau 3-2 donne un récapitulatif général du besoin d'intervention du point de vue acoustique.

Les progrès réalisés dans la technique de modélisation de l'exposition au bruit (question-clé A 4) induisent un grand besoin d'intervention. On peut supposer que les anciens modèles de calcul sous-estimaient systématiquement l'exposition au bruit, surtout la nuit. Cela remet aussi en question la qualité ou la fiabilité de différentes études suisses concernant les rapports entre l'exposition au bruit et la gêne ressentie, car pour certaines d'entre elles les immissions n'ont pas été mesurées à l'endroit où séjournèrent les personnes interrogées, mais ont été calculées au moyen des anciens modèles pour des raisons budgétaires.

Pour les questions-clés A 3 et A 5, le besoin d'intervention est jugé moyen, tandis qu'il est faible pour les deux autres questions restantes (A 1 et A 2).

Tableau 3-2: Récapitulatif du besoin d'intervention du point de vue acoustique

Acoustique	Question-clé	Besoin d'intervention
A 1	Le concept de niveaux d'évaluation, compris comme la somme d'un niveau moyen et d'une ou plusieurs corrections, suffit-il pour refléter adéquatement les nuisances dues au bruit (gêne, perturbation du sommeil, effets sur la santé)?	faible
A 2	Le lieu défini par l'OPB pour la détermination des valeurs limites d'immissions est-il approprié du point de vue acoustique pour refléter l'effet incommode ressenti par les personnes exposées?	faible
A 3	Les possibilités techniques de mesure acoustique ont-elles à ce point changé ou évolué que cela puisse avoir des répercussions sur la fixation des valeurs limites d'immissions?	moyen
A 4	Les méthodes et les possibilités des techniques de simulation acoustique (calcul de l'exposition au bruit) ont-elles à ce point changé ou évolué que cela puisse avoir des répercussions sur la fixation des valeurs limites d'immissions?	grand
A 5	Les mesures et les calculs sont entachés d'incertitudes quantifiables. Quel rôle ces incertitudes jouent-elles lors de la fixation des valeurs limites d'immissions?	moyen

3.3 Effets du bruit²⁷

Les effets de l'exposition au bruit, sujet du présent point, constituent le maillon central de la chaîne exposition-effet (cf. figure 1-1), car les valeurs limites d'immissions doivent en définitive être fixées en fonction de l'effet «tolérable». Cela ne signifie pas pour autant qu'il est possible de déduire les valeurs limites directement des recherches socio-psychologiques ou médicales menées sur les effets du bruit. Cette recherche peut révéler quelles nuisances et, partant, quelles atteintes nuisibles ou incommodes une certaine exposition au bruit peut avoir. Elle n'apporte toutefois pas de réponse à la question de savoir si ces nuisances sont encore tolérables au sens de la loi, ni si les limites du tolérable sont déjà dépassées. La fixation à proprement parler des valeurs limites reste donc en large partie un acte politique.²⁸

Il est par conséquent logique que l'analyse du besoin d'intervention se concentre avant tout sur la confirmation ou l'infirmité des relations exposition-effet, qui avaient joué un rôle déterminant lors de la fixation des valeurs limites d'immissions. Deux aspects sont particulièrement importants à cet égard:

- Depuis l'entrée en vigueur de l'OPB, la «composition» de l'énergie acoustique d'une source de bruit a-t-elle changé au point que, même pour un niveau d'exposition moyen identique, l'effet ou la gêne sont différents aujourd'hui? Cette question porte évidemment aussi sur les éventuelles erreurs systématiques alors commises lors des mesurages ou des calculs sur l'exposition au bruit et dont la rectification déboucherait à présent sur une relation exposition/effet différente (même si la «composition» de l'énergie acoustique n'a pas changé entre hier et aujourd'hui).
- Depuis l'entrée en vigueur de l'OPB, y a-t-il eu un changement collectif dans la perception de ce qui est tolérable en matière d'exposition au bruit?

Il y a par conséquent deux causes principales pouvant appeler une modification de la relation exposition-effet. L'une se rapporte à l'acoustique et à l'exploitation, l'autre est de nature sociale et psychologique. Les deux sont importantes pour l'analyse du besoin d'intervention. Il convient donc d'intégrer ces deux aspects dans les réponses apportées aux questions-clés de la partie Recherche sur les effets du bruit.

3.3.1 EB 1: Quelles modifications les relations exposition/effet ont-elles subi au fil du temps et un besoin d'intervention en découle-t-il?

Le réexamen des relations exposition/effet se limite ici à la dimension «gêne». Nous sommes parfaitement conscients qu'il existe d'autres effets importants du bruit, qui justifient tout autant la fixation de valeurs limites (p. ex. réveil, indicateurs de santé médico-physiologiques). Ces aspects sont traités en rapport avec la question-clé EB 6.

²⁷ Les explications se fondent sur Brink M. (2009), Überprüfung der Immissionsgrenzwerte für Lärm, Inputpapier 4: Lärmwirkung.

²⁸ Comme exposé au point 2.3 e), la commission d'experts avait convenu lors de la fixation des valeurs limites d'immissions que celles-ci devaient être arrêtées de manière que l'exposition ne soit pas ressentie comme gêne sensible par minorité qualifiée de plus de 25% de la population.

Comme nous l'avons déjà souligné dans le point 2.3, la méthode des entretiens s'est imposée dans la recherche sur le bruit pour déterminer la gêne causée par les nuisances sonores. Elle vise à connaître la part de personnes *fortement gênées* (HA – *highly annoyed*), autrement dit qui désigne les niveaux les plus élevés de l'échelle des nuisances. Il est bien connu que la route, le rail et l'air ne dérangent pas la population de la même manière, même si les niveaux énergétiques moyens sont analogues. L'évolution des relations exposition/effet est par conséquent étudiée séparément pour les différents moyens de transport.

a) Trafic routier

Un nombre relativement faible de travaux scientifiques a été entrepris ces 10 à 15 dernières années pour élargir la base de données empiriques décrivant la relation entre l'exposition au bruit du trafic routier et ses effets.

De récentes études réalisées entre 2004 et 2008 en Suède²⁹, Norvège³⁰ et Serbie³¹ laissent supposer que la relation exposition-effet s'est décalée de plusieurs décibels vers le bas par rapport à des études antérieures.

L'étude HYENA³², réalisée il y a quelques années au sujet des nuisances dues au bruit des trafics aérien et routier à proximité des grands aéroports européens (Amsterdam, Athènes, Berlin, Londres, Milan et Stockholm), n'a cependant pas constaté de tendance à un accroissement de la gêne pour le domaine routier par rapport à des études antérieures. Il en est toutefois ressorti que les résultats nationaux s'écartent parfois considérablement de la moyenne européenne. L'étude ALPNAP³³, qui a porté sur l'exposition au bruit le long de la transversale alpine du Brenner (Tyrol), a montré que la population interrogée dans cette région était sans exception plus fortement gênée par le bruit que ne le laissaient présager les valeurs moyennes européennes.

Globalement, les résultats de la recherche indiquent que la nécessité de revoir en Suisse les relations exposition-effet est avérée, le **besoin d'intervention** étant jugé au minimum **moyen**. Les nouvelles études empiriques devraient relever non seulement la gêne, mais aussi les réveils provoqués par le bruit. En outre, il faudrait inclure les effets connus sur la santé, tels que les maladies cardio-vasculaires.

²⁹ Ohrstrom E., Barregard L., Andersson E., Skanberg A., Svensson H. et Angerheim P. (2007), Annoyance due to single and combined sound exposure from railway and road traffic.

³⁰ Klaeboe R., Amundsen A.H., Fyhri A. et Solberg S. (2004), Road traffic noise - the relationship between noise exposure and noise annoyance in Norway.

³¹ Jakovljevic B., Paunovic K. et Belojevic G. (2008), Road-traffic noise and factors influencing noise annoyance in an urban population.

³² Babisch W., Houthuijs D., Pershagen G., Cadum E., Velonakis M., Katsouyanni K. et al. (2007), Associations between road traffic noise, aircraft noise and noise annoyance. Preliminary results of the HYENA study.

³³ Lercher P., de Greve B., Botteldooren D. et Rüdiger J. (2008), A comparison of regional noise-annoyance-curves in alpine areas with the European standard curves.

b) Trafic ferroviaire

Dans les commentaires relatifs aux questions-clés T+E 1-3, il a déjà été signalé que le trafic ferroviaire avait subi d'importants changements depuis l'entrée en vigueur de l'OPB, qu'il s'agisse de la fréquence des trains, de leur longueur ou de leur répartition journalière. En raison tout spécialement du fort accroissement de la densité du trafic, il est permis de se demander si le rail mérite encore un bonus par rapport à la route pour l'effet de gêne. Il existe des études effectuées en Europe qui confirment le bonus des chemins de fer³⁴, d'autres qui nourrissent des doutes quant à son bien-fondé³⁵, et d'autres encore qui concluent même à un malus pour le bruit ferroviaire³⁶. Cela étant, il est extrêmement difficile de procéder à une estimation fiable. Les résultats contradictoires de la recherche sont une raison suffisante pour qualifier le **besoin d'intervention** de **grand** et de recommander que ces informations soient actualisées.

c) Trafic aérien

Les mouvements ont fortement augmenté dans tous les aéroports nationaux entre 1980 et 2005 (cf. explications relatives à la question-clé T+E 7). Simultanément, le niveau des événements sonores isolés a beaucoup diminué. En faisant la valeur moyenne acoustique, on aboutit donc à des niveaux inférieurs pour un nombre d'événements sonores nettement plus grand. Il faut dès lors se demander si des événements sonores restés identiques sont jugés différemment aujourd'hui ou si les personnes touchées ont remarqué (a) la réduction des niveaux maximaux et (b) l'augmentation du nombre d'événements, et le cas échéant comment cette nouvelle situation influe sur leur appréciation des nuisances.

Des études internationales laissent penser qu'un glissement de la gêne ressentie est intervenu, même si celui-ci ne peut pas encore être qualifié de scientifiquement établi. Les enquêtes menées assez récemment à Zurich³⁷ (2001 et 2003) et à Francfort³⁸ (2005) indiquent que cette tendance se poursuit. Il faut cependant relever que les valeurs limites d'immissions arrêtées pour le trafic aérien sont relativement récentes et qu'il n'est dès lors pas urgent de revoir les bases scientifiques sur lesquelles reposent les valeurs limites diurnes et nocturnes. Sous l'angle des effets du bruit, le fait que l'on ne dispose pas d'une appréciation séparée pour la première heure du jour (6 – 7 h), comme c'est le cas pour la première, la deuxième et la dernière heure de la nuit, est toutefois problématique. Sur le plan de la physiologie du

³⁴ Moehler U., Liepert M., Schuemer R. et Griefahn B. (2000), Differences between railway and road traffic noise; Lambert J., Champelovier P. et Vernet, I. (1998), Assessing the railway bonus: The need to examine the "new infrastructure" effect.

³⁵ Lercher P., Brauchle G. et Widmann U. (1999), The interaction of landscape and soundscape in the Alpine area of the Tyrol: an annoyance perspective.

³⁶ Ohrstrom E., Barregard L., Andersson E., Skanberg A., Svensson H. et Angerheim P. (2007), Annoyance due to single and combined sound exposure from railway and road traffic.

³⁷ Brink M., Wirth K. et Schierz, C. (2007), Swiss Noise Study 2000: Exposure-Effect-Curves of Annoyance 2001 and 2003 (electronic data).

³⁸ Schreckenber D. et Meis M. (2006), Belästigung durch Fluglärm im Umfeld des Frankfurter Flughafens.

sommeil, cette heure doit être considérée au moins aussi critique que la première ou la deuxième heure de la nuit (voir question-clé EB 4). Il existe par conséquent un **grand besoin d'intervention**, soit dans le sens d'une révision des périodes d'appréciation, soit d'une modification de l'actuelle ordonnance sur l'interdiction des vols de nuit.

d) Conclusion

Vu l'importance des relations exposition-effet pour la fixation des valeurs limites d'immissions et les modifications, mises en évidence ou présumées, intervenues dans la perception que la population a de la gêne, il est permis de conclure que le **besoin d'intervention** pour la question-clé EB 1 est globalement **grand**.

3.3.2 EB 2: Les études empiriques effectuées à l'époque satisfont-elles aux exigences actuelles de définition des valeurs limites?

Les exigences que doivent respecter les données empiriques servant à fixer les valeurs limites comprennent des aspects aussi bien d'ordre quantitatif que qualitatif. Du point de vue quantitatif, on constate, avec le recul, que la base de données empiriques était extrêmement mince quand on sait l'importance qu'elle a eu pour fixer les valeurs limites déterminantes en matière d'aménagement du territoire, pour définir les mesures d'assainissement requises dans les domaines routier et ferroviaire et fonder la pratique judiciaire en matière d'indemnisation. A posteriori, il est difficile de comprendre que si peu de ressources humaines et financières aient été débloquées, alors que les conséquences étaient énormes pour l'aménagement du territoire, lequel devait engendrer des mesures d'assainissement de l'ordre du milliard de francs.

Pour l'aspect qualitatif, l'examen doit être fait séparément pour les trois sources de bruit:

a) Route

La base empirique est relativement maigre, car elle se fonde sur quatre études des années 1972 à 1978. Les méthodes utilisées à l'époque doivent être qualifiées d'assez frustes pour les références actuelles. Ainsi, le rapport entre le nombre de personnes fortement gênées et l'exposition au bruit a certes été représenté graphiquement dans une étude de Wehrli et al., mais il n'a pas été décrit par un modèle statistique. Qui plus est, la déduction des valeurs limites d'immissions à partir des études empiriques n'est expliquée que de manière lacunaire dans le rapport de la commission d'experts. En lisant les explications du point 2.3c), on a l'impression aujourd'hui que ce sont surtout les expériences faites avec les valeurs limites indicatives de 1963 qui ont été déterminantes pour la fixation des valeurs limites applicables au trafic routier, alors que les résultats scientifiques à disposition n'ont joué qu'un rôle mineur. Etant donné l'insuffisance des bases empiriques et méthodologiques, le **besoin d'intervention** est jugé **grand** dans ce domaine.

b) Rail

Une seule étude datant de la fin des années 1970 était disponible pour le trafic ferroviaire.³⁹ Le relevé des données acoustiques doit être considéré comme très problématique pour cette étude, car les auteurs avaient renoncé, faute de moyens financiers, à mesurer le bruit à l'endroit où séjournèrent les personnes interrogées et avaient calculé l'exposition au bruit à l'aide du modèle mis au point à l'époque par l'EMPA pour les chemins de fer (modèle précurseur de SEMIBEL). Ainsi que nous l'avons expliqué au point 3.2.4, la modélisation de la propagation du son et des propriétés de la source de bruit (train isolé) s'était faite au prix de grandes simplifications. La vérification du modèle de calcul par sondage, en procédant à des mesurages sur place, n'a pu avoir lieu qu'à peu d'endroits.

La méthodologie utilisée pour appréhender les effets du bruit correspondait à l'état des connaissances de l'époque. Néanmoins, le fait que la relation exposition/effets exposée dans le rapport de la commission⁴⁰ ne figure pas sous cette forme dans le rapport final de l'étude est quelque peu dérangeant.

En résumé, il faut constater que les données sur lesquelles est fondée la fixation des valeurs limites d'immissions sont tirées d'une seule étude, qui doit être considérée avec une grande prudence pour sa partie acoustique, à savoir la détermination de l'exposition au bruit. Les exigences posées pour la fixation de valeurs limites d'immissions ne sont donc guère satisfaites du point de vue actuel. Il y a par conséquent un **grand besoin d'intervention**, c'est-à-dire qu'il faut actualiser et valider les bases empiriques.

c) Trafic aérien

Les valeurs limites pour le bruit des grands avions ont essentiellement été fixées sur la base de l'étude sur le bruit de 1990 (*Lärmstudie 90*)⁴¹. La conception de cette étude et les méthodes utilisées correspondent aux exigences scientifiques. Un seul élément dérange: bien que les personnes affectées qui ont été interrogées pour les besoins de l'étude l'aient été au sujet de la gêne ressentie à l'intérieur et à l'extérieur des logements, le rapport ne se base finalement que sur la gêne dans les habitations pour déterminer les relations exposition/effet (ce qui est le cas également dans le rapport officiel de la commission⁴²). D'une part, cette façon de procéder n'est pas conforme à la pratique actuelle, en ce sens qu'il est habituel d'évaluer globalement les troubles / la gêne; d'autre part, elle introduit une certaine incohérence au sein de l'ordonnance sur la protection contre le bruit, puisque, pour le trafic ferroviaire par exemple, on a renoncé à indiquer un lieu précis pour l'enquête. Qui plus est, la relation expo-

³⁹ Soziologisches Institut der Universität Zürich (1980), Zur Begrenzung der Lärmbelastung: Sozio-psychologische Untersuchungen zur Begrenzung von Eisenbahn-, Strassen und Rangierlärm.

⁴⁰ Commission fédérale pour l'évaluation des valeurs-limites d'immissions pour le bruit (1982), 4^e rapport partiel, Valeurs limites d'exposition au bruit des chemins de fer

⁴¹ Oliva C. (1998), Belastungen der Bevölkerung durch Flug- und Strassenlärm.

⁴² Commission fédérale pour l'évaluation des valeurs-limites d'immissions pour le bruit (1997), 6^e rapport partiel, Valeurs limites d'exposition au bruit des aéroports nationaux.

sition/effet finalement retenue, qui dit implicitement que la gêne déterminante est celle qui est ressentie à l'intérieur des logements, signifie que la gêne effectivement subie par la population est sous-estimée. La courbe dose-effet de l'étude sur le bruit de 1990 indique d'ailleurs une gêne ressentie très faible en comparaison internationale. Les résultats de l'étude sur le bruit de 2000 suggèrent en tout cas que les personnes exposées au bruit du trafic aérien jugent la gêne essentiellement sur la base de ce qu'elles ressentent à l'extérieur. Vu cette quantification plutôt inhabituelle de la gêne déterminante, il paraîtrait indiqué de revoir les conclusions de l'étude sur le bruit de 1990 en incluant le bruit perçu à l'extérieur. Le **besoin d'intervention** est par conséquent jugé **moyen**.

d) Conclusion

Les données de base empiriques disponibles pour le bruit des trafics routier et ferroviaire doivent être qualifiées de lacunaires selon les exigences actuelles pour la fixation de valeurs limites. Le **besoin d'intervention** est par conséquent **grand** dans l'ensemble.

3.3.3 EB 3: Les périodes de référence prévues dans l'OPB (p. ex. moyennes sur une année) sont-elles encore adaptées pour refléter l'effet du bruit ou la situation sonore?

Le principe consistant à calculer l'exposition en moyenne annuelle est largement accepté. Ce dont il conviendra toutefois de tenir compte davantage à l'avenir sont les éventuels schémas d'exposition périodiques, d'autant plus que la sensibilité de la population est accrue (p. ex. augmentation du bruit le week-end, infrastructures saisonnières telles que routes de cols). Globalement toutefois, le **besoin d'intervention** est **faible** pour cette question-clé.

3.3.4 EB 4: Les «périodes de la journée» consacrées par l'OPB sont-elles encore adaptées pour refléter l'effet du bruit ou la situation sonore?

L'ordonnance sur la protection contre le bruit établit une distinction entre le jour (6 – 22 h) et la nuit (22 – 6 h) pour fixer les valeurs limites. L'idée est de refléter le schéma d'activité de la population et de tenir compte de la sensibilité plus ou moins grande au bruit. La délimitation de ces deux périodes ne peut cependant pas être considérée comme empirique, du moins pas rétrospectivement, car l'étude sur le bruit routier de 1978⁴³ révélait par exemple déjà que seuls 24% des personnes interrogées étaient debout à 6 heures ou se levaient entre 5 et 6 heures.

Entre-temps, les indices tendant à démontrer que la délimitation jour-nuit retenue dans l'ordonnance sur la protection contre le bruit ne correspondait pas (plus) aux habitudes de la population se sont multipliés. En particulier, le «début de la journée» à 6 heures semble être

⁴³ Wehrli B., Nemecek J., Turrian V., Hofmann R. et Wanner H. U. (1978), Störwirkungen des Strassenverkehrslärms in der Nacht.

défini trop tôt pour une majorité de la population. L'étude sur le bruit de 2000⁴⁴ montre que les Zurichois se réveillent en moyenne à 6 h 34 en semaine et à 8 h 22 le week-end. La moyenne pour toute la semaine se situe ainsi à 7 h 05. Il faut relever dans ce contexte qu'il n'existe pas de données représentatives à l'échelle nationale sur la répartition de la journée, qui permettraient de déterminer l'heure moyenne à laquelle se lève le citoyen suisse. Les résultats obtenus à Zurich, où l'heure du réveil se situe après 7 heures, sont toutefois un indice solide tendant à prouver que le début de la journée à 6 heures – selon l'OPB – est fixé nettement trop tôt.

Les heures à la marge du jour et de la nuit (6 – 7 h et 21 – 22 h) doivent par conséquent être considérées d'un œil spécialement critique, car une grande partie de la population dort encore ou déjà à ce moment-là et que l'être humain réagit beaucoup plus sensiblement au bruit durant le sommeil qu'à l'exposition au bruit ou aux événements sonores durant le jour.

Globalement, il y a un **grand besoin d'intervention** s'agissant de la révision des heures du jour / de la nuit. Il faut procéder à cet effet à des études représentatives sur le schéma d'activité de la population suisse, c'est-à-dire sur le déroulement de la journée. En outre, il faudrait examiner si, en plus de la distinction jour-nuit, d'autres différenciations dans les tranches horaires seraient indiquées pour fixer les valeurs limites. Certains éléments en particulier incitent à penser que le besoin de tranquillité est grand également pendant la pause de midi (de 11 à 14 h).⁴⁵

3.3.5 EB 5: Toutes les sources traitées dans l'OPB sont-elles décrites avec suffisamment de précision sur le plan acoustique?

Dans le cadre de cette question-clé, il convient de se demander si le niveau d'évaluation L_r par type de bruit (route, rail, air) tient bien compte de tous les paramètres acoustiques déterminants pour les effets du bruit sur les personnes exposées, qu'il s'agisse de gêne, de nuisances ou de répercussions sur la santé. Cette appréciation doit être effectuée séparément pour les trois types de trafic.

a) Trafic routier

Ainsi que nous l'avons déjà expliqué en rapport avec la dimension Technique et exploitation, c'est surtout la circulation sur les autoroutes qui a fortement augmenté. Ce trafic spécifique n'avait cependant pas encore été pris en compte dans les études d'évaluation déterminantes faites en Suisse, lesquelles reposaient essentiellement sur l'interrogation de riverains de routes communales ou principales. Le bruit des autoroutes n'a donc pas été intégré dans la fixation des valeurs limites. Sous l'angle des effets du bruit, cette lacune est problématique, car, pour les autoroutes, l'évolution du niveau sonore en fonction du temps se caractérise par des émissions de bruit quasi permanentes, ce qui est très différent de la réalité sur les routes

⁴⁴ Brink M., Wirth K., Rometsch R. et Schierz C. (2005), Lärmstudie 2000, Zusammenfassung.

⁴⁵ Cf. Brink M., Wirth K., Rometsch R. et Schierz C. (2005), Lärmstudie 2000, Zusammenfassung.

communales. En outre, le spectre des émissions est décalé dans le cas des autoroutes, en raison des vitesses plus élevées. D'abord, les bruits de roulement et les bruits aérodynamiques dominent. Ensuite, il semble que le bruit autoroutier ait un contenu tonal très marqué. Lorsque des immissions de bruit contiennent des sons permanents ou qui changent avec le temps, la gêne subjective est généralement renforcée. Ces différentes caractéristiques ne sont pas prises en considération dans l'actuel niveau d'évaluation Lr; la façon dont elles influent sur la gêne n'est pas claire non plus.⁴⁶

Pour les émissions de bruit du trafic routier, le fait que le parc automobile et la technique actuels diffèrent considérablement de la situation des années 1970, époque à laquelle les données de base de l'OPB ont été élaborées, est également important.

Au vu des changements intervenus, le **besoin d'intervention** doit être qualifié de **grand** dans l'ensemble.

b) Trafic ferroviaire

Le **bonus du rail** ne fait plus l'unanimité aujourd'hui. D'aucuns doutent qu'il soit encore valable en raison des modifications intervenues dans l'exploitation et l'acoustique (p. ex. trains plus rapides). Les études axées sur la période nocturne⁴⁷ concluent que l'effet physiologique néfaste sur le sommeil est particulièrement prononcé dans le cas du trafic ferroviaire justement. La raison en est que le niveau de bruit croît subitement au passage (rapide) des trains, ce qui est spécialement critique pour les réactions de réveil.

A quoi s'ajoute que le trafic ferroviaire bénéficie d'un «bonus minimal» de -5 dB dans l'ordonnance sur la protection contre le bruit, même lorsque la fréquence des trains est grande (> 79 mouvements par période d'évaluation) et même lorsque le nombre de mouvements approche celui du trafic routier, où un tel bonus n'est plus justifié. Les longueurs des convois ne sont pas non plus prises en compte dans la correction de niveau. Il conviendrait d'étudier dans quelle mesure cette longueur est pertinente pour l'effet de gêne.

Pour la vérification du bonus du rail, le **besoin d'intervention** est à tout le moins **moyen**.

c) Trafic aérien

La recherche sur les effets du bruit a révélé que l'évaluation d'événements sonores isolés du trafic aérien était une mesure mieux appropriée que le niveau moyen Leq quand il s'agit des réactions physiologiques pendant le sommeil. La raison en est que le bruit du trafic aérien – comme celui des chemins de fer – présente une dynamique d'accroissement prononcée, laquelle joue justement un rôle particulièrement grand dans les réactions de réveil. Les va-

⁴⁶ Les bruits qui sont plus ou moins ininterrompus sont par exemple ressentis comme moins gênants en général. Le bruit autoroutier est par contre senti comme globalement plus gênant, en raison de l'absence de pauses de nuit et de son contenu tonal très marqué.

⁴⁷ Marks A., Griefahn B. et Basner M. (2008), Event-related awakenings caused by nocturnal transportation noise.

leurs pouvant être utilisées pour décrire des événements isolés sont notamment le niveau événementiel L_E , le niveau maximal L_{max} , la pente des flancs⁴⁸ et le nombre d'événements. Ces réflexions amènent à se demander s'il ne faudrait pas choisir une autre valeur d'évaluation au moins pour les heures de début et fin de nuit. Le **besoin d'intervention** est jugé **moyen**.

d) Conclusion

Sous sa forme actuelle, la description acoustique du bruit des routes et du bruit des chemins de fer ne suffit probablement pas à couvrir tout le spectre des nuisances engendrées. Ces doutes sont liés surtout au fait que ces deux types de trafic ont des émissions variant fortement selon la composition du trafic et l'environnement spatial. Dans le cas de l'aviation et des chemins de fer, il conviendrait en outre de vérifier si, en complément du niveau moyen Leq , un autre niveau d'évaluation devrait être introduit, qui serait fondé sur les événements isolés. En résumé, le **besoin d'intervention** est au minimum jugé **moyen**.

3.3.6 EB 6: Quelles dimensions des effets doivent être prises en compte pour fixer des valeurs limites répondant à l'état actuel de la science et de l'expérience?

La gêne est la réaction physiologique au bruit la plus fréquemment étudiée par la recherche. Dans beaucoup de pays, elle est même l'(unique) indicateur des effets du bruit retenu par la législation.

Dans cette approche, on part de l'hypothèse qu'une valeur limite qui restreint la gêne va aussi limiter presque automatiquement tous les effets médicaux et physiologiques. Aujourd'hui, cette conception doit être remise en question. Un dormeur ne peut émettre une évaluation de la gêne qu'il ressent, vu que son état de conscience est restreint. Il faut partir du principe que des événements sonores durant la nuit peuvent engendrer des réactions physiques pouvant avoir des conséquences sur la santé à long terme même au-dessous des valeurs limites actuelles. Des études épidémiologiques ont montré que des maladies cardio-vasculaires, l'hypertension par exemple, peuvent être le résultat d'une exposition chronique au bruit pendant la nuit. En d'autres termes, il faut également intégrer la dimension Santé dans la fixation des valeurs limites. Les stratégies actuelles de protection nocturne visant à éviter les réveils ne parviennent pas à assurer une protection intégrale de la santé, car ils ne sont effectifs que pour les personnes se trouvant dans la moyenne mais pas pour l'individu.

Le **besoin d'intervention** est jugé **moyen à grand**. Il s'agit d'intégrer dans la fixation des valeurs limites des dimensions des effets autres que la seule gêne.

⁴⁸ Pour la définition de la pente des flancs, cf. note 25 à la page 34.

3.3.7 EB 7: La non-prise en compte de l'effet combiné de plusieurs sources de bruit, de type identique ou différent, appelle-t-elle une intervention?

En vertu de l'art. 8 LPE (évaluation des atteintes), les atteintes à un endroit donné «sont évaluées isolément, collectivement et dans leur action conjointe». Le problème en l'occurrence est que la recherche aussi bien suisse qu'internationale ne propose pas de solutions largement admises pour l'effet combiné de plusieurs sources de bruit, ni pour la détermination de l'exposition, ni pour la gêne qui en résulte. On trouve certes diverses approches dans la littérature, par exemple le niveau de la somme énergétique (l'exposition globale est une fonction de la somme des niveaux isolés) ou la somme des expositions (l'exposition globale s'obtient en additionnant les expositions isolées en fonction du niveau). Aucun des modèles ne résiste cependant à un examen critique, car ils sont tous incomplets. Et à notre connaissance, aucun système légal étranger n'a encore testé ni mis en vigueur des procédés d'évaluation tenant compte des effets de bruits combinés. Il existe cependant de premières ébauches de réglementation pragmatique (p. ex. en Allemagne, le projet de directive E VDI 3722).

Il est donc permis de constater que la législation suisse en matière de protection contre le bruit est à niveau avec celle d'autres pays européens. Il n'en reste pas moins qu'il y a un **grand besoin d'intervention ou de recherche** au sujet des effets de bruits combinés.

3.3.8 Evaluation globale du point de vue des effets du bruit

Le tableau 3-3 dresse un récapitulatif du besoin d'intervention pour la dimension Effets du bruit. Les lacunes les plus grandes ont été décelées pour le domaine de la recherche sur les effets du bruit et partant, pour la révision des bases sur lesquelles reposent les valeurs limites d'immissions. Le besoin d'intervention est grand surtout en raison des enseignements suivants:

- Différents indices donnent à penser que la relations exposition/effet a évolué au cours des 20 à 30 dernières années, la population étant aujourd'hui plus fortement gênée à niveau sonore égal . (→ Question-clé EB 1)
- Les données de base empiriques utilisées lors de la définition des valeurs limites d'immissions sont globalement insuffisantes, a fortiori pour nos références actuelles. Dans le cas du trafic ferroviaire, on avait en outre renoncé, faute de moyens financiers suffisants, à procéder à des mesurages systématiques de l'exposition à l'endroit où séjournèrent les personnes interrogées. L'exposition au bruit avait finalement été calculée à l'aide d'un modèle qui est obsolète du point de vue actuel. Dans le cas du trafic routier, on a l'impression que les valeurs limites ont été fixées pas tant sur la base des résultats des études empiriques effectuées dans les années 1970, mais en s'appuyant sur les bonnes expériences faites avec les valeurs limites indicatives définies en 1963. (→ Question-clé EB 2)
- La délimitation établie par l'OPB entre le jour (6 – 22 h) et la nuit (22 – 6 h) ne correspond très vraisemblablement pas (plus) au schéma d'activité actuel de la population. Seule une petite fraction de la population est déjà réveillée à 6 heures, tandis qu'une (autre) partie

de la population commence déjà sa phase de sommeil durant la dernière heure du jour (21 – 22 h). (→ Question-clé EB 4)

- Les effets des bruits combinés doivent encore faire l'objet de recherches. On ignore encore comment appréhender le bruit de plusieurs sources et quels sont exactement les effets incommodants ou nuisibles des bruits combinés. (→ Question-clé EB 7)

Le besoin d'intervention est jugé moyen en ce qui concerne les dimensions des effets à prendre en compte en plus de la gêne (→ Question-clé EB 6) et la description acoustique des sources (→ Question-clé EB 5).

Tableau 3-3: Récapitulatif du besoin d'intervention pour le domaine Effets du bruit

Effets du bruit	Question-clé	Besoin d'intervention
EB 1	Quelles modifications les relations exposition/effet ont-elles subi au fil du temps et un besoin d'intervention en découle-t-il?	grand
EB 2	Les études empiriques effectuées à l'époque satisfont-elles aux exigences actuelles de définition des valeurs limites?	grand
EB 3	Les périodes de référence prévues dans l'OPB (p. ex. moyennes sur une année) sont-elles encore adaptées pour refléter l'effet du bruit ou la situation sonore?	faible
EB 4	Les «périodes de la journée» consacrées par l'OPB sont-elles encore adaptées pour refléter l'effet du bruit ou la situation sonore?	grand
EB 5	Toutes les sources traitées dans l'OPB sont-elles décrites avec suffisamment de précision sur le plan acoustique?	moyen
EB 6	Quelles dimensions des effets doivent être prises en compte pour fixer des valeurs limites répondant à l'état actuel de la science et de l'expérience?	moyen
EB 7	La non-prise en compte de l'effet combiné de plusieurs sources de bruit, de type identique ou différent, appelle-t-elle une intervention?	grand

4 Récapitulatif général et recommandations

4.1 Survol final des divers besoins d'intervention

En vertu de la loi sur la protection de l'environnement, les valeurs limites d'immissions pour le bruit doivent être 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. Ainsi que l'a montré l'analyse des exigences légales posées pour la fixation des valeurs limites d'immissions, il faut tenir compte en particulier des aspects suivants:

- Les différents types de bruit peuvent se traduire par une gêne variable en raison de leurs caractéristiques propres.
- La sensibilité au bruit de la population n'est pas la même le jour et la nuit.
- La mesure de l'exposition au bruit doit refléter tous les paramètres acoustiques pertinents (niveau, fréquence, déroulement dans le temps, etc.) en relation avec la gêne ressentie, les troubles et les répercussions sur la santé.
- Les atteintes au bien-être de la population dues au bruit ainsi que les répercussions sur la santé doivent être recueillies au moyen d'enquêtes auprès de la population et/ou d'autres investigations. Les relations exposition/effet doivent en être déduites.
- Les valeurs limites doivent ensuite être fixées en se fondant sur ces relations exposition/effet, de manière que la part de personnes gênées de manière sensible soit la plus petite possible.
- Les catégories de personnes particulièrement sensibles, telles que les enfants, les malades, les personnes âgées et les femmes enceintes, doivent être prises en compte adéquatement.

En partant de ces impératifs, 21 questions-clés au total ont été formulées dans trois dimensions: Technique et exploitation, Acoustique et Effets du bruit. Le but était de déterminer si des modifications intervenues et / ou des connaissances réunies depuis l'entrée en vigueur de l'ordonnance sur la protection contre le bruit appelaient un réexamen, scientifiquement fondé, des bases sur lesquelles reposent les valeurs limites d'immissions fondé (besoin d'intervention).

Les résultats de cette analyse pour toutes les questions-clés sont récapitulés dans le tableau qui suit. L'équipe de projet a conclu que le besoin d'intervention était grand pour huit des 21 questions-clés. Pour sept questions-clés, ce besoin est jugé moyen et, pour les six questions restantes, il est petit ou inexistant.

Les résultats et l'appréciation du besoin d'intervention ont été débattus avec des experts suisses et internationaux à l'occasion d'un atelier d'une journée. Ces derniers ont procédé à une estimation de leur côté, en se fondant sur les documents de base (Inputpapiere) présentés. Leurs conclusions figurent également dans ledit tableau (deuxième colonne à droite des questions; la dernière colonne indique le nombre de réponses des experts).

Tableau 4-1: Besoin d'intervention - Nécessité de réexaminer les valeurs limites d'immissions

Dimen- sion	Question-clé	Besoin d'intervention*		Nombre de réponses d'experts
		Equipe de projet	Experts Ø	
Technique et exploitation		* 0 = aucun; 1 = faible; 2 = moyen; 3 = grand		
T+E 1	Comment le volume du trafic routier a-t-il évolué au cours des 25 dernières années, en particulier sur les autoroutes, et quelles sont les prévisions?	3	2,5	(4)
T+E 2	Comment les émissions du trafic routier ont-elles évolué au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	1	1,6	(5)
T+E 3	Comment la répartition journalière du trafic routier a-t-elle évolué au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	2	1,8	(5)
T+E 4	Comment le volume du trafic ferroviaire a-t-il évolué au cours des 25 dernières années, en particulier sur les lignes principales, et quelles sont les prévisions?	3	2,4	(5)
T+E 5	Comment les émissions du matériel roulant des chemins de fer ont-elles évoluées au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	2	1,8	(5)
T+E 6	Comment la répartition journalière du trafic ferroviaire sur a-t-elle évolué au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	3	2,8	(5)
T+E 7	Comment les mouvements aériens ont-ils évolué à proximité des aéroports au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	1	1,2	(6)
T+E 8	Comment les émissions du trafic aérien ont-elles évolué au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	1	0,7	(6)
T+E 9	Comment la répartition journalière du trafic aérien sur a-t-elle évolué au cours des 25 dernières années?	1	2,2	(5)
Acoustique		* 0 = aucun; 1 = faible; 2 = moyen; 3 = grand		
A 1	Le concept de niveaux d'évaluation, compris comme la somme d'un niveau moyen et d'une ou plusieurs corrections, suffit-il pour refléter adéquatement les nuisances dues au bruit (gêne, perturbation du sommeil, effets sur la santé)?	1	1,6	(5)
A 2	Le lieu défini par l'OPB pour la détermination des valeurs limites d'immissions est-il approprié du point de vue acoustique pour refléter l'effet incommode ressenti par les personnes exposées?	1	0,0	(3)
A 3	Les possibilités techniques de mesure acoustique ont-elles à ce point changé ou évolué que cela puisse avoir des répercussions sur la fixation des valeurs limites d'immissions?	2	1,6	(5)
A 4	Les méthodes et les possibilités des techniques de simulation acoustique (calcul de l'exposition au bruit) ont-elles à ce point changé ou évolué que cela puisse avoir des répercussions sur la fixation des valeurs limites d'immissions?	3	2,8	(5)
A 5	Les mesures et les calculs sont entachés d'incertitudes quantifiables. Quel rôle ces incertitudes jouent-elles lors de la fixation des valeurs limites d'immissions?	2	1,2	(6)
Effets du bruit		* 0 = aucun; 1 = faible; 2 = moyen; 3 = grand		
EB 1	Quelles modifications les relations exposition/effet ont-elles subi au fil du temps et un besoin d'intervention en découle-t-il?	3	2,9	(8)
EB 2	Les études empiriques effectuées à l'époque satisfont-elles aux exigences actuelles de définition des valeurs limites?	3	2,9	(7)
EB 3	Les périodes de référence prévues dans l'OPB (p. ex. moyennes sur une année) sont-elles encore adaptées pour refléter l'effet du bruit ou la situation sonore?	1	1,4	(8)
EB 4	Les «périodes de la journée» consacrées par l'OPB sont-elles encore adaptées pour refléter l'effet du bruit ou la situation sonore?	3	3,0	(8)
EB 5	Toutes les sources traitées dans l'OPB sont-elles décrites avec suffisamment de précision sur le plan acoustique?	2	2,1	(7)
EB 6	Quelles dimensions des effets doivent être prises en compte pour fixer des valeurs limites répondant à l'état actuel de la science et de l'expérience?	2	2,4	(8)
EB 7	La non-prise en compte de l'effet combiné de plusieurs sources de bruit, de type identique ou différent, appelle-t-elle une intervention?	3	2,8	(8)

Pour les questions-clés où un grand besoin d'intervention a été décelé, l'appréciation de l'équipe de projet et l'avis des experts se recourent dans l'ensemble, à une exception près, la question T+E 4, pour laquelle les experts voient une nécessité un peu moins grande d'agir.

Il est intéressant aussi de constater que les points où un grand besoin d'intervention a été défini se rapportent aux trois dimensions, les effets du bruit présentant le plus de déficits. L'évaluation de l'équipe de projet et celle des experts concordent aussi à cet égard.

Le besoin d'intervention pour la **dimension Effets du bruit** est grand surtout en raison des constats suivants:

- Différents indices donnent à penser que les relations exposition/effet qui sous-tendent les valeurs limites ont évolué au fil du temps, de sorte – et cela est surtout vrai pour le trafic aérien – qu'à niveau sonore égal, la gêne est aujourd'hui plus grande. (→ Question-clé EB 1)
- Les données de base empiriques utilisées lors de la définition des valeurs limites d'immissions sont globalement insuffisantes, a fortiori pour nos références actuelles. Dans le cas du trafic ferroviaire, on avait en outre renoncé, faute de moyens financiers suffisants, à procéder à des mesurages systématiques de l'exposition à l'endroit où séjournent les personnes interrogées. Dans le cas du trafic routier, on a l'impression que les valeurs limites ont été fixées pas tant sur la base des résultats des études empiriques effectuées dans les années 1970, mais en s'appuyant sur les bonnes expériences faites avec les valeurs limites indicatives définies en 1963. (→ Question-clé EB 2)
- La délimitation établie par l'OPB entre le jour (6 – 22 h) et la nuit (22 – 6 h) ne correspond pas (plus) au schéma d'activité actuel de la population. Seule une petite fraction de la population est déjà réveillée à 6 heures, tandis qu'une (autre) partie de la population commence déjà sa phase de sommeil durant la dernière heure du jour (21 – 22 h). (→ Question-clé EB 4)
- Les effets des bruits combinés doivent encore faire l'objet de recherches. On ignore encore comment appréhender le bruit de plusieurs sources et quels sont exactement les effets incommodes ou nuisibles des bruits combinés. (→ Question-clé EB 7)

Pour la **dimension Technique et exploitation**, le besoin d'intervention est considéré grand pour trois questions-clés (T+E 1, 4 et 6). L'une d'entre elles concerne le trafic routier, deux les chemins de fer:

- Dans le cas du **trafic routier**, la forte augmentation de la circulation sur des routes très fréquentées se traduit par une exposition au bruit permanente, qui ne diminue guère la nuit. Cela laisse supposer que la gêne subie par la population est insuffisamment prise en compte par la simple augmentation du niveau d'évaluation. Une correction distincte pourrait donc se révéler nécessaire pour la gêne engendrée par les routes très fréquentées en permanence..
- Dans le cas du **trafic ferroviaire**, la forte augmentation du nombre de trains en circulation soulève la question du bien-fondé du bonus accordé au rail par rapport à la route. En ou-

tre, la forte proportion de trains de marchandises circulant la nuit et l'allongement des convois amènent à se demander si le calcul de la correction de niveau est encore adapté. En effet, sous sa forme actuelle, celui-ci avantage les trains circulant la nuit par rapport à ceux qui roulent le jour, tant que leur nombre est inférieur à 79 sur cette période..

Dans la dimension **Acoustique**, un grand besoin d'intervention a été décelé uniquement pour la question-clé A 4. Il est dû au fait que, pour des questions de restriction budgétaire, plusieurs études nationales visant à établir les relations exposition/effet se sont appuyées sur des calculs et non sur des mesures sur place. Depuis, il est apparu que les modèles de calcul utilisés à l'époque sous-estimaient systématiquement l'exposition, surtout la nuit. Les techniques de modélisation n'étaient en effet pas encore très avancées à l'époque et ne pouvaient pas tenir compte, par exemple, des fréquentes inversions de température durant la nuit, qui influent sur la propagation du bruit. Ces lacunes ont peut-être débouché sur des valeurs limites d'immissions erronées, vu que les rapports exposition/effets ainsi définis ont été déterminants pour leur fixation.

En résumé, on peut relever que les changements intervenus dans le domaine du trafic et les connaissances rassemblées depuis l'entrée en vigueur de l'OPB permettent d'émettre des **doutes fondés sur** la question de savoir si **les bases scientifiques sur lesquelles reposent les valeurs limites d'immissions actuelles** sont encore suffisantes . Sur divers aspects, il y a par conséquent un **grand besoin d'intervention**, à savoir qu'il faut actualiser les données de base scientifiques.

Cette appréciation du besoin d'intervention ne doit pas être perçue comme une critique fondamentale du système des valeurs limites d'immissions, pas plus qu'elle ne vise à remettre en question d'une manière quelconque la réalisation des mesures d'assainissement du bruit. Elle n'entend pas non plus mettre en cause la procédure suivie par la commission d'experts chargée à l'époque de définir des valeurs limites pour le bruit. Le besoin d'intervention repéré est bien plus le résultat d'une évolution au fil des ans: changements considérables dans les volumes du trafic, sa composition et sa répartition journalière, progrès réalisés dans les techniques de mesurage et de modélisation de l'exposition au bruit, connaissances acquises par le biais d'études empiriques au sujet des rapports entre bruit et gêne subjective ressentie par la population.

4.2 Importance du besoin d'intervention

Dans l'optique des prochaines étapes se pose la question de la priorité à accorder aux questions-clés présentant un grand besoin d'intervention. Les questions ont donc été classées selon leur pertinence:

- La pertinence est **grande** lorsqu'il est probable que les connaissances nouvelles ou les données de base modifiées influent de manière sensible sur la fixation des valeurs limites d'immissions et que les adaptations des valeurs limites qui en découleraient concerneraient un grand nombre de personnes.

- Une pertinence **moyenne** signifie que les connaissances nouvelles auraient probablement des conséquences pour la fixation des valeurs limites d'immissions, mais que cette influence ne serait que d'importance moyenne ou que les modifications en découlant ne concerneraient qu'un nombre limité de personnes.
- La pertinence est **faible** lorsque les connaissances nouvelles influeraient très modérément sur la fixation des valeurs limites d'immissions ou que peu de personnes seraient concernées.

Le résultat de cette appréciation est récapitulé dans le tableau 4-2. Il ressort qu'aussi bien l'équipe de projet que les experts estiment très important de revoir les relations exposition/effet (EB 1) et la délimitation entre le jour et la nuit dans l'ordonnance sur la protection contre le bruit (EB 4). L'équipe de projet accorde en outre une haute priorité à la vérification du bonus du rail (T+E 4), parce qu'un grand nombre de personnes pourraient être concernées.

Le récapitulatif révèle en outre que l'équipe de projet et les experts jugent que la pertinence est au moins moyenne pour toutes les questions-clés pour lesquelles ils ont conclu à un grand besoin d'intervention. La seule exception à cet égard est la question-clé T+E 1 concernant l'importance de l'accroissement du trafic sur les autoroutes. Par rapport à l'équipe de projet, les experts accordent moins de poids à l'exposition permanente au bruit le long des autoroutes, sans diminution significative la nuit.

Tableau 4-2: Pertinence des questions-clés présentant un grand besoin d'intervention

Dimension	Question-clé	Pertinence*		Nombre de réponses d'experts
		Equipe de projet	Experts Ø	
EB 1	Quelles modifications les relations exposition/effet ont-elles subi au fil du temps et un besoin d'intervention en découle-t-il?	2,8	2,7	(6)
EB 4	Les «périodes de la journée» au sens de l'OPB sont-elles encore adaptées pour refléter l'effet du bruit ou la situation sonore?	2,8	2,7	(6)
T+E 4	Comment le volume trafic ferroviaire a-t-il évolué au cours des 25 dernières années, en particulier sur les lignes principales, et quelles sont les prévisions?	2,8	2,3	(3)
T+E 6	Comment la répartition journalière du trafic ferroviaire a-t-elle évolué au cours des 25 dernières années et quelles sont les prévisions?	2,6	2,7	(3)
EB 2	Les études empiriques effectuées à l'époque satisfont-elles aux exigences actuelles de définition des valeurs limites?	2,5	2,2	(5)
EB 7	La non-prise en compte de l'effet combiné de plusieurs sources de bruit, de type identique ou différent, appelle-t-elle une intervention?	2,4	2,3	(6)
T+E 1	Comment le volume du trafic routier a-t-il évolué au cours des 25 dernières années, en particulier sur les autoroutes, et quelles sont les prévisions?	2,4	1,3	(3)
A 4	Les méthodes et les possibilités des techniques de simulation acoustique (calcul de l'exposition au bruit) ont-elles à ce point changé ou évolué que cela puisse avoir des répercussions sur la fixation des valeurs limites d'immissions?	2,2	2,3	(3)

* 0 = aucun; 1 = faible; 2 = moyen; 3 = grand

4.3 Recommandations sur les prochaines étapes

Les résultats des études montrent qu'il existe un besoin d'intervention scientifiquement fondé, c'est-à-dire qu'il est nécessaire de réexaminer les bases sur lesquelles reposent les valeurs limites d'immissions pour le bruit. L'équipe de projet recommande par conséquent de poursuivre les travaux d'actualisation des données empiriques en vue de la définition du futur système d'évaluation du bruit. Les étapes à venir pourraient se décomposer comme suit:

a) Décision de l'OFEV concernant le besoin d'intervention

L'OFEV, se fondant sur l'évaluation des résultats par la CFLB, peut prendre la décision de principe, à savoir indiquer si le besoin d'intervention est suffisamment étayé et, donc, s'il convient d'entamer la phase intermédiaire proposée (cf. point suivant).

b) Phase intermédiaire d'élaboration du projet global

Une phase intermédiaire doit être consacrée à l'étude du projet global «Plan directeur de recherche sur le bruit». Elle doit englober les travaux suivants notamment:

- Organisation du projet
 - Organigramme de la direction générale du projet.
 - Comment sont répartis les rôles entre l'OFEV et la CFLB? Comment sont associés d'autres offices fédéraux concernés (OFROU, OFT, OFAC, OFS, etc.)?
 - Faut-il instituer une commission d'experts distincte «Futur système d'évaluation du bruit» ou cette tâche sera-t-elle prise en charge par la CFLB? Quelles seront les tâches de cette commission d'experts («uniquement» encadrement des travaux de recherche ou aussi transcription des résultats dans une ordonnance sur la protection contre le bruit révisée/nouvelle)?
- Contenu
 - Quelles questions-clés doivent être incluses dans le réexamen des valeurs limites d'immissions (toutes celles où le besoin d'intervention est grand ou aussi des questions choisies où le besoin d'intervention est moyen)? Pour lesquelles des questions retenues est-il nécessaire de procéder à des investigations supplémentaires?
 - Un cahier des charges doit être dressé pour chacune des questions-clés requérant des investigations. Il comportera le sujet à traiter, la méthodologie, un descriptif de prestations et une estimation des coûts.
- Financement: sur la base des cahiers des charges, les besoins financiers pour l'ensemble du projet doivent être estimés et la question du financement, clarifiée. Il convient éventuellement d'envisager aussi un financement par le Fonds national suisse dans le cadre d'une promotion de projet (recherche fondamentale libre non orientée). En outre, il faut examiner si d'autres offices fédéraux qui accompagnent le projet pourraient participer au financement. Il est essentiel que le financement des études fondamentales soit assuré afin que l'actualisation des données de base empiriques nécessaire pour connaître les rapports entre exposition et effets puisse commencer à temps.

- Calendrier comprenant les étapes-clés.
- Conception de la communication: à quel moment et comment informer le Conseil fédéral, le Parlement et le public.

c) Réalisation des études principales

- Appel d'offres pour les études principales relatives à toutes les questions-clés retenues nécessitant des investigations supplémentaires.
- Sélection des équipes chargées des études.
- Réalisation des études avec encadrement par la CFLB ou une commission d'experts ad hoc.

d) Transposition des résultats issus des études principales

Evaluer les résultats des études issus de l'étape précédente, et répondre à la question si les valeurs limites d'immissions doivent être revues dans une étape ultérieure.

5 Annexe: Participants à l'atelier d'experts

Les personnes ci-après ont participé à une discussion critique des contenus des différents documents de base à l'occasion d'un atelier d'experts qui s'est tenu le 26 février 2009 à l'EPF de Zurich.

Groupe d'accompagnement CFLB et OFEV

- Peter Ettler, Commission fédérale pour la lutte contre le bruit (CFLB)
- Jenni Keel, Office fédéral de l'environnement (OFEV)
- Beat Marty, Commission fédérale pour la lutte contre le bruit (CFLB)
- Tommaso Meloni, Commission fédérale pour la lutte contre le bruit (CFLB)
- Urs Walker, Office fédéral de l'environnement (OFEV) (aussi membre CFLB)

Experts

- Wolfgang Babisch, Umweltbundesamt, Abteilung Umwelthygiene (Agence fédérale de l'environnement, section Hygiène de l'environnement), Berlin
- Mathias Basner, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin (Centre aérospatial allemand, Institut de médecine aéronautique et aérospatiale), Cologne
- Barbara Griefahn, Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (Institut Leibniz de recherche sur le travail rattaché à l'Université technique de Dortmund)
- Rainer Guski, Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Psychologie, Arbeitsgruppe Umwelt- und Kognitionspsychologie (Université de la Ruhr Bochum, Faculté de psychologie, groupe de travail Environnement et psychologie de la cognition)
- Ullrich Isermann, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Aerodynamik und Stroemungstechnik (Centre aérospatial allemand, Institut d'aérodynamique et de technique des fluides), Göttingen
- Peter Lercher, Medizinischen Universität Innsbruck, Department für Hygiene, Mikrobiologie und Sozialmedizin, Sektion Sozialmedizin (Université de médecine d'Innsbruck, département Hygiène, microbiologie et médecine sociale, section Médecine sociale)
- Christian Maschke, Forschungs- und Beratungsbüro Maschke (Cabinet de recherche et de conseil), Berlin
- Werner Stalder, Verkehrs- und Tiefbauamt (Office des ponts et chaussées), canton de Lucerne
- Robert Wolf, Tribunal administratif du canton de Zurich

Equipe d'élaboration du projet

- Mark Brink, EPF Zurich
- Kurt Eggenschwiler, EMPA, division Acoustique / Réduction du bruit
- Robert Hofmann
- Reto Hoin, Planteam GHS AG
- Georg Thomann, EMPA, division Acoustique / Réduction du bruit
- Christoph Zäch, bureau spécialisé dans la législation
- Heini Sommer, Ecoplan
- Sarah Werner, Ecoplan

Bibliographie

Babisch W., Houthuijs D., Pershagen G., Cadum E., Velonakis M., Katsouyanni K. et al. (2007)
Associations between road traffic noise, aircraft noise and noise annoyance. Preliminary results of the HYENA study. Paper presented at the 19th International Congress on Acoustics ICA, Madrid.

OFEV – Office fédéral de l'environnement (2009)
Pollution sonore en Suisse. Résultats du monitoring national SonBase, Berne.

Brink M. (2009)
Überprüfung der Immissionsgrenzwerte für Lärm, Inputpapier 4: Lärmwirkung, EPF Zurich, MTEC Public and Organizational Health, Zurich.

Brink M., Wirth K., Rometsch R. et Schierz C. (2005)
Lärmstudie 2000 Zusammenfassung. Retrieved 1 January 2008, from <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/show?type=bericht&nr=444>.

Brink M., Wirth K. et Schierz, C. (2007)
Swiss Noise Study 2000: Exposure-Effect-Curves of Annoyance 2001 and 2003 (electronic data), from www.laerm2000.ethz.ch/files/SNS2000_E-E-Curves.zip.

Bütikofer R., Eggenschwiler K., Heutschi K., Thomann G. et Wunderli, J.M. (2009), Überprüfung der Immissionsgrenzwerte für Lärm, Inputpapier 3: Akustik, EMPA, Dübendorf

Commission fédérale pour l'évaluation des valeurs limites d'immissions pour le bruit (1997)
6^e rapport partiel, Valeurs limites d'exposition au bruit des aéroports nationaux; source: www.eklb.admin.ch/fr/documentation/documentation/index.html

Commission fédérale pour l'évaluation des valeurs limites d'immissions pour le bruit (1982)
4^e rapport partiel, Valeurs limites d'exposition au bruit des chemins de fer; source: www.eklb.admin.ch/fr/documentation/documentation/index.html

Hofmann R. (2009)
Überprüfung der Immissionsgrenzwerte für Lärm, Grundlagenpapier: Der geschichtliche Werdegang der Lärmgrenzwerte, Wallisellen.

Höin R., Buchmann B. (2009)
Überprüfung der Immissionsgrenzwerte für Lärm, Inputpapier 2: Technik & Betrieb, Pan-team GHS AG, Sempach-Station.

Jakovljevic B., Paunovic K. et Belojevic G. (2008)
Road-traffic noise and factors influencing noise annoyance in an urban population, in: *Environ Int.*

Klaeboe R., Amundsen A.H., Fyhri A. et Solberg S. (2004)
Road traffic noise - the relationship between noise exposure and noise annoyance in Norway. in: *Applied Acoustics*, 65(9), pp. 893–912.

- Lambert J., Champelovier P. et Vernet, I. (1998)
Assessing the railway bonus: The need to examine the “new infrastructure” effect. Paper presented at the Internoise 1998, Christchurch, New Zealand.
- Lercher P., Brauchle G. et Widmann U. (1999)
The interaction of landscape and soundscape in the Alpine area of the Tyrol: an annoyance perspective. Paper presented at the Internoise 1999, Fort Lauderdale, FL, USA.
- Lercher P., de Greve B., Botteldooren D. et Rüdissler J. (2008)
A comparison of regional noise-annoyance-curves in alpine areas with the European standard curves. Paper presented at the 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN), Foxwoods, CT.
- Marks A., Griefahn B. et Basner M. (2008)
Event-related awakenings caused by nocturnal transportation noise, in: *Noise Control Engineering Journal*, 56(1), pp. 52–62.
- Moehler U., Liepert M., Schuemer R. et Griefahn B. (2000)
Differences between railway and road traffic noise, in: *Journal of Sound and Vibration*, 231(3), pp. 853–864;
- Ohrstrom E., Barregard L., Andersson E., Skanberg A., Svensson H. et Angerheim P. (2007)
Annoyance due to single and combined sound exposure from railway and road traffic, in: *Journal of the Acoustical Society of America*, 122(5), pp. 2642–2652.
- Oliva C. (1998)
Belastungen der Bevölkerung durch Flug- und Strassenlärm, Berlin.
- Schreckenberger D. et Meis M. (2006)
Belästigung durch Fluglärm im Umfeld des Frankfurter Flughafens [Endbericht; Langfassung], from www.dialogforum-flughafen.de/fileadmin/PDF/Presse/Belaestigungsstudie_Langfassung.pdf.
- Soziologisches Institut der Universität Zürich (1980)
Zur Begrenzung der Lärmbelastung: Sozio-psychologische Untersuchungen zur Begrenzung von Eisenbahn-, Strassen und Rangierlärm. Vergleich der Störwirkungen von Eisenbahn- und Strassenlärm unter konstanten Bedingungen. Zusammenfassender Schlussbericht, Zurich.
- RS 814.41 –Ordonnance du 15 décembre 1986 sur la protection contre le bruit (OPB; état au 12 septembre 2006).
- Thomann G. (2007)
Mess- und Berechnungsunsicherheit von Fluglärmbelastungen und ihre Konsequenzen. Dissertation an der ETH Zürich, Nr. 17433.
- Wanner H.U., Wehrli B., Nemecek J. et Turrian V. (1977)
Die Belästigung der Anwohner verkehrsreicher Strassen durch Lärm und Luftverunreinigungen, in: *Sozial- u. Präventivmedizin* 22, pp. 108–115.
- Wehrli B., Hauser S., Egli H., Bakke P. et Grandjean E. (1976)
Wohnen im Neubau, Berne.

- Wehrli B., Nemecek J., Turrian V., Hofmann R. et Wanner H. U. (1978)
Störwirkungen des Strassenverkehrslärms in der Nacht, publié par l'Office fédéral de la protection de l'environnement (actuel OFEV), Berne.
- Zäch C. (2009)
Überprüfung der Immissionsgrenzwerte für Lärm, Inputpapier 1: Recht, Berne.