Evaluation de la gêne due à l'exposition combinée aux bruits routier et ferroviaire

Patricia Champelovier, Cora Cremezi, Jacques Lambert

▶ **To cite this version:**

Patricia Champelovier, Cora Cremezi, Jacques Lambert. Evaluation de la gêne due à l'exposition combinée aux bruits routier et ferroviaire. 2001, 123 p. hal-00546404

HAL Id: hal-00546404
https://hal.science/hal-00546404

Submitted on 15 Dec 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE
SUR LES TRANSPORTS ET LEUR SÉCURITÉ

DIRECTION DE LA RECHERCHE
ET DE LA TECHNOLOGIE

Patricia CHAMPELOVIER
Cora CREMEZI
Jacques LAMBERT

ÉVALUATION DE LA GÊNE DUE À L'EXPOSITION COMBINÉE AUX BRUITS ROUTIER ET FERROVIAIRE

Rapport INRETS-LTE / SNCF N°0124
Septembre 2001

Les auteurs

- Patricia CHAMPELOVIER, psychologue, ingénieur d'études au LTE
  patricia.champelovier@inrets.fr

- Cora CREMEZI, acousticienne, chargée de recherche à la SNCF
  cora.cremezi@sncf.fr

- Jacques LAMBERT, économiste, directeur de recherche au LTE
  jacques.lambert@inrets.fr

Les laboratoires

- LTE, Laboratoire Transports et Environnement de l'INRETS, 25, avenue François Mitterrand, 69675 BRON Cedex.

- SNCF, Direction de la recherche et de la technologie, Unité SFC, 45, rue de Londres, 75379, PARIS Cedex 08.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des personnes qui ont participé à cette recherche, en particulier :

- C. Annequin et J.C. Bruyère de l'INRETS-LTE qui ont réalisé une partie des mesures acoustiques ainsi que I. Vernet et D. Baez qui ont participé au repérage des sites d'enquête ;

- S. Joncour de la SNCF-DRT qui a conduit le projet pendant plusieurs années ainsi que l'Agence d'essais ferroviaires de la SNCF qui a réalisé une partie des mesures acoustiques.

Ce travail a été mené avec l'aide de D. Cailhau et D. Lagrange de la société Coriolis qui ont effectué les analyses statistiques, et avec celle d'I. Beal de la société Acouphen qui a réalisé la modélisation acoustique des sites. Les auteurs les remercient, ainsi que la Sofres qui a procédé à la passation du questionnaire d'enquête.

Fiche bibliographique

1 UR (1er auteur) Laboratoire Transports & Environnement (LTE)	2 Projet n°	3 Rapport INRETS-LTE N°0124
4 Titre Evaluation de la gêne due à l'exposition combinée aux bruits routier et ferroviaire		
5 Sous-titre		6 Langue F
7 Auteur(s) Patricia Champelovier Jacques Lambert *Cora Cremezi*		8 Rattachement LTE LTE SNCF
9 Nom adresse financeur, co-éditeur SNCF		10 N° contrat, conv.
		11 Date de publication Septembre 2001
12 Remarques		

13 Résumé

Le jumelage d'infrastructures routière et ferroviaire expose souvent les riverains à des bruits combinés (route et train). Cette situation de multiexposition soulève la question de l'évaluation de la gêne due au bruit. Une enquête nationale par questionnaire, couplée à une campagne de mesures de bruit, a été menée en 1997-1998 auprès de 700 riverains. L'objectif était d'évaluer les effets du bruit, en particulier la gêne exprimée, de comparer les deux sources de bruit et enfin d'évaluer la gêne totale résultant de l'exposition combinée à ces deux types de bruit. Les résultats obtenus confirment la pertinence du terme correcteur ou "bonus" ferroviaire (jusqu'à 5 dBA), mais aussi révèlent des interactions entre la gêne due au bruit routier et celle due au bruit ferroviaire. L'analyse de la gêne totale confirme, dans certaines situations, l'intérêt du modèle de source dominante. Des travaux complémentaires sont envisagés, en particulier la modélisation de la gêne totale ainsi que l'influence des variables non-acoustiques (socio-démographiques et attitudes notamment) sur la gêne ressentie.

14 Mots clés Bruit, route, train, gêne, enquête		15 Diffusion Libre	
16 Nombre de pages 123	17 Prix 100 FF	18 Confidentiel jusqu'au	19 Bibliographie Oui

Publication data form

1 UR (1st author) Transport & Environment Laboratory (LTE)	2 Projet n°	3 INRETS-LTE report N°0124
4 Title Assessement of annoyance from combined exposure to road and rail traffic noises		
5 Subtitle		6 Language F
7 Author(s) Patricia Champelovier Jacques Lambert Cora Cremezi		8 Affiliation LTE LTE SNCF
9 Sponsor, co-editor, name and address SNCF		10 Contract, conv. N°
		11 Publication date September 2001
12 Notes		

13 Summary

"Side-by-side" road and rail infrastructures often expose residents to combined noises (road and rail traffic). This multiexposure situation raises the issue of the assessment of the noise annoyance. A national survey by questionnaire, together with a campaign of noise measurements was carried out in 1997-1998 near 700 residents. The objective was to assess the effects of noise, in particular the expressed annoyance, to compare the two sources of noise and finally to evaluate the total annoyance resulting from the combined exposure to these two sources of noise. The results obtained confirm the relevance of a railway " bonus " (up to 5 dBA), but also reveal interactions between road traffic noise annoyance and railway noise annoyance. The analysis of the total annoyance confirms, in specific situations, the interest of the dominant source model. Complementary work is considered, in particular the modeling of the total annoyance as well as the influence of the non-acoustics factors (socio-demographic and attitudes in particular) on the annoyance.

14 Key Words Noise, road, rail, annoyance, survey		15 Distribution statement Free	
16 Nb of pages 123	17 Price 100 FF	18 Declassification date	19 Bibliography Yes

Table des matières

Avant-propos xii

Chapitre 1 : Contexte et problématique 1

1. Multiexposition au bruit : une situation sonore complexe à effets multiples 1

1.1. Définition 1
1.2. Les enjeux 1

2. Principales interrogations 2

2.1. Comment caractériser la multiexposition au bruit ? 2
2.2. Comment comparer deux (ou trois) sources de bruit ? 2
2.3. Comment évaluer la réaction totale ? 3

3. Synthèse des travaux antérieurs 3

3.1. Principaux travaux sur la multiexposition 3

3.1.1. Conduite et résultats d'enquêtes 3
3.1.2. Modélisation de la gêne totale 7

3.2. Principaux enseignements 10

Chapitre 2 : Objectifs et méthode 13

1. Principaux objectifs et démarche générale 13

2. L'enquête exploratoire 14

2.1. Conception et déroulement de l'enquête 14
2.2. Les résultats 15
2.3. Les principaux enseignements 17

2.3.1. Pour la conception d'un questionnaire 17
2.3.2. Pour la mesure de l'exposition au bruit 19
2.3.3. Pour le choix des sites d'enquête 20

3. L'enquête nationale 20

3.1. Le déroulement de l'enquête 21
3.2. Les sites d'enquête 21
3.3. Le questionnaire 24

3.3.1. Les exigences du questionnaire 24
3.3.2. Description du questionnaire en fonction des thèmes abordés 24
3.3.3. Description du questionnaire en fonction du type de question proposé 26
3.3.4. La passation du questionnaire 28

3.4. L'échantillon enquêté 27

4. Évaluation de l'exposition au bruit 29

4.1. Choix des périodes d'exposition 30
4.2. Méthode de mesure 30
4.3. Calcul par simulations 30

4.3.1. Principe 30
4.3.2. Méthode de recalage 31
4.3.3. Niveaux d'exposition des personnes enquêtées 32
4.3.4. Niveaux de soirée 32

5. Constitution du fichier de données 32

Chapitre 3 : Principaux résultats 35

1. Caractéristiques de la population enquêtée 35

1.1. Les variables socio-démographiques 35
1.2. L'habitat 37
1.3. L'exposition aux 2 sources de bruit 38
1.4. Perception de l'environnement sonore 41

2. Evaluation individuelle des sources 42

2.1. Tendances générales 42
2.2. Facteurs de modulation 45
2.3. Croisement des résultats qualitatifs et des caractéristiques sonores 47
2.4. Étude des relations entre niveaux de gêne et niveaux sonores – Relations dose/réponse 52
2.5. Influence de la situation d'exposition 60
2.6. Comparaison avec des résultats antérieurs 62

3. Evaluation combinée des deux sources de bruit 64

3.1. Liaisons entre gêne et situations d'exposition au bruit 65
3.2. Analyse factorielle des correspondances multiples et classification hiérarchique 67
3.3. Couples d'exposition 70
3.4. Influence des facteurs non-acoustiques explicatifs de la gêne 72

4. Analyse de la gêne totale 75

4.1. Relations entre gêne et caractéristiques acoustiques 75
4.2. Gêne totale en fonction de la situation d'exposition au bruit 76
4.3. Comparaison de la gêne totale avec la gêne relative à une source donnée 78

4.3.1. Situation de dominance 78
4.3.2. Situation de non-dominance 79

4.4. Évolution de la gêne totale en fonction des niveaux sources, à niveau global fixé 80

4.4.1. Cas des « gênées » 80
4.4.2. Cas des « très gênées » 82

4.5. Modèle gêne-gêne 83
4.6. Influence des facteurs non-acoustiques 83

Conclusion générale 85

1. Principaux enseignements 85

2. Perspectives de recherche 86

Bibliographie 87

Annexes 91

Table des illustrations

1/ Tableaux

Tableau 1. Comparaison de la gêne routière à la gêne ferroviaire 6

Tableau 2. Interaction entre la gêne routière et la gêne ferroviaire 6

Tableau 3. Récapitulatif des sites repérés pour l'enquête 23

Tableau 4. Répartition des questionnaires selon le potentiel du site et réalisation des objectifs 27

Tableau 5. Fréquence de présence au domicile pour différentes périodes 36

Tableau 6. Répartition de la population en fonction du mode de transport utilisé dans leurs déplacements 36

Tableau 7. Répartition en % des personnes en fonction de la distance déclarée de leur domicile par rapport aux voies ferrée ou routière 37

Tableau 8. Disposition des pièces de l'habitat par rapport aux voies routière et ferroviaire 38

Tableau 9. Disposition des espaces extérieurs par rapport aux voies routière et ferroviaire 38

Tableau 10. Caractéristiques des niveaux sonores en dB(A) 38

Tableau 11. Répartition de l'échantillon par rapport à la situation d'exposition ... 39

Tableau 12. Répartition de la population en fonction de leur habituation au bruit routier et ferroviaire 41

Tableau 13. Gêne lors d'activités particulières 46

Tableau 14. Synthèse des tests du Chi-2 entre variables acoustiques et gêne 65

Tableau 15. Résumé des caractéristiques des 5 classes d'individus 69

Tableau 16. Répartition en % des personnes « gênées » par le bruit ferroviaire pour chaque combinaison de niveau d'exposition fer/route 70

Tableau 17. Répartition en % des personnes « gênées » par le bruit routier pour chaque combinaison de niveau d'exposition fer/route 71

Tableau 18. Résultats des tests du Chi-2 entre variables acoustiques et gêne totale 75

Tableau 19. Modèles gêne-gêne 83

2/ Figures

Figure 1. Exemple de modélisation sous Mithra - Site de Damery 31

Figure 2. Répartition de la population par tranche d'âge 35

Figure 3. Comparaison des réponses à la question : « à l'intérieur de votre logement comment êtes vous gêné par le bruit... » 42

Figure 4. Réponses en % à la question : « le bruit routier est moins fort que le bruit du trafic ferroviaire » 43

Figure 5. Préférences / 3 scénarios alternatifs de réduction du bruit 43

Figure 6. Comparaison entre fer et route des réponses à la question « j'oublie le bruit ... » 44

Figure 7. Réponses à la question « le bruit de la voie ferrée ou de la voie routière est ... » 45

Figure 8. Comparaison des « phénomènes de masquage » pour les deux sources 47

Figure 9. Choix entre 2 adjectifs opposés : proportion de réponses A et B "bruit plutôt excessif" en fonction des niveaux sonores 24h 48

Figure 10. « J'oublie le bruit des .... » : proportion de réponses "plutôt et tout à fait d'accord" en fonction des niveaux sonores 24h 48

Figure 11. « le bruit...m'empêche de profiter pleinement de mon jardin, balcon terrasse ... » : proportion de réponses "jamais et occasionnellement" en fonction des niveaux sonores 24h 49

Figure 12. « sur mon balcon, terrasse ou jardin mes conversations sont perturbées par le bruit ... » : proportion de réponses "jamais et occasionnellement" en fonction des niveaux sonores 24h 49

Figure 13. « le bruit du trafic routier est moins fort que le bruit du trafic ferroviaire » : proportion de " plutôt et tout à fait d'accord" en fonction des situations d'exposition sonore 50

Figure 14. Scénario 1 : proportion du choix de la situation 1 (2 fois plus de trains, pas de route) en fonction de la situation d'exposition 50

Figure 15. « lorsqu'un train passe on entend moins le bruit de la route » : proportion de "plutôt et tout à fait d'accord" en fonction des situations d'exposition sonore 51

Figure 16. « le bruit routier masque le bruit des trains » : proportion de " plutôt et tout à fait d'accord" en fonction des situations d'exposition sonore 51

Figure 17. « le bruit ... seul serait tout à fait supportable » : proportion de réponses "plutôt et tout à fait d'accord" en fonction des situations d'exposition sonore 52

Figures 18 et 19. Répartitions des personnes « gênées» et « très gênées» en fonction des périodes étudiées (en %) 53

Figure 20. Comparaison par périodes des relations doses/réponses pour la gêne ferroviaire, niveau « gênées » 59

Figure 21. Comparaison par périodes des relations doses/réponses pour la gêne routière, niveau « très gênées » 60

Figures 22 à 25. Comparaison des gênes routière et ferroviaire pour différentes périodes, en fonction de la situation d'exposition 61

Figure 26. 3 relations doses/réponses pour la gêne ferroviaire 63

Figure 27. 3 relations doses/réponses pour la gêne routière 63

Figure 28. Profils gêne ferroviaire 66

Figure 29. Profils gêne routière 66

Figure 30. Représentation graphique des variables sur le plan factoriel 1-2 67

Figure 31. Projection sur le plan factoriel 1-2 des 5 classes d'individus déterminées par CAH 68

Figure 32. Courbes de réponses de gêne ferroviaire en fonction du niveau ferroviaire et pour 5 classes de niveau routier 71

Figure 33. Courbes de réponses de gêne routière en fonction du niveau routier et pour 5 classes de niveau ferroviaire 72

Figure 34. Récapitulatif des facteurs pris en compte dans l'étude de la gêne 73

Figure 35. Représentation graphique des résultats des tests du chi-2 entre variables à expliquer (gêne) et variables non-acoustiques 74

Figure 36. Courbes de gêne totale (« gênées ») en fonction des niveaux sonores ferroviaire, routier ou global 76

Figure 37. Courbes de gêne totale (« très gênées ») en fonction des niveaux sonores ferroviaire, routier ou global 77

Figure 38. Courbes de gêne (« gênées ») en situation de non dominance sonore en fonction du niveau global, ferroviaire ou routier 77

Figure 39. Courbes de gêne (« très gênées ») en situation de non dominance sonore en fonction du niveau global, ferroviaire ou routier 78

Figure 40. Comparaison des courbes de gêne totale (« gênées ») pour les situations de dominance en fonction du niveau routier ou ferroviaire 79

Figure 41. Comparaison des courbes de gêne totale (« gênées ») pour les situations de non dominance en fonction du niveau routier ou ferroviaire 79

Figure 42. Courbes de gêne totale (« gênées ») pour les niveaux globaux fixés de < 55 dB(A) ou > 70 dB(A) en fonction des niveaux sonores ferroviaire ou routier 80

Figure 43. Courbes de gêne totale (« gênées ») pour les niveaux globaux fixés de]60 ; 65] dB(A)]65 ; 70] dB(A) en fonction des niveaux sonores ferroviaire ou routier 81

Figure 44. Courbes de gêne totale, par classe de niveaux sonore global fixé, en fonction de la différence de niveau sonore entre le fer et la route..... 82

Figure 45. Courbes de gêne totale (« très gênées ») pour l'ensemble des niveaux globaux fixés, en fonction des niveaux sonores ferroviaire ou routier 82

Figure 46. Représentation graphique des tests du Chi-2 entre variables non-acoustiques et gêne totale 84

3/ Carte

Carte 1. Répartition géographique des 18 « zones » d'enquête..... 22

Avant-propos

Ce rapport rend compte des travaux de recherche menés conjointement depuis 1996 par le Laboratoire Transports et Environnement de l'INRETS et le Direction de la Recherche et de la Technologie de la SNCF sur l'évaluation de la gêne due à l'exposition combinée (multiexposition) aux bruits routier et ferroviaire.

Cette recherche fait suite à un premier travail bibliographique mené par l'INRETS-LTE en 1994, à la demande du Groupe interministériel sur le « Bruit ferroviaire » du Ministère de l'Environnement et portant sur la comparaison de la gêne produite par le bruit ferroviaire à celle produite par le bruit routier[1].

Ces travaux représentent une nouvelle contribution de la recherche française à la réflexion lancée au milieu des années 90 par des experts internationaux sur la question complexe des méthodes d'évaluation de la gêne due au bruit dans un environnement multi-sources[2]. Cette question est depuis quelques années régulièrement abordée et débattue au cours des principaux congrès internationaux d'acoustique (Inter.Noise - International Congress of Acoustics, ICBEN notamment).

*Le **premier chapitre*** de ce rapport est consacré à une revue de la littérature concernant la gêne dans des situations de multiexposition au bruit des transports ; en particulier la façon dont est abordée cette question dans les enquêtes mais aussi au travers de travaux méthodologiques concernant la modélisation de la gêne.

Le ***chapitre 2*** présente les différentes méthodes et étapes qui ont abouti à la réalisation d'une enquête nationale (résultats et enseignements de l'enquête exploratoire, y compris la mesure de l'exposition au bruit), son déroulement, la description du questionnaire d'enquête et la caractérisation acoustique des sites d'enquête.

Le ***chapitre 3*** est consacré aux principaux résultats de l'enquête nationale, en particulier l'évaluation individuelle des sources de bruit, leur comparaison ainsi que l'analyse des relations entre niveaux d'exposition et gêne - mais aussi l'évaluation combinée des sources et l'analyse de la gêne totale résultant de l'exposition à ces deux sources.

La dernière partie du rapport présente les ***conclusions*** puis les ***perspectives*** de recherche dans ce domaine.

[1] CHAMPELOVIER (P), LAMBERT (J) : « Comparaison de la gêne produite par le bruit ferroviaire à celle produite par le bruit routier » Rapport INRETS-LEN n° 9417, Mai 1994.

[2] l'INRETS et la SNCF ont participé à deux réunions de " International Workshops on combined noise sources " organisées respectivement par le SINTEF (Octobre 1999, Røros, Norvège) et le TNO (Mars 2000, Leiden, Pays-Bas).

Chapitre 1

Contexte et problématique

1. Multiexposition au bruit : une situation sonore complexe à effets multiples

1.1. Définition

Dans la littérature scientifique internationale, la multiexposition au bruit est abordée sous un vocable assez large. On parle tantôt de sources combinées (combined sources), tantôt de sources mixtes (mixed sources), tantôt de sources simultanées (simultaneous sources), voire même de bruit multi-sources (multi-sourced noises), parfois d'interactions ou d'effets cumulatifs ou synergiques des différentes sources de bruit.

Quoi qu'il en soit, il s'agit bien de situations dans lesquelles des lieux d'habitation ou des espaces publics (et donc souvent des personnes) sont exposés à plusieurs sources de bruit d'environnement, notamment de moyens de transport (routier, ferroviaire, aérien). Ces sources de bruit ne sont pas assimilables au bruit de fond dans la mesure où elles sont parfaitement identifiables tant du point de vue acoustique que perceptif et même visuel.

La multiexposition au bruit diffère donc de la monoexposition qui elle renvoie à une seule source de bruit très présente dans le paysage sonore, même si cette source peut être entourée d'autres bruits moins identifiables car peu fréquents ou très largement masqués par la source dominante.

Cette notion de multiexposition au bruit se rapproche des situations de multinuisances qui intègrent bien d'autres facteurs environnementaux comme la pollution de l'air par exemple. Cependant, aborder la question de la multiexposition au bruit constitue un premier pas vers une approche plus intégrée de l'exposition simultanée à différentes nuisances environnementales.

1.2. Les enjeux

Ils sont multiples :

- enjeux environnementaux, si on considère les populations concernées. La gêne due à la multiexposition au bruit des transports concerne un nombre non négligeable de personnes, environ 6 % des Français, soit 3,5 millions de personnes, si on s'en tient aux résultats déjà anciens de l'enquête nationale menée par l'INRETS en 1986 [1]. Cette situation s'est vraisemblablement aggravée depuis. En effet, le développement des infrastructures nouvelles autoroutières, ferroviaires à grande vitesse, et aéroportuaires, l'augmentation des trafics conduisent de plus en plus de riverains à être exposés à plusieurs sources de bruit de transport de natures différentes.

- enjeux de santé publique, si on considère les effets additifs, voire multiplicatifs, possibles sur l'homme de bruits cumulés : gêne le jour, interférences avec la communication en soirée et perturbations du sommeil la nuit, par exemple. A une exposition à des bruits combinés est probablement associée une combinaison d'effets dont on ignore actuellement toutes les conséquences à long terme sur la santé.

- enjeux économiques, dans la mesure où un habitat entouré de multiples sources de bruit risque d'être fortement déprécié.

- enjeux réglementaires enfin, car actuellement les sources de bruit sont prises en compte de façon quasiment séparées (même si la notion de bruit ambiant préexistant a été introduite récemment dans la réglementation), ce qui laisse pour l'instant sans réponse la question du niveau global à ne pas dépasser tenant compte de la nature, mais aussi des interactions possibles entre les différentes sources de bruit.

2. Principales interrogations

Comparées aux situations de monoexposition, les situations de multiexposition au bruit soulèvent au moins 3 questions spécifiques qui concernent tant la caractérisation de l'exposition aux différentes sources de bruit que la perception du bruit et la gêne ressentie.

2.1. Comment caractériser la multiexposition au bruit ?

Cette question relève de la métrologie acoustique. En effet, sur le terrain, on rencontre des situations de multiexposition variées ; par exemple : une habitation comprenant une seule façade exposée à plusieurs sources de bruit, plus ou moins éloignées des voies, ou bien une habitation comprenant deux façades opposées et exposées, de façon plus ou moins contrastée, aux différentes sources de bruit. Comment, dans ces différents cas, évaluer de façon adéquate l'exposition des habitants qui, de plus, occupent des pièces différentes suivant le moment de la journée ?

Comment évaluer la contribution de chacune des sources au niveau global d'exposition, sachant que des phénomènes de masquage sont possibles compte tenu du caractère parfois simultané dans l'apparition des différentes sources de bruit ?

2.2. Comment comparer deux (ou trois) sources de bruit ?

C'est une des questions centrales de la recherche dans le domaine de l'évaluation de la gêne due au bruit dans des situations de multiexposition. Cette comparaison porte généralement tant sur la qualification des sources de bruit que sur la gêne ressentie. Un des intérêts de la multiexposition est de permettre cette comparaison (route/rail ou route/avion par exemple) à partir d'enquêtes auprès de personnes exposées à la fois à toutes ces sources et non à partir d'enquêtes menées auprès de groupes de populations exposés chacun à une seule source de bruit. La comparaison s'effectue alors directement par les personnes enquêtées, ce qui permet de neutraliser des variables de contexte ou individuelles et permet de répondre à la question du terme correcteur (bonus/malus) c'est-à-dire de l'avantage ou du désavantage d'une source de bruit par rapport à une autre.

Cependant cette comparaison s'inscrit dans un contexte particulier qui peut laisser place aux interactions entre les différentes sources de bruit, ce qui rend plus complexe la question posée. En d'autres termes, on peut se demander si la gêne due à une source n'est pas en partie

"contaminée" par l'autre source de bruit, ce qui pourrait conduire à une surestimation ou au contraire à une sous-estimation de la gêne due à cette source.

2.3. Comment évaluer la réaction totale ?

Une autre question centrale posée par la multiexposition au bruit concerne la réaction totale des personnes exposées. Bien qu'habituellement un grand nombre de personnes se trouvent dans cette situation et que ces bruits fassent partie du "paysage sonore", la compréhension des processus à l'origine des réactions des individus dans ces environnements complexes reste encore très limitée et leur prédiction encore très imparfaite.

Évaluer la réaction totale, notamment en termes de gêne, soulève ainsi de multiples questions relatives :

- à la pertinence même du concept de gêne totale (total annoyance) et donc aux processus et capacités d'un individu à agréger les différentes sources de bruit perçues ;
- aux méthodologies d'évaluation de la gêne totale permettant de prendre en compte les possibles effets suivants : effet d'ordre des questions sur les sources de bruit (ensemble des sources d'abord puis sources prises séparément ou inversement), effet de l'échelle de gêne retenue (fermée avec une borne supérieure fixée arbitrairement à 10 par exemple ou ouverte), effets de l'interprétation différente des questions posées concernant les sources de bruit et plus particulièrement les moments pendant lesquels elles sont perçues comme gênantes ;
- à la modélisation de la gêne totale, tant sont nombreux les modèles possibles ; la gêne pouvant être exprimée soit à partir de variables purement acoustiques, soit à partir de variables de perception ou bien une combinaison de ces variables.

3. Synthèse des travaux antérieurs

3.1. Principaux travaux sur la multiexposition

Une analyse de la littérature internationale a été menée par l'INRETS [2]. Les documents sélectionnés ont été regroupés en deux catégories, selon le thème abordé :

- le premier concerne les résultats d'enquêtes portant sur la gêne ressentie par des populations exposées à deux types de bruit. Le plus souvent il s'agit de bruit routier et de bruit ferroviaire. D'autres enquêtes portant sur le bruit du trafic aérien couplé avec du bruit routier ou du bruit ferroviaire ont également été analysées.
- le deuxième thème concerne la modélisation de la gêne. En effet, plusieurs auteurs proposent des modèles expliquant ou prédisant la gêne ressentie dans ce type de situation.

3.1.1. Conduite et résultats d'enquêtes

Bottom [3] a réalisé, à la fin des années 60, la première enquête auprès de riverains exposés à deux sources de bruit (bruit d'avion + bruit routier). L'enquête par questionnaire a été menée auprès de 315 personnes réparties de façon égale dans 9 sites, auxquels correspondent trois niveaux d'exposition au bruit d'avion croisés à trois niveaux de trafic routier. La gêne due au bruit d'avion ainsi que l'insatisfaction vis-à-vis du bruit global (avion + route) a été mesurée

sur une échelle en 5 points. Pour un même niveau d'exposition au bruit d'avion NNI (Noise and Number Index), le niveau de gêne due au bruit d'avions est plus élevé lorsque le bruit de fond (route) est faible. La relation dose-réponse « NNI-gêne » est donc différente selon le niveau de bruit de fond. L'insatisfaction globale vis-à-vis du bruit augmente plus vite avec le NNI lorsque le bruit de fond est faible que lorsque le bruit de fond est élevé. Le bruit routier, lorsqu'il est élevé, vient en quelque sorte masquer le bruit d'avions. L'auteur suggère que des recherches soient menées pour déterminer un descripteur acoustique représentatif de la gêne totale lorsque plusieurs sources de bruit sont cumulées.

Les travaux menés par ***Rice*** [4] portent sur l'intérêt d'un indice unificateur pour la prédiction de la gêne dans des situations de bruits cumulés (avion + route). Des expérimentations ont été menées en laboratoire. Les 16 sujets étaient exposés à des séquences de bruit d'avion puis à des bruits routiers alors qu'ils accomplissaient diverses tâches (repos, jouer aux cartes). Un court questionnaire (4 questions) leur était ensuite administré pour évaluer leur gêne. Aucun indice cumulatif significativement meilleur que le NEF (Noise Exposure Forecast) pour le bruit d'avion et le L_{10} (en dBA) pour le bruit routier n'a été trouvé. La meilleure mesure commune à utiliser soit pour le bruit d'avions soit pour le bruit routier est le $L_{eq.}$ Cependant, l'utilisation du L_{eq} normalisé comme indice unificateur, n'a pas été prouvé. Il ne devrait donc pas être utilisé dans le contexte de sources combinées à moins que des corrections soient intégrées pour tenir compte de la perception différenciée entre les sources de bruit.

Knall et Schuemer [5] ont enquêté auprès de 1080 sujets répartis dans 14 zones différentes (7 rurales et 7 urbaines) en Allemagne afin de répondre aux 2 questions suivantes :

- est-ce que le bruit du trafic ferroviaire est jugé moins gênant que le bruit du trafic routier ?

- si oui, de combien est la différence en décibels entre le bruit routier et le bruit ferroviaire, pour un même niveau de gêne.

Dans chacune des zones choisies, les deux types de bruit (route et rail) étaient présents :

- 4 d'entre elles avaient comme bruit dominant : le bruit ferroviaire,
- 4 autres, avaient le bruit routier dominant,
- dans les 6 autres, bruits routier et ferroviaire étaient équivalents.

Un questionnaire sur la gêne et les comportements a été soumis aux sujets. Des analyses de variance sur l'influence du type de bruit (rail/route) et du type de région (urbain/rural) sur la gêne et les comportements ont été réalisées ainsi que des régressions entre les mesures de la gêne et les L_{Aeq} (route/rail).

Les résultats ont montré :

- pour la route, comme pour le rail, le degré de gêne augmente avec le L_{Aeq},
- une gêne due au bruit ferroviaire inférieure à celle due au bruit routier sauf : pour le repos et les loisirs à l'extérieur,
- une gêne due au bruit ferroviaire supérieure à celle due au bruit routier dans les cas d'interférences avec la communication et la perception des effets physiques (vibrations, cliquetis ...),
- pour un même niveau de gêne, le niveau de bruit ferroviaire est plus élevé que le niveau de bruit routier : la différence est en moyenne de 4,4 dB(A) : c'est le « bonus » ferroviaire. Plus le bruit est élevé, plus cette différence est grande. Elle varie de 4,3 à 12,8 dB en fonction du comportement considéré (gêne totale jour, fermeture des fenêtres, gêne à l'intérieur pour le repos et les loisirs, gêne somatique, ... gêne pour le sommeil). Enfin, pour deux variables l'auteur observe un « malus » ferroviaire de -0,4 à -1,9 dB, il s'agit de la gêne extérieure pour le repos et les loisirs et des interférences avec la communication,

- les interactions sources/régions montrent que dans les zones urbaines, les sujets sont beaucoup plus gênés par la route que par le rail, alors que dans les zones rurales, les différences de gêne entre ces deux sources sont relativement faibles.

Flindell dans un article du JSV [6] traite du choix du descripteur acoustique représentatif de la gêne dans des situations de sources multiples. Les relations exposition-réponse varient suivant les différentes sources de bruit lorsque l'on utilise le L_{eq} conventionnel comme mesure de l'exposition au bruit. Compte tenu du fait que la gêne rapportée due à des sources multiples peut être plus élevée que celle prédite par le L_{eq} conventionnel, il est proposé d'utiliser « le L_{eq} pression » (pressure L_{eq}) comme indice acoustique unificateur plutôt que le L_{eq} conventionnel. Cet indice unificateur représente le niveau continu de pression sonore équivalent (moyenne arithmétique sur les pressions, $\sqrt{p^2}$), alors que le L_{eq} conventionnel représente le niveau continu d'intensité sonore équivalent (moyenne sur les énergies, p^2).

L'étude de ***Izumi*** [7] est importante. L'objectif est ici double : d'une part valider l'utilisation d'un environnement simulé (le laboratoire) pour la gêne, en comparant les résultats obtenus avec ceux issus d'une enquête sur le terrain, et d'autre part, valider les modèles de gêne proposés pour l'évaluation de plusieurs sources de bruit (5 modèles de Taylor, 1 de Flindell et 1 de Rice).

- en laboratoire les sujets sont exposés à 4 x 4 combinaisons différentes de bruit routier et ferroviaire pendant des sessions de 30 minutes. Leur réponse sur le bruit total et la gêne due à chaque source spécifique est recueillie sur une échelle en 10 points.

- l'enquête s'est déroulée dans 9 zones soumises au bruit ferroviaire et au bruit routier. Elle portait sur 497 personnes ayant répondu à un questionnaire sur la gêne due au bruit routier, la gêne due au bruit ferroviaire et celle due au bruit total ; gênes exprimées sur une échelle en 6 points.

Les résultats sont les suivants. Dans les deux situations, les résultats obtenus font apparaître une bonne corrélation entre le Leq de la source spécifique et la note de gêne. La gêne totale est faiblement corrélée avec le Leq total. Tandis que de bonnes corrélations sont obtenues en laboratoire, les données de gêne sont éparpillées et les coefficients plutôt bas dans l'enquête. Dans les niveaux bas, la gêne totale est très vraisemblablement la moyenne de la gêne des deux sources spécifiques. Dans les niveaux moyens, la gêne totale ressemble plus à la gêne de la source dominante. Dans les hauts niveaux, la gêne totale est apparemment dirigée par le seul bruit routier qui est la source dominante. Dans les données de l'enquête, la gêne due aux trains est toujours moins sensible aux variations des niveaux de bruit. De ces travaux, il ressort enfin que les données appliquées aux sept modèles n'ont pas fourni de résultats satisfaisants.

L'étude de ***Vernet*** [8] aborde le problème de la multiexposition dans le cas d'une double exposition aux bruits routier et ferroviaire. Il s'agit de mesurer les interactions réciproques de ces deux types de bruit sur la gêne exprimée. 371 riverains ont été questionnés, en fonction de leur double exposition au bruit et selon leur situation par rapport à ces deux sources :

- voie ferrée parallèle aux habitations et voie routière perpendiculaire : pour une même exposition ferroviaire, les riverains sont plus ou moins exposés au bruit routier (en fonction de l'éloignement de la voie),

- voies ferrée et routière parallèles aux habitations : pour une même exposition routière, les riverains sont soumis à des bruits ferroviaires différents (voie ferrée en déblai).

Pour chaque riverain l'exposition aux bruits routier et ferroviaire est connue avec une précision de + ou - 1 dB(A). Les résultats sont les suivants (Tableau 1)

Tableau 1 : Comparaison de la gêne routière à la gêne ferroviaire

Situation sonore (différence Leq Train / Leq Route)	Gêne des personnes interrogées
Leq Train 24h > 8 dB au Leq Routier	*beaucoup plus gênés* par le bruit des TRAINS
Leq Train 24h > 7 dB au Leq Routier	*plus gênés* par le bruit des TRAINS
Leq Train 24h > 5 dB au Leq Routier	*un peu plus gênés* par le bruit ROUTIER
Leq Train 24h > 4 dB au Leq Routier	*beaucoup plus gênés* par le bruit ROUTIER

En d'autres termes, il semble qu'une différence de 8 dB entre bruit de train et bruit routier soit nécessaire pour que le bruit de train devienne plus gênant que la route.

- lorsque les riverains expriment une plus grande gêne provoquée par le train que par la route, ces résultats montrent une excellente concordance entre la source de bruit ressentie comme la plus gênante et la source de bruit mesurée comme la plus énergétique.

- les riverains qui trouvent le bruit des trains plus, ou beaucoup plus, gênant que le bruit routier se trouvent, pour 80 % d'entre eux, dans une zone où le bruit de train est effectivement dominant.

- les riverains pour qui le bruit routier est plus gênant que le bruit ferroviaire sont à 78 % situés dans une zone où le bruit des trains est dominant.

Le tableau suivant (Tableau 2) est une illustration de l'effet « contamination de gêne » lorsque les riverains sont exposés à la fois à un bruit ferroviaire constant et à un bruit routier variable.

Tableau 2 : Interaction entre la gêne routière et la gêne ferroviaire

	Bruit routier FAIBLE (52-55 dB(A), Leq 24 h)	Bruit routier FORT (64-67 dB(A), Leq 24 h)
Gêne attribuée au bruit routier	7 % de très gênés	41 % très gênés
Gêne attribuée au bruit ferroviaire (66-70 dB(A), Leq 24 h)	23 % très gênés	55 % très gênés

Ce tableau montre que :

- les riverains attribuent au bruit des trains une gêne provoquée par le bruit routier (contamination de la gêne due au bruit ferroviaire par le bruit routier) ;

- les riverains sont rendus plus sensibles au bruit des trains par la présence de l'autre source de bruit. Il semblerait ici que les populations différencient les sources de bruit.

En présence des deux sources de bruit (route et train), le riverain impute la plus grande source de gêne à la voie routière, mais à des niveaux élevés de double exposition (68 dB(A)), le riverain apparaît « sursensibilisé » à la gêne due au bruit des trains.

Haücк [9] présente les faits physiques et psychologiques qui aboutissent à une gêne différente du bruit ferroviaire et du bruit routier à partir des résultats de trois enquêtes sur le terrain menée en Allemagne. Lorsque l'on s'intéresse aux seuls résultats concernant les zones dites « mixtes » c'est-à-dire des zones où il y a bruit ferroviaire et bruit routier, on constate que le « remplissage » des intervalles entre les bruits ferroviaires par le bruit routier ne provoque pas l'augmentation, mais plutôt la diminution de la gêne due au bruit ferroviaire. En d'autres termes, l'auteur conclut que l'influence constante du bruit routier sur le bruit ferroviaire laisse prévoir que le bruit ferroviaire qui se produit par intermittence est moins remarqué lorsqu'il est associé à un bruit routier.

Les travaux rapportés par ***Jörg et Seiler*** [10] concernent la gêne subjective ressentie lors d'une exposition simultanée à des bruits de trafic routier et aérien. 913 personnes ont été interrogées par questionnaire sur la gêne due au trafic routier seul, au bruit des avions seul et aux deux bruits cumulés. Les résultats indiquent que la gêne moyenne totale ressentie dans le cas d'une exposition à deux types de bruit simultanés ne suit pas une loi uniforme. Les auteurs discutent deux modèles :

- « l'effet d'addition ou cumulatif » : c'est-à-dire le fait que l'effet de gêne totale subjective de la charge sonore globale pourrait être exprimée en fonction de la « somme énergétique » des niveaux acoustiques. Ce modèle n'a pu être confirmé par les résultats obtenus. Cependant, dans les situations où les expositions au bruit routier et au bruit des avions ont le même niveau (soit faible, soit fort, soit moyen), il se produit une gêne moyenne totale subjective correspondant à un effet cumulatif : les valeurs moyennes de la gêne moyenne totale ressentie sont nettement plus élevées que celle de la gêne produite par l'un des bruits. Ainsi ce premier modèle semble davantage adapté à ce type de situation.

- le second modèle repose sur la thèse selon laquelle la gêne moyenne totale ressentie correspond à celle causée par le bruit le plus intense. Ce modèle apparaît plus plausible lorsque la différence est grande entre les deux types de bruit : la valeur résultant de l'addition énergétique correspond à peu près à la valeur pour le bruit le plus intense.

D'une manière générale, cette enquête montre que le bruit dû au trafic routier est plutôt mieux supporté que celui provenant du bruit des avions : la gêne due au bruit des avions est toujours plus marquée et semble indépendante du niveau du bruit routier.

3.1.2. Modélisation de la gêne totale

Les travaux menés par ***Ollerhead*** à la fin des années 70 [11 - 12] abordent la question de la mesure des réactions des riverains exposés simultanément à deux sources de bruit. Compte tenu du fait que les riverains réagissent différemment selon les sources de bruit (route-rail et avion), il apparaît nécessaire d'en tenir compte dans les modèles explicatifs de la gêne due à des sources mixtes. L'approche proposée ici part de l'hypothèse que chaque source de bruit peut être exprimée par un niveau de bruit mesuré sur une échelle tel le L_{dn} auquel on ajoute un terme correcteur traduisant la sensibilité différenciée des individus aux différentes sources de bruit. Les contributions simultanées des différentes sources peuvent alors être agrégées pour obtenir un niveau effectif global. Ce modèle a été appliqué à des données d'enquêtes existantes, notamment celle de Bottom portant sur l'insatisfaction ressentie par des riverains exposés à la fois au bruit d'avion et au bruit routier (bruit de fond). L'insatisfaction moyenne R est exprimée ainsi : $R = 0{,}124\ [L + 9{,}45\ .\ 10^{(L_a - L)/10}\ ] - 4{,}98$, où L_a est le niveau de bruit des avions. Ce modèle permet d'améliorer la corrélation entre les niveaux d'insatisfaction globale et les niveaux de bruit (0,955 contre 0,906 pour un modèle simple). Il indique également qu'un niveau d'insatisfaction dû au bruit routier est égal à celui dû au bruit des avions pour un niveau de bruit routier supérieur de 9,5 dB(A) à celui du bruit des avions. Il montre enfin que, pour des niveaux faibles d'exposition au bruit d'avion, l'insatisfaction globale augmente avec le bruit routier mais diminue avec le bruit routier lorsque les riverains sont exposés à des niveaux élevés de bruit d'avion.

L'objet de l'article de ***Berglund*** [13] est l'étude de la gêne due à deux bruits différents qui se combinent en une gêne totale ainsi que la pertinence d'un modèle permettant d'expliquer cette situation. Trois sortes de bruits : le trafic de rue, le marteau piqueur et une machine à enfoncer les pieux sont proposés. Chacun comprend 7 niveaux de bruit différents ce qui donne 21 bruits simples et 39 combinaisons par paires possibles. Les 60 stimuli obtenus sont proposés à 30 sujets. Les sujets devaient juger chaque bruit en termes de « bruyance », puis en termes de gêne totale. Chaque sujet donne 60 estimations de la bruyance et 60 de la gêne. La bruyance totale du bruit combiné est toujours inférieure à la somme arithmétique des bruyances et toujours supérieure à la moyenne arithmétique de la bruyance des bruits simples. Le lien entre la bruyance totale des bruits combinés et la somme arithmétique des bruyances des bruits simples est approximativement linéaire. Ceci signifie que la bruyance totale représente seulement 60 % de la somme des composants des bruyances. Trois modèles de bruyance totale sont étudiés :

- le modèle appelé « Vector sum » (sommation vectorielle) qui prévoit que la somme de la bruyance est adaptée pour les bruits relativement faibles mais tend à surestimer les bruits forts. Il est estimé comme étant le moins approprié.

- le modèle de Powell qui s'adapte bien aux données recueillies, mais dans lequel il n'y a pas de liaisons avec les niveaux sonores.

- le modèle « Loudest Component » qui est retenu à cause de sa simplicité. Il ne tient compte que de la bruyance de la source dominante et néglige la bruyance des autres sources. Pourtant, c'est un modèle qui se rapproche bien de la somme énergétique. Il sous-estime la bruyance totale de 14 % dans le plus mauvais des cas quand les bruits s'ajoutent.

Dans son article paru dans JSV en 1982 [14], ***Taylor*** rappelle tout d'abord que jusqu'à présent peu d'études ont abordé la question de l'évaluation de la gêne ressentie dans des situations de multiexposition. Une des questions posées par la multiexposition concerne les modèles de prédiction de la gêne. Cinq modèles sont ici passés en revue :

- modèle de sommation des énergies : la gêne totale est tout simplement fonction de l'énergie acoustique de l'ensemble des sources de bruit ;

- modèle des effets indépendants : la gêne totale est ici fonction des effets des différentes sources de bruit ;

- modèle des différences énergétiques : la gêne totale est fonction d'une part de l'énergie acoustique totale mais aussi des différences entre les énergies acoustiques des différentes sources de bruit ;

- modèle de sommation-réponse : la gêne totale prend en compte les différences dans les relations dose-réponse (gêne-bruit) des différentes sources de bruit ;

- modèle de sommation et d'inhibition : ce modèle proposé par Powell en 1979 part de la constatation que la gêne due à une source de bruit est inhibée par la présence d'une autre source de bruit.

Ces cinq modèles ont été testés dans le cadre d'une étude sur la multiexposition au bruit à Toronto (bruit avion/bruit routier). La gêne a été mesurée sur une échelle numérique en 11 points (0 à 10) tant pour le jour que pour la soirée, la nuit et sur 24 heures ; tant pour la gêne à l'extérieur du logement que la gêne à l'intérieur du logement. Lorsque le bruit d'avion est plus élevé que le bruit routier, alors la gêne due au bruit d'avion est plus grande que la gêne totale, elle-même plus grande que la gêne due au bruit routier. Le modèle le plus adéquat semble être le modèle des différences énergétiques ($R^2 = 0,52$). Le modèle des sommations énergétiques présente, quant à lui, la plus faible corrélation avec la gêne ($R^2 = 0,37$).

Le but des deux expérimentations menées par ***Vos*** du TNO [15], est de mettre au point un modèle quantitatif dans lequel les niveaux des deux sources séparées sont combinés en une seule mesure représentant convenablement la gêne totale due au bruit. Il s'agit bien d'essayer de quantifier la gêne totale causée par différents sons simultanés (ici bruit routier, bruit des avions et bruit de coups de feu). L'auteur pose les hypothèses classiquement rencontrées dans le cas de la multiexposition :

- soit la gêne totale est due à une source plus élevée que l'autre ;
- soit la gêne totale est égale à la gêne maximum des trois sources séparées ;
- enfin, dans une combinaison où les trois bruits sont également gênants, la gêne totale est plus élevée que le maximum de la gêne spécifique à chaque gêne.

Deux expérimentations en laboratoire ont été effectuées. Les 3 bruits sont présentés dans diverses combinaisons sur des périodes de 45 secondes. 16 sujets estiment sur une échelle (de 0 = pas du tout gêné à 9 = extrêmement gêné) la gêne totale causée par les différentes combinaisons de bruit. L'indice acoustique des bruits retenu est le Leq.

Les résultats confirment l'intérêt d'un modèle de sommation pondérée (utilisant les Leq de chaque source de bruit) pour la prédiction de la gêne totale dans des situations de bruit combinés. Cependant deux conditions sont nécessaires à l'application de ce modèle :

- au moins deux bruits doivent présenter un niveau de gêne identique ;
- un des bruits doit être beaucoup plus gênant que les autres.

Dans la mesure où la sommation des L_{eq} des différentes sources est réalisée après addition des termes correcteurs (penalties), le modèle de gêne totale représente une intégration mentale des jugements de gêne plutôt qu'une intégration des L_{eq} des différentes sources séparées.

L'article de ***Ronnebaum*** de 1996 [16] aborde la question des effets de la multiexposition au bruit à partir d'une analyse de la littérature existante. Les modèles de prédiction de la gêne sont présentés puis testés sur des données provenant d'enquêtes anciennes concernant la gêne due aux bruits routier et ferroviaire. Trois modèles ont été rajoutés à ceux déjà présentés par Taylor en 1982 :

- le modèle vectoriel (Berglund) dans lequel la gêne totale est fonction de l'addition vectorielle des Leq des différentes sources de bruit ;
- le modèle de la source dominante dans lequel la gêne totale due à deux sources de bruit est égale à la gêne de la source de bruit la plus gênante ;
- le modèle corrigé subjectivement (Vos) dans lequel des facteurs de correction subjectifs ont été introduits dans le modèle de sommation énergétique afin de prendre en compte les différences dans la gêne ressentie des différentes sources de bruit.

Ces huit modèles ont été testés lors de la réexploitation des données de l'enquête menée en 1983 concernant la gêne due aux bruits ferroviaire et routier. Les résultats montrent que :

- lorsqu' une source est dominante, la gêne due à la source dominante est plus élevée que la gêne totale qui elle-même est plus importante que celle de la source non-dominante ;
- lorsqu' aucune source n'est dominante et que les niveaux sonores de chacune de ces sources sont supérieurs à 53 dB, la gêne totale est inférieure à la gêne de la source la plus gênante ;

- lorsqu' aucune source n'est dominante et que les niveaux sonores de chacune des sources sont inférieurs à 50 dB, la gêne totale est supérieure à la gêne de chacune des sources séparées.

Le modèle de la source dominante présente la meilleure corrélation entre le niveau de gêne totale et les niveaux de gêne due aux différentes sources. La plus faible corrélation est obtenue avec le modèle des différences énergétiques (en contradiction avec les résultats de Taylor). Les difficultés d'appliquer le modèle de source dominante (pas de liaison avec les niveaux sonores) conduit les auteurs à recommander l'utilisation du modèle de ***Powell*** [17].

On relèvera enfin les travaux de ***Miedema*** [18] qui propose une approche intéressante. Sous certaines hypothèses, la gêne totale peut être estimée en transformant la contribution sonore de chaque source en niveau de bruit d'égale gêne à une source de référence (routier notamment), puis en faisant la sommation énergétique de ces bruits ; le niveau de gêne totale est alors estimée à partir de la relation empirique dose-réponse du bruit de référence.

Cependant, depuis 2-3 ans de nouvelles interrogations sont apparues. Elles concernent notamment le paradoxe relevé dans les enquêtes auprès de personnes moins gênées par des bruits combinés que par ces mêmes bruits pris séparément (combined noise paradox). Une des explications donnée par ***Job*** [19] réside dans la façon dont les questions sont construites et comprises, en particulier la connaissance des moments où surviennent les bruits simultanément, et dans une moindre mesure, dans le choix de l'échelle de réponse (fermée - ouverte).

Pour ***Berglund*** [20], ce phénomène, appelé aussi stratégie de "compromis" ou de "moyennage" semble a priori contradictoire avec le fait que le niveau total de bruit est toujours au moins aussi élevé que le niveau de chacune des sources de bruit. A partir de travaux sur le bruit de différents moyens de transport, elle a montré que la gêne spécifique due à une source de bruit est influencée par la durée pendant laquelle le bruit de cette source spécifique est entendu (perceptually discernible). De la même façon, la gêne totale inclut la durée pendant laquelle le bruit des différentes sources ainsi que les périodes de calme sont entendus. Les individus sont ainsi amenés à choisir différentes stratégies pour évaluer la gêne totale, par exemple : sommation arithmétique, moyennage arithmétique ou composante la plus forte.

3.2. Principaux enseignements

La question de l'évaluation de la gêne dans des situations de multiexposition ou d'exposition à des sources simultanées n'est pas très récente. Les premiers travaux de terrain datent de la fin des années 60. Cependant, jusqu'au milieu des années 80, ils se sont focalisés soit sur la comparaison entre sources de bruit (route-fer ou route-avion) en ignorant totalement les interactions possibles entre ces sources, soit sur l'effet du bruit ambiant (généralement la route) sur la gêne due au bruit d'avion.

D'assez nombreux travaux ont en effet été menés concernant notamment la comparaison de la gêne due au bruit routier à celle due au bruit ferroviaire. Des synthèses ont été réalisées par l'ORE en 1985 [21], et plus récemment par l'INRETS [22]. Mais cette comparaison a été effectuée pour des sources de bruit séparées (situations de monoexposition) et non pas pour des sources combinées (situations de multiexposition).

Un élément de réponse à ces questions est toutefois fourni par ***Fields*** dans sa synthèse de 1992 [23] concernant l'effet des variables individuelles et de situation sur la gêne due au bruit. Il conclut à l'absence d'effets d'un niveau de bruit ambiant faible (généralement le bruit routier) sur la gêne due à une source intrusive de bruit (bruit d'avions principalement). Autrement dit, dans ce type de situation, le niveau de gêne totale (due à l'ensemble des sources de bruit) dépend essentiellement de la source dominante. Cette conclusion est cependant de portée limitée : elle ne s'applique pas lorsque le bruit ambiant est élevé, ni

lorsque les deux (ou trois) sources de bruit sont d'égales importances. D'ailleurs J.M. Fields recommandait que des recherches soient menées pour des situations d'exposition au bruit plus complexes que celles recensées dans cette synthèse.

Des expérimentations ou enquêtes dont la conception a été mieux adaptée au problème de la multiexposition ont été lancées depuis 1985, soit en laboratoire, soit in situ. Elles abordent les questions des effets synergiques, cumulatifs ou additionnels dus à la présence de plusieurs sources de bruit tant à travers l'évaluation de la gêne subjective qu'à travers des effets physiologiques (notamment en liaison avec la qualité du sommeil).

La question du choix du descripteur acoustique représentatif de la gêne due à de multiples sources de bruit a aussi été examinée. L'indice L_{Aeq} dans lequel des termes correcteurs (en fonction des sources de bruit) sont intégrés semble approprié pour représenter la gêne due à de multiple sources.

Parallèlement aux enquêtes, des travaux méthodologiques ont été lancés à la fin des années 70. Ils concernent la modélisation de la gêne dans des situations d'exposition à plusieurs sources de bruit. Petit à petit, plusieurs modèles ont été définis, mis au point puis testés sur des données provenant d'enquêtes de terrain.

Huit modèles ont fait l'objet d'une validation dans le cadre de travaux de recherche sur la gêne due à des bruits combinés d'origine routière et ferroviaire. De ces travaux, il ressort que :

- le modèle de sommation des énergies acoustiques, qui s'appuie sur une relation dose-réponse entre la gêne totale et le niveau de bruit global L_{Aeq} (ensemble des sources), est le moins explicatif ;

- le modèle de source de bruit dominante, s'il possède le pouvoir explicatif le plus élevé de la gêne totale, n'intègre pas les niveaux d'exposition au bruit. Aussi son caractère opératoire est très faible ;

- le modèle de sommation-inhibition, qui considère que la gêne due à une source de bruit peut être inhibée par la présence d'une autre source de bruit, d'une part fournit une bonne compréhension des effets synergiques entre les différentes sources de bruit, et d'autre part présente un caractère opératoire satisfaisant.

A la lumière de travaux récents, il ne semble cependant pas y avoir actuellement de consensus sur un modèle permettant d'évaluer la gêne totale due à la combinaison de plusieurs sources de bruit. Certains modèles proposés relèvent de la psychophysique et évaluent la gêne totale en fonction de variables acoustiques, d'autres modèles évaluent la gêne totale en fonction de variables de perception.

Selon certains auteurs [24], ces modèles ne s'appuient pas ou de façon insuffisante sur la connaissance des processus psychologiques (perceptuel et cognitif) participant à la formation de la gêne, mais sont plutôt des constructions mathématiques de la gêne totale. Ils ne tiennent pas compte non plus des combinaisons temporelles (time patterns) des différentes sources de bruit (nombre d'événements sonores - degré de superposition parmi les bruits). De ce fait, ces modèles ne sont pas en accord avec les réactions subjectives mesurées dans des environnements sonores multi-sources.

Chapitre 2

Objectifs et méthode

1. Principaux objectifs et démarche générale

Comment caractériser la multiexposition au bruit du point de vue acoustique, comment comparer plusieurs sources de bruit en termes de gêne ressentie mais aussi de qualification des sources ? Peut-on évaluer la gêne totale résultant d'une double exposition au bruit ? Comment le faire ? Telles étaient les questions posées à la recherche menée conjointement par la SNCF et l'INRETS. Ces interrogations s'inscrivent dans un contexte de développement d'infrastructures jumelées (voie routière et voie ferroviaire) qui jusqu'à présent n'avait, tout du moins en France, pas (ou peu) fait l'objet d'une réflexion approfondie sur le plan de la gêne ressentie.

Aussi, afin de répondre à ces interrogations, et suite à une enquête exploratoire, une enquête nationale auprès de riverains de voies routières et ferroviaires a été menée parallèlement à une campagne de mesures acoustiques permettant de caractériser l'exposition au bruit des personnes enquêtées.

Ainsi, afin, d'une part, de pouvoir répondre aux questions concernant la perception de deux sources de bruit simultanées, et d'autre part, de déterminer les descripteurs acoustiques les mieux adaptés pour qualifier la gêne en situation de multiexposition, il s'est avéré nécessaire de décrire et de caractériser cette gêne spécifique (en terme de perception, de vécu, en termes de comportements ...), et d'établir des relations dose-réponses sur la base de ces descripteurs.

La méthode retenue pour l'enquête *in situ* est celle du questionnaire parce qu'il répond le mieux aux exigences de cette recherche particulière, mais aussi parce qu'il permet d'obtenir un grand nombre d'informations standardisées. Les réponses fournies par les sujets sont ainsi directement comparables. Grâce à l'utilisation de questions fermées, la passation d'un questionnaire est relativement rapide. Il présente aussi l'avantage d'une grande maniabilité.

Dans ce chapitre, sont donc abordés les choix méthodologiques qui ont été retenus ainsi que les différentes étapes qui ont prévalu tant pour l'élaboration du questionnaire final que pour la méthode d'évaluation de l'exposition au bruit.

L'analyse de contenu des entretiens effectués lors de l'enquête exploratoire a été plus particulièrement développée. En effet, les seules informations bibliographiques ne permettaient pas d'élaborer un questionnaire ; elles fournissaient simplement un cadre de réflexion. Ces entretiens ont donc constitué une source très riche d'informations.

En ce qui concerne les mesures de bruit, un premier protocole a été testé lors de l'enquête exploratoire, puis utilisé à grande échelle dans le cadre de l'enquête nationale.

2. L'enquête exploratoire

2.1. Conception et déroulement de l'enquête

Une enquête exploratoire par entretien a été menée en Janvier 1997 auprès de 20 personnes (10 en région Rhône-Alpes et 10 en région parisienne) situées le long de voies routières et ferroviaires [25 - 26].

L'objectif de cette enquête exploratoire était d'identifier les principales dimensions à prendre en compte lors de l'élaboration du questionnaire sur la multiexposition. Dans cette perspective, c'est avant tout la présence ainsi que la variété des thèmes ou des opinions abordés par les sujets interrogés, qui ont été recherchées dans l'analyse de ces entretiens, en liaison avec les aspects paraissant spécifiques à la situation particulière de multiexposition au bruit.

9 sites d'enquête ont tout d'abord été sélectionnés en fonction de 2 critères principaux : d'une part, le type d'exposition des habitations par rapport aux voies routières et ferroviaires (c'est-à-dire soit face aux 2 voies, soit entre les 2 voies), et d'autre part, le type d'infrastructure routière (une route nationale ou une autoroute). Par ailleurs ils ont été choisis pour 4 d'entre eux en zone rurale, 4 en zone urbaine ou périurbaine et 1 en zone interurbaine.

Les personnes ont été interrogées à leur domicile. Les entretiens ont été enregistrés sur cassettes-audio et ont fait l'objet d'un décryptage systématique. Ils ont une durée moyenne de 35 minutes (20 minutes à 50 minutes).

La technique de l'entretien « semi-directif » sur des thèmes et conduit par des questions ouvertes a été retenue. La grille d'entretien comportait 4 grands thèmes répartis sous forme de 11 questions[2] :

- l'environnement (installation dans le logement actuel, ancienneté dans le logement, présence des voies routière et ferroviaire avant-après l'installation ...),
- le bruit routier (craintes, caractéristiques de cette source de bruit, évolution du trafic, comportements et activités perturbés, la gêne),
- le bruit ferroviaire (mêmes indicateurs que pour le bruit routier),
- la comparaison (effectuée par le sujet) entre ces 2 bruits en termes de bruyance, de gêne ...

Par ailleurs, des questions concernant l'interviewé (âge, CSP, habitude en matière de transport, ...) sont venues compléter l'entretien.

Afin de connaître précisément l'exposition au bruit des riverains interviewés, mais aussi dans le but d'évaluer un protocole de mesures en situation de multiexposition, des mesures de bruit ont été réalisées dans chaque site d'enquête : au moins une mesure de 24 heures par site, complétée par des mesures de courte durée (1h) menées en parallèle.

Lorsque l'habitation était située entre les voies routière et ferroviaire, une mesure de chaque côté de l'habitation a été réalisée ; lorsque les deux types d'infrastructure étaient situées du même côté de l'habitation, une seule mesure a été réalisée. Au total 12 mesures de longue durée et 3 mesures de courte durée ont été effectuées.

[2] Un exemplaire de la grille d'entretien est présenté en Annexe 1

2.2. Les résultats

1) L'influence de l'expérience par rapport au bruit se manifeste de différentes façons. Concernant la source de bruit considérée comme la plus gênante, lorsque les sujets interrogés disent avoir une expérience de l'une ou l'autre des deux sources (*... on est habitué ... » ; « ... on a l'habitude ...* » etc.), c'est l'autre, c'est-à-dire celle qu'ils ne « connaissaient » pas qui se révèle la plus gênante ou la moins bien supportée. Lorsque les sujets ont l'expérience d'un environnement beaucoup plus bruyant et ont déjà été soumis à ces deux types de bruit, leur situation actuelle (qui est le plus souvent choisie) leur paraît beaucoup plus agréable.

2) Les craintes lors de l'installation dans le logement sont assez peu marquées, en tout cas en ce qui concerne le bruit. Il s'agit davantage de craintes liées à la sécurité. La plupart n'ont pas pensé à la nuisance bruit lors de l'achat ou de la location de leur logement. L'attrait du logement nouveau, le fait qu'il représente (lors de l'achat) un investissement important pour améliorer les conditions de vie, masquent ou minimisent d'éventuels effets négatifs dus aux nuisances. En résumé, les craintes ressenties et exprimées lors de ces entretiens n'apparaissent pas comme étant spécifiques à la situation de multiexposition. Le fait de venir habiter à proximité de deux sources de bruit ne se révélait pas comme une contrainte supplémentaire, les sujets ne semblaient pas y accorder une attention particulière.

3) En ce qui concerne les caractéristiques des bruits entendus, les réponses montrent que les sujets différencient clairement les deux types de bruit auxquels ils sont soumis et sont facilement parvenus à les dépeindre. Leurs propos sont plus riches, plus fins pour décrire le bruit ferroviaire : "*c'est lourd, ça vibre, ça tape, ça martèle, c'est un bruit plus glissant, assez aigu, tenace, fugitif, c'est plus doux comme son, saccadé, c'est un bruit de ferraille, c'est un cognement, c'est répétitif*" ... autant de nuances qui ne sont pas exprimées à propos du bruit routier. Ce dernier se caractérise essentiellement par son aspect continu, constamment présent tout au long de la journée.

Le bruit ferroviaire n'est cependant pas clairement identifié comme ayant des pauses, donc discontinu (à l'opposé du bruit routier sur cet aspect). Les sujets parlent en effet des horaires, de l'intensité du bruit qui ne varient pas. C'est semble-t-il le fait que l'on sache à l'avance comment va être le bruit (au sens de sa bruyance, de la « quantité » de bruit émis, de sa durée ...), le fait qu'il soit reconnu et donc familier qui le caractérise le mieux.

Le bruit routier peut varier en fonction du type de véhicules (motos et surtout camions), de même, le bruit ferroviaire est toujours différencié en fonction du type de trains (marchandises, voyageurs, TGV).

Ces résultats ont apporté beaucoup d'informations concernant la caractérisation de chacune de ces deux sources prises individuellement. Ils ne nous fournissent pas d'éléments nouveaux concernant la définition du bruit routier et du bruit ferroviaire : dans une situation de multiexposition, les deux sources de bruit en présence sont parfaitement différenciées et définies comme dans des situations de monoexposition.

4) Les résultats concernant le trafic et sa perception montrent la capacité des individus interrogés à remarquer des variations dans le trafic, qu'il soit routier ou ferroviaire. Il semble que l'évolution du trafic dans le temps soit plus visible en bruit routier : elle se traduit notamment par le sentiment d'une augmentation du nombre de poids lourds. Pour les deux types de trafic, les personnes interrogées s'accordent pour souligner un trafic renforcé le matin, à midi et le soir, et un trafic beaucoup plus calme la nuit.

5) En ce qui concerne les modifications saisonnières elles sont davantage ressenties en bruit routier. En effet, l'hiver, lorsque tout est fermé, le bruit est moins gênant alors que cela n'est pas spécifié pour le bruit ferroviaire. La régularité des horaires fait que les riverains se sont moins exprimés sur les modifications du trafic ferroviaire alors que le trafic routier, lui,

apparaît imprévisible et assez changeant. Dans une situation de multiexposition, de la même façon qu'elles ont bien différencié et caractérisé chacune des sources de bruit, les personnes interrogées ont perçu une évolution du trafic spécifique à chacune de ces sources.

6) Quant aux perturbations des activités, qu'il s'agisse du bruit routier ou du bruit ferroviaire, elles portent sur les mêmes activités ou comportements et concernent : la fermeture des fenêtres, le sommeil, les conversations, les activités à l'extérieur et l'écoute de la télévision. Ce qui va plutôt différencier ces deux types de bruit, dans ce domaine précis, c'est que la perturbation due au bruit ferroviaire est forte mais ne dure pas, elle masque (les conversations, la TV ...) mais les pauses permettent de poursuivre plus ou moins ces activités. De ce fait, le bruit ferroviaire n'empêche pas un certain nombre d'activités (déjeuner à l'extérieur, s'endormir ...) : *« on se tait », « on laisse passer le train »,* ce qui n'est pas possible en bruit routier. Dans une situation de multiexposition, et lorsque l'organisation du logement le permet, les activités les plus sensibles au bruit (sommeil, conversations, écoute de la TV, activités à l'extérieur ...) seront plutôt disposées côté voie ferrée.

7) Les sujets devaient ensuite s'exprimer sur la gêne ressentie, en particulier à partir d'une échelle en 4 points (pas du tout, un peu, assez et très gêné). Ils devaient d'abord évaluer le bruit routier et le bruit ferroviaire, puis estimer la gêne totale ressentie (due aux 2 types de bruit). Les résultats ont montré que, d'une manière générale, les personnes rencontrées sont peu nombreuses à être « très gênées » par le bruit routier ou par le bruit ferroviaire. Par ailleurs, il est intéressant de souligner que les sujets, dans leur réponse, ont très souvent associé à un niveau de gêne un commentaire qui peut être relatif à un moment précis (la journée, la nuit, le matin ..., l'été), à une activité particulière (déjeuner dehors, s'endormir, ouvrir les fenêtres ...) à un lieu (à l'intérieur de la maison, à l'extérieur dans le jardin, sur la terrasse ...), à un événement distinct (quand ça freine).

La comparaison des 2 sources de bruit a permis de retenir les éléments suivants :

- le bruit routier est gênant à cause de l'irrégularité de son niveau sonore qui varie en fonction des différents types de véhicules (camions chargés, remorques vides, types de moteur, motos ...), et de la conduite (freinage, accélération, passage des vitesses ...). C'est aussi son aspect continu, sans pause qui est gênant,

- en revanche, si le bruit routier est quelquefois moins gênant que le bruit ferroviaire c'est parce qu'il est parfois considéré comme un bruit de fond, c'est « un bruit de ville » qu'on finit par oublier parce qu'il n'y a pas d'émergences, « pas de pics »,

- le bruit ferroviaire est gênant à cause de sa soudaineté, des niveaux qui sont très élevés au moment du passage. Le fait qu'il y ait des périodes de très grand calme et puis brutalement beaucoup de bruit,

- mais le bruit ferroviaire est moins gênant que le bruit routier du fait de sa régularité tant au niveau de l'intensité que des horaires. Les personnes interrogées ont très nettement le sentiment de s'habituer à ce bruit et ainsi il est reconnu et devient familier. Même si ce n'est pas toujours clairement exprimé, les pauses dues à ce type de sources de bruit, ainsi que la brièveté du temps d'exposition sont considérées comme des avantages. Par ailleurs, lorsque la population rencontrée est rurale, les trains y sont présents depuis plus d'un siècle et font partie du paysage sonore. Dans leur majorité, les habitants de ces sites sont nés, ont grandi, et vivent aujourd'hui dans le même environnement,

- de manière attendue, la source de bruit considérée comme la plus élevée (en niveau de bruit) est, dans pratiquement tous les cas, celle qui est aussi considérée comme la plus gênante,

- les sujets ne sont pas forcément tentés de supprimer la source de bruit qu'ils considèrent comme la plus élevée, mais plutôt (quand elles sont différentes) la source de bruit la plus

gênante. On peut remarquer, par ailleurs, que le bruit routier est davantage gênant pour des raisons de dangerosité et c'est également pour ces raisons que les sujets souhaitent le supprimer.

8) Les résultats concernant la perception de la gêne totale (c'est-à-dire celle provoquée à la fois par le bruit routier et par le bruit ferroviaire), appréhendés à partir d'un faible échantillon, sont apparus très dispersés. Ils montrent cependant que la gêne global totale attribuée au bruit dans une situation de multiexposition où deux sources de bruit sont bien différenciées (par les personnes interrogées, du point de vue de leurs caractéristiques spécifiques), peut se présenter sous 5 formes différentes :

- la gêne totale correspond à la note de gêne la plus élevée attribuée à l'une des deux sources. C'est le cas le plus fréquemment rencontré dans notre échantillon ;
- la gêne totale correspond à la moyenne des gênes ressenties pour chacune des deux sources ;
- la gêne totale correspond à la somme des deux notes de gêne attribuées à chacune des deux sources ;
- la gêne totale est inférieure à la moyenne des deux gênes et correspond à la note de gêne individuelle la moins élevée ;
- la gêne totale est supérieure à la moyenne des deux notes de gêne attribuées à chacune des sources.

En revanche, ces résultats n'ont pas permis de savoir :

- si cette note totale est « réfléchie », c'est-à-dire si elle est attribuée en pensant aux deux sources de bruit prises individuellement (non confondues) et à la gêne que chacune d'entre elles occasionne ; auquel cas, on pourrait penser logiquement que les individus soumis à ce type de situation vont plutôt faire une moyenne des gênes ressenties.

- si au contraire elle est fortement influencée par une source de bruit qui dominerait, au sens où elle est ressentie comme beaucoup plus gênante que l'autre (indépendamment du niveau de bruit) ; dans ce cas, les individus vont plutôt attribuer à la note globale la note correspond à la gêne la plus forte.

- ou si, prise individuellement chacune des sources occasionne une gêne, et si cette gêne s'atténue lorsque les deux sources se trouvent superposées, comme s'il y avait un effet de masquage, de nivellement de l'une par l'autre, ou d'inhibition.

2.3. Les principaux enseignements

Un certain nombre d'enseignements ont pu être retirés des résultats de cette pré-enquête. Ils ont permis de préciser la méthodologie à suivre concernant l'enquête nationale et la campagne de mesure des niveaux d'exposition.

2.3.1. Pour la conception d'un questionnaire

Le premier enseignement que l'on a pu déduire concernant le questionnaire est qu'il est indispensable de davantage se recentrer sur la combinaison des deux sources et non sur leurs effets individuels (pris séparément). Ainsi, il est apparu nécessaire :

- d'une part, de bien mettre en évidence les effets de l'une sur l'autre : s'agit-il d'effets de masquage, d'effets additifs, de superposition de ces effets, d'effets inhibiteurs ;

- d'autre part, de demander aux personnes interrogées de décrire leur environnement sonore non en termes de sources différenciées mais en termes de sources superposées et de voir leurs effets conjoints (ou effets de synergie).

Un certain nombre de thèmes devaient également figurer dans le questionnaire. Il s'agit notamment de tout ce qui concerne le contexte dans lequel vivent les riverains : leur environnement et les relations de voisinage, la date d'arrivée dans le logement, les raisons de leur choix, le logement précédent, leur expérience par rapport au bruit.

Les réponses à la question concernant l'évolution du trafic ont montré que bruit routier et le bruit ferroviaire se différenciaient clairement. Dans la mesure où cette perception peut être révélatrice d'une gêne ou venir moduler cette dernière, il est nécessaire de garder un questionnement s'y rapportant.

Les questions concernant l'évaluation de la gêne ont conduit à quelques améliorations ou précisions. En effet, compte tenu de la dimension de l'échelle (très petite, en 4 points) il a fallu, dans le questionnaire : soit la rendre plus sensible (passer à 6 ou 8 points), mais cela posait le problème de la confrontation des résultats avec ceux obtenus dans la plupart des enquêtes déjà réalisées que ce soit en bruit routier, ou en bruit ferroviaire, soit rajouter une échelle numérique parfois plus significative, plus facile pour les sujets. Cette échelle numérique viendrait compléter l'échelle verbale et la confrontation des réponses à ces deux échelles permettrait de mesurer la cohérence des réponses obtenues.

Par ailleurs, compte tenu des résultats qui montraient que les sujets associaient très souvent à un niveau de gêne une explication, un commentaire (pouvant être relatif soit, à un moment précis, soit à une activité particulière, soit à un lieu, soit à un événement, ...), il a semblé intéressant de faire préciser à quoi correspondait la note de gêne attribuée, à quoi se référaient les personnes interrogées lorsqu'elles octroient telle ou telle note. En effet, on a trop tendance à déduire qu'une note correspond à une gêne globale ou totale.

En ce qui concerne la note de gêne attribuée à l'environnement sonore dans sa globalité, c'est-à-dire comprenant à la fois le bruit routier et le bruit ferroviaire, il semble essentiel de demander aux sujets de définir ce que représente cette note, et ceci de manière encore plus essentielle que dans le cas des sources séparées. En effet, plusieurs alternatives sont possibles : cette note, est-elle attribuée en pensant à un des critères précédemment cités (un moment, un lieu, une activité ...) ; ou plutôt en pensant à chacune des deux sources et à chaque gêne engendrée ; cette note correspond-elle à la gêne la plus élevée des deux, à la moyenne des deux gênes ressenties, à la somme de ces deux gênes ou encore à la note attribuée à la source la moins gênante. Il s'agit bien d'essayer de savoir si cette note globale correspond à une moyenne, à la prééminence d'une source sur l'autre, ou à l'inhibition d'une source par l'autre.

La comparaison des deux sources par la personne interviewée a donné des résultats assez intéressants. En particulier, elle a permis de lister ce qui faisait que telle ou telle source de bruit était plus ou moins gênante que telle autre. Ce thème-là a été conservé dans le questionnaire.

La question concernant la source de bruit la plus élevée et la source de bruit la plus gênante a permis de montrer que celle considérée comme la plus élevée par les sujets n'est pas toujours celle dont le niveau de bruit est le plus fort, au sens de la mesure acoustique (LAeq), et que les sujets ne sont pas forcément tentés de supprimer la source de bruit qu'ils considérent comme la plus élevée. Ces informations ont permis, entre autres, de mieux comprendre la gêne ressentie par les riverains et ont donc été conservées dans le questionnaire.

En revanche, un certain nombre de thèmes abordés dans l'entretien n'ont pas apporté d'informations pertinentes concernant la multiexposition. Ceux qui n'ont pas été supprimés ont subi des modifications avant d'être introduit dans le questionnaire final de l'enquête nationale. Il s'agit par exemple des craintes. En effet, l'entretien consacrait une partie importante à celles qui pouvaient être ressenties à l'idée de venir vivre dans un environnement

exposé à deux sources de bruit. Les réponses des riverains ont montré qu'il était difficile de faire la part de ce qui était effectivement des craintes lors de l'installation dans le logement actuel (c'est-à-dire en règle générale, il y a plusieurs années), des craintes ou inconvénients ou même des avantages à vivre, maintenant, dans leur logement. Les sujets, en fait, avaient du mal à se projeter dans le passé et faisaient parfois l'amalgame avec l'expérience qu'ils avaient de vivre dans l'habitation actuelle. De ce fait, il est apparu plus opportun d'interroger les riverains sur les avantages et inconvénients à vivre dans le logement actuel plutôt que sur des craintes passées (craintes dont on peut penser aussi, que, somme toute, elles ne devaient pas être suffisamment fortes pour les faire changer d'avis). En revanche, il reste intéressant de les questionner sur leurs craintes futures, en d'autres termes, sur la façon dont ils pensent que leur environnement sonore va évoluer. La question est de savoir si un niveau de gêne élevé est lié à un niveau de craintes.

Etant donné que certaines réponses concernant la caractéristique de chacune des sources de bruit n'apportaient rien de spécifique à la situation de multiexposition, il est apparu peu utile de faire caractériser individuellement chacune des sources de bruit dans le questionnaire final. Il s'est révélé plus judicieux de garder une question descriptive mais en termes de comparaison, de confrontation, d'opposition ou de similitude de ces deux types de bruit. On a donc demandé aux sujets interrogés de faire cette comparaison eux-mêmes, plutôt que de la laisser au chercheur à partir des propos recueillis concernant chacune des deux sources de bruit.

Les réponses concernant la perturbation des activités ont montré que, d'une manière générale, ce sont les mêmes activités qui sont perturbées par l'une et l'autre source de bruit. Cependant, le mode d'interrogation n'a pas permis de mettre en évidence de quelle façon l'influence de l'une sur telle ou telle activité a des conséquences en matière d'adaptation en fonction de l'autre source. Par exemple, les réponses ont montré que lorsque le logement le permet, les activités les plus sensibles au bruit (sommeil, conversations, écoute de la T.V., activités à l'extérieur ...) sont plutôt « organisées » côté voie ferrée. Donc, dans cette situation, la perturbation est beaucoup moins importante. Ce comportement d'adaptation est bien représentatif de la situation de multiexposition où le riverain doit arbitrer entre supprimer certaines activités ou les reporter (quand cela est possible) du côté où la source de bruit est considérée comme la moins gênante. La situation de multiexposition propose une alternative.

2.3.2. Pour la mesure de l'exposition au bruit

La mesure de l'exposition au bruit dans des situations de multiexposition a révélé quelques problèmes spécifiques liés le plus souvent à la localisation relative des sources de bruit. On a vu que deux types de situations ont été rencontrées : soit les deux sources de bruit sont situées du même côté par rapport à l'habitation du riverain, soit les sources de bruit sont situées de part et d'autre de l'habitation. Il sera tenu compte des enseignements acquis lors des mesures déjà effectuées, pour l'enquête nationale.

Dans le cas où les deux sources de bruit sont situées du même côté de l'habitation, une des façades de l'habitation est exposée directement aux deux sources de bruit, alors que les autres façades ne sont que faiblement exposées. Dans cette situation, une seule mesure de bruit de longue durée doit suffire pour caractériser l'environnement sonore. En fait, suivant la position relative des infrastructures par rapport à l'habitation, deux cas de figures ont été distingués :

1/ La voie ferrée est très proche de l'habitation, la voie routière plus éloignée

Dans ce cas, une seule mesure de bruit suffit. La contribution acoustique respective des deux sources est alors facilement identifiable et quantifiable ; le LAeq total (ensemble des sources) peut être décomposé avec précision entre le LAeq route et le LAeq train. De plus, la proximité de la voie ferrée par rapport au point de mesure permet de connaître aisément le trafic ferroviaire empruntant la voie le jour de la mesure et de le comparer avec les données moyennes journalières de la SNCF.

2/ La voie ferrée est au moins aussi éloignée de l'habitation que la route

Dans ce cas, il est assez souvent difficile de reconnaître le bruit dû à la circulation des trains. Il peut notamment être masqué par le bruit du trafic routier. De ce fait, la décomposition du LAeq total entre les deux sources n'est pas aisée. Pour remédier à cette difficulté, il convient d'effectuer en plus d'une mesure en façade d'habitation, une mesure à proximité de la ligne ferroviaire pour bien identifier les heures de passage des trains, ce qui facilite l'analyse et l'interprétation de la mesure faite en façade d'habitation. Dans des cas plus complexes, le recours au logiciel de calcul peut s'avérer la seule solution pour connaître la contribution acoustique de chacune des sources de bruit.

Dans la plupart des situations où les 2 sources sont situées de part et d'autre de l'habitation, aucun problème ne se pose quant à l'identification et à l'estimation des niveaux d'exposition au bruit. En revanche il est apparu nécessaire de réaliser deux mesures de longue durée : l'une sur la façade donnant directement sur la voie ferrée, l'autre sur la façade donnant directement sur la voie routière. Dans ce type de cas, le LAeq total sur chaque façade est souvent très proche du LAeq de l'infrastructure située du même côté de la mesure de bruit. Il s'agit quasiment d'une situation de double monoexposition. Cependant, si la voie ferrée est située à une distance beaucoup plus grande de l'habitation que la voie routière, il peut se poser des problèmes identiques à ceux du cas précédent c'est-à-dire des difficultés pour identifier le signal bruit des trains, notamment pendant la période diurne (le bruit de trafic routier élevé pouvant masquer le bruit ferroviaire) ; la nuit, compte tenu de la baisse importante du trafic routier, le bruit d'origine ferroviaire est plus facilement identifiable.

2.3.3. Pour le choix des sites d'enquête

Au vu des mesures d'exposition au bruit et des entretiens menés auprès de riverains, on s'est interrogé sur la notion de multiexposition et fixé un certain nombre de conditions pour le choix des sites multiexposés à retenir dans l'enquête nationale.

Les niveaux de trafic doivent être suffisamment élevés pour que les niveaux d'exposition au bruit soient potentiellement gênants. Pour le trafic routier, un minimum de 5000 véh/jour (TMJA) est apparu nécessaire ; pour le trafic ferroviaire, ce minimum peut être fixé à 50 trains par jour. Cette condition est en fait la règle retenue pour le classement sonore des infrastructures de transport (Loi bruit, Art.13 - Décret 95-21 du 9/01/1995 - Arrêté du 30 /05/1996).

Par ailleurs, on a retenu en priorité les sites pour lesquels les infrastructures de transport sont situées du même côté de l'habitation, c'est-à-dire auxquels correspond une situation « pure » de multiexposition. La voie ferrée devait de préférence être plus proche de l'habitation que la voie routière.

Enfin, en première approche, on a considéré qu'une différence de moins de 10 dB(A) (et si possible de 5 dB(A)) entre le bruit routier et le bruit ferroviaire (pour le jour ou la nuit) était nécessaire pour que le site d'enquête soit considéré comme multiexposé.

3. L'enquête nationale

Suite aux résultats de l'enquête exploratoire, et en tenant compte des enseignements apportés, une enquête nationale a été lancée. L'objectif de cette enquête était de connaître et d'évaluer la perception du bruit et de ses effets dans le contexte particulier de la multiexposition. Rappelons que cette situation se caractérise par une exposition simultanée des riverains à deux sources de bruit de transport différentes, ici : le bruit routier et le bruit ferroviaire.

3.1. Le déroulement de l'enquête

Après un appel d'offre effectué auprès de différents organismes de sondage, la passation du questionnaire a été réalisée par la SOFRES[1] Cet organisme possède un important réseau d'enquêteurs couvrant l'ensemble de la France.

L'enquête s'est déroulée du 20 Octobre au 22 Novembre 1997. 41 enquêteurs ont été mobilisés pour sa réalisation. 701 personnes ont été interviewées par questionnaire, à partir d'un potentiel de 2050 habitations repérées dans 61 sites eux-mêmes répartis dans 16 départements.

Un enquêteur unique était dédié à chaque site. Il disposait d'une fiche descriptive et de deux plans du site. La fiche fournissait des informations sur la localisation géographique précise du lieu à enquêter, sur l'habitat (type, situation par rapport aux voies, distances aux voies) et sur les riverains à enquêter (potentiel, noms des rues,...). Les plans (extraits des cartes IGN au 1/25 000) permettaient de visualiser le site ainsi que les habitations à enquêter.

Pour chaque site, les consignes étaient de ne pas y rester plus d'une semaine et d'y réaliser au moins 10 enquêtes. Par ailleurs, un seul questionnaire par foyer devait être effectué. En outre, il était demandé aux enquêteurs, lorsque plusieurs personnes habitaient un même immeuble, de les choisir à des étages différents : en effet, le niveau de bruit et sa perception sont variables en fonction de l'étage.

Enfin, la SOFRES transmettait quotidiennement à l'équipe de techniciens[2] les coordonnées des personnes ayant accepté qu'une mesure de bruit soit réalisée à leur domicile.

3.2. Les sites d'enquête

L'ensemble des sites d'enquêtes a été repéré au cours du printemps-été 1997. Ils ont chacun fait l'objet d'une fiche descriptive (voir Annexe 2) destinée aux enquêteurs, accompagnée de plans au 1/25 000 (Cartes IGN). Trois critères de sélection des sites ont été fixés au vu des résultats de l'enquête exploratoire [25]. Rappelons que pour qu'un site puisse être retenu, il fallait :

- que le niveau de trafic soit au minimum de 5 000 véhicules par jour (TMJA) pour le bruit routier, le minimum fixé en bruit ferroviaire étant de 50 trains par jour.

- que l'habitat soit, en priorité, situé face aux 2 infrastructures (et non entre les 2) afin de permettre l'évaluation d'une situation « pure » de multiexposition. Une autre condition, qui a été plus difficile à respecter, était que la voie ferroviaire soit plus proche de l'habitation que la voie routière, c'est-à-dire au premier plan.

- que les contributions sonores de chacune des sources ne soient pas trop éloignées l'une de l'autre. Cette condition résulte aussi des deux précédentes. Une différence de moins de 10 dB(A), si possible de 5 dB(A) entre le bruit routier et le bruit ferroviaire (pour le jour et la nuit) est nécessaire pour que le site d'enquête soit considéré comme multiexposé.

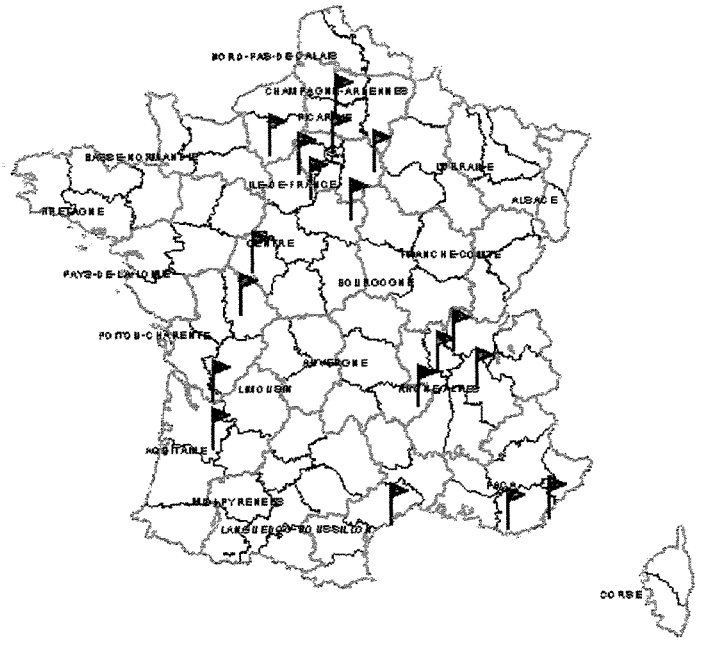
Pour la réalisation de l'enquête, 61 sites multiexposés ont finalement été retenus. La carte 1 ci-après permet de visualiser leur répartition géographique[3].

[1] SOFRES, 16 rue Barbès, 92129 MONTROUGE Cedex

[2] Ce sont les techniciens de mesure de l'INRETS-LTE et de l'Agence d'essais ferroviaires de la SNCF qui ont réalisé l'ensemble des mesures acoustiques.

[3] Les 18 « fanions » représentés sur la carte correspondent aux 18 « zones » d'enquête définies dans le tableau 3.

Carte 1 : Répartition géographique des 18 « zones » d'enquête



Le nombre de sites est élevé pour deux raisons. D'une part, ce sont souvent de petits sites (potentiel à enquêter inférieur à 10), que l'on peut regrouper car proches (sur une même route nationale 2 ou 3 sites au faible potentiel se suivent). D'autre part, l'enquête exploratoire avait déterminé un certain nombre d'exigences à respecter pour le repérage des sites. Suivre ces instructions permet d'homogénéiser les sites, mais augmente aussi le degré d'exigence et donc limite le choix.

Le tableau 3 est un récapitulatif des sites repérés pour l'enquête.

Tableau 3 : Récapitulatif des sites repérés pour l'enquête

Repérage	Département	Zone	N° du site	Nom du site	Trafic fer	Trafic route	Potentiel logements
SNCF	Marne-51	1	103	Dormans	128	3800	14
SNCF	Marne-51	1	104	Port à Binson	128	3000	40
SNCF	Marne-51	1	105	La Chaussée de Damery	128	3000	27
SNCF	Oise-60	2	106	Précy sur Oise	66	8500	27
SNCF	Oise-60	2	107	Villers sous st Leu	66	12000	39
SNCF	Oise-60	2	108	St Leu d'Esserent	66	11500	15
SNCF	Yvelines-78	3	109	Triel sur Seine	81	8500	80
SNCF	Yvelines-78	3	110	Vaux sur Seine	81	7500	35
SNCF	Eure-27	4	111	Jeufosse	128	7500	19
SNCF	Eure-27	4	112	Petit Val	128	7500	17
SNCF	Eure-27	4	113	St Marcel	128	13500	17
SNCF	Eure-27	4	114	Mestreville	128	13500	47
SNCF	Eure-27	4	115	Le Goulet	128	13500	26
SNCF	Yvelines-78	5	116	les Essarts le roi	171	40000	27
SNCF	Yvelines-78	5	117	Rambouillet	171	30000	28
SNCF	Yvelines-78	5	127	Briis sous Forges	139 (TGV)	68000	27

SNCF	Yvelines-78	5	128	Bajolet	139 (TGV)	68000	35
SNCF	Yonne-89	6	126	Champigny - Petit Chaumont	156	12000	28
SNCF	Yonne-89	6	122	Michery	177 (TGV)	8000	11
SNCF	Yonne-89	6	123	Malay le grand	177 (TGV)	4500	6
SNCF	Yonne-89	6	124	Malay le petit	177 (TGV)	4500	19
SNCF	Vienne-86	7	130	Jaunay-Clan	138	15000	30
SNCF	Vienne-86	7	131	Dangé St Romain	134	10000	34
SNCF	Vienne-86	7	132	Les Ormes	134	10000	51
SNCF	Loir et Cher-41	8	133	Amboise - Pillaudières	113	7000	11
SNCF	Loir et Cher-41	8	135	Les Grouêts	113	5000	51
SNCF	Gironde-33	9	140	Les Eglisottes	116	7800	48
SNCF	Gironde-33	9	141	Les Brûleries	116	6700	43
SNCF	Gironde-33	9	142	Les Peintures	116	4500	18
SNCF	Gironde-33	9	143	Bel air	149	6700	22
SNCF	Gironde-33	10	145	Portets-Arbanas	83	12000	63
SNCF	Gironde-33	10	146	St Macaire	70	7500	44
SNCF	Gironde-33	10	147	Caudrot - Pas de St Georges	70	7500	25
SNCF	Gironde-33	10	148	La Réole	70	7500	45
SNCF	Gironde-33	10	149	Nicole	65	6500	39
SNCF	Gironde-33	10	150	Port Ste Marie	65	6500	60
SNCF	Oise-60	11	136	Longueuil Ste Marie	102 (TGV)	52000	52
SNCF	Somme-80	11	137	Maurepas	102 (TGV)	48500	8
SNCF	Pas de Calais-62	11	138	Roeux	78 (TGV)	34500	19
INRETS	Drome-26	12	201	Tain	172	20000	21
INRETS	Drome-26	12	203	La Coucourde	182	18000	40
INRETS	Drome-26	12	232	Ponsas-Quartier Le Caire	172	20000	9
INRETS	Drome-26	12	233	Erôme-Clos des Coquelicots	172	20000	6
INRETS	Drome-26	12	234	Gervans-Guigognière	172	20000	15
INRETS	Isère-38	13	206	St Egrève	105	25000	25
INRETS	Isère-38	13	208	St Martin le Vinoux	105	25000	60
INRETS	Isère-38	13	209	St Egrève-échangeur	105	25000	72
INRETS	Isère-38	14	213	Rufieu-Nivolas Vermelle	161	7600	18
INRETS	Isère-38	14	213b	Bourgoin-Jallieu-Boussieu	78	7600	15
INRETS	Ain-01	15	214	Virieux le grand	161	4500	17
INRETS	Ain-01	15	215	Rossillon	161	7500	6
INRETS	Ain-01	15	218	Pont d'Ain	142	11500	30
INRETS	Ain-01	15	235	St Rambert en Bugey-Serrières	161		27
INRETS	Ain-01	15	236	St Rambert en Bugey	161		60
INRETS	Alpes-Marit.-06	16	219	Les Bréguières/Cagnes	128	80000	92
INRETS	Alpes-Marit.-06	16	220	Cros de Cagnes	128	80000	120
INRETS	Alpes-Marit.-06	16	221	Antibes	128	30000	36
INRETS	Var-83	17	224	Vidauban/Péade Bourgadel	77	35000	20
INRETS	Var-83	17	225	Sollies-Ville Le Logis neuf	119	8400+9500	15
INRETS	Var-83	17	226	La Farlède	119	8400	42
INRETS	Bouches-du-R.-13	17	228	Aubagne-Le Charrel	120	103000	22
INRETS	Bouches-du-R.-13	17	230	Vitrolles-Les Tribales	181	13000	12
INRETS	Hérault-34	18	231	Saint Brés	168	14500	23

Ce tableau indique que :

- les 61 sites repérés se répartissent en 18 « zones » sur 16 départements différents,

- le potentiel repéré était au total de 2050 habitations,
- le trafic ferroviaire est compris, selon les sites, entre 65 trains par jour (en Gironde) et 172 trains par jour (dans la Drôme),
- le TMJA (pour la route, il s'agit du trafic moyen journalier annuel) est compris entre 3000 (pour 2 sites dans le département de la Marne) et 80 000 véhicules par jour (dans les Alpes Maritimes).

3.3. Le questionnaire

3.3.1. Les exigences du questionnaire

Le questionnaire doit répondre à un certain nombre d'exigences quant à son contenu mais aussi à sa forme. En effet, des objectifs précis tels que : qualifier de manière détaillée du point de vue de la gêne ressentie, les situations de multiexposition, choisir le descripteur acoustique le mieux adapté dans ce type de condition, analyser les interactions entre deux types de gêne (ici gêne routière et gêne ferroviaire) ... ont été posés. En outre, les contraintes classiques de la construction d'un questionnaire qui sont : sa convivialité, la diversité de présentation des questions, sa compréhension, sa longueur ... et qui sont indépendantes de l'objet de l'étude devaient être également respectées.

Par ailleurs, les conclusions de l'enquête exploratoire ont, en particulier, mis en évidence :

- la nécessité de davantage se recentrer sur la perception de la combinaison des 2 sources (pour éviter le piège d'une étude sur deux monoexpositions), en particulier en accentuant la description de l'environnement sonore non pas en termes de sources différenciées mais en termes de sources superposées, pour voir ainsi leurs effets conjoints, et éviter de les dissocier.
- l'importance de bien préciser les questions concernant la gêne. En effet, telles qu'elles étaient formulées les questions ne permettaient que partiellement de répondre aux objectifs et devaient donc être complétées en particulier en ce qui concerne la note de gêne totale et sa signification. En effet, cette note est-elle attribuée en pensant aux 2 sources, ou plutôt influencée par une source, ou encore par un moment ou une activité particulière ... ? C'est pourquoi il est nécessaire de faire préciser à quoi correspond cette note.

3.3.2. Description du questionnaire en fonction des thèmes abordés

Le questionnaire comprend 51 questions réparties en 3 thèmes. Un exemplaire figure en Annexe 3 de ce rapport.

a) La partie « historique » (ou parcours résidentiel)

Elle porte sur la chronologie de l'arrivée du ménage dans le logement. En d'autres termes, il s'agit de connaître :

- l'ancienneté dans le logement (Q1),
- les raisons du choix du logement actuel (Q2),
- les caractéristiques « sonores » de l'habitat précédent (Q6 bis, Q7, Q8)
- l'expérience par rapport au bruit routier, par rapport au bruit ferroviaire (Q9, Q9 bis, Q10, Q10 bis)
- la situation « sonore » au moment de l'installation dans le logement actuel (Q11, Q12, Q13, Q13 bis, Q13 ter)
- les hésitations éventuelles à venir s'installer dans le logement actuel (Q14, Q15).

b) La description/perception de l'environnement actuel

Dans cette partie sont regroupées les questions assez globales relatives à l'environnement du quartier, elles portent sur :

- un jugement global de celui-ci (Q3),
- les changements prioritaires souhaités (Q4) afin d'avoir une indication sur la façon dont se situe le bruit par rapport à d'autres nuisances telles que la pollution atmosphérique, ou encore l'insécurité et si le bruit est effectivement classé comme une priorité.
- une indication sur la bruyance du lieu d'habitation (Q5)

Un certain nombre de questions plus précises servent ensuite à décrire le bruit tel qu'il est perçu à partir du logement. Il s'agit :

- d'une estimation de la bruyance ressentie fenêtres fermées (Q16) et fenêtres ouvertes (Q16 bis), celle comparée entre bruit routier et bruit ferroviaire (Q18),
- de la perception comparée des deux types de bruit (l'un en fonction de l'autre) (Q17, Q18),
- de la description de chacun des types de bruit à l'aide d'antonymes (Q29, Q30),
- de la qualification du bruit global, c'est-à-dire résultant de la combinaison des 2 sources (Q40).

c) La gêne

Les questions relatives à la gêne due au bruit sont les plus nombreuses. Elles concernent différents domaines qui vont de la description, à la perception, à l'évaluation de celle-ci, en passant par les conséquences de la gêne en termes de comportements etc. ...

Ainsi, sont évoqués :

1) *la gêne globale et les gênes spécifiques (c'est-à-dire relative à chacune des sources bien différenciée)*

- le niveau de gêne pour chacune des sources de gêne, et, de manière globale (Q21, Q22, Q23, Q33, Q41, Q42, Q43),
- la description des moments de gêne (Q34, Q35, Q36, Q38, Q39),
- l'origine de la gêne : la description de ce qui est gênant dans le bruit entendu (Q28), et ce qui est gênant parmi les différents types de véhicules (Q31),
- l'habituation au bruit (Q44),

2) *Les effets sur les activités au domicile et à l'extérieur*

- l'utilisation des espaces extérieurs (Q20),
- les différents comportements liés à la gêne due au bruit : l'ouverture/fermeture des fenêtres (Q26 et Q27), le sommeil, l'écoute de la radio ou de la télévision, la concentration, l'utilisation du téléphone (Q32).

3) *Les comportements induits*

- la modification de l'usage de certaines pièces (Q46, Q46 bis),
- les équipements d'isolation (RS16),
- l'intention de déménager (RS23),
- la prise de somnifères ou de médicaments (RS24).

d) Les scénarios

C'est un essai avec une forme nouvelle de questionnement. On a présenté des situations hypothétiques qui traduisaient des changements dans l'environnement sonore (moins de

trains, plus de véhicules ou l'inverse par exemple). Ce sont des contextes crédibles (non fantaisistes ou irréalistes) et l'on demande aux personnes interrogées d'adhérer à ces situations imaginées. La question portait sur la comparaison entre deux situations opposées, le but étant de faire révéler des préférences, des choix entre les deux situations.

e) Les facteurs non acoustiques explicatifs de la gêne

Il s'agit de facteurs dont on sait qu'ils n'ont aucun effet sur les niveaux sonores mais, par contre, peuvent expliquer le niveau de gêne exprimée.

1) *les facteurs individuels*

L'âge, le sexe, l'activité professionnelle, le niveau d'étude, la sensibilité au bruit, la présence au domicile, le mode de transport utilisé, ou encore la taille du ménage, le statut d'occupation du logement, l'appartenance à une association de lutte contre le bruit, sont autant de variables dont on sait qu'elles peuvent avoir une influence sur les réponses concernant la gêne due au bruit. Elles figurent donc dans ce questionnaire.

2) *les facteurs liés à l'habitat*

Un certain nombre de questions portent aussi sur la description de l'habitat. Il s'agit : du type d'habitation, de l'étage, du nombre de pièces, de la distance de l'habitation par rapport aux voies, de l'exposition des différentes pièces par rapport aux voies, de l'exposition des espaces extérieurs par rapport aux voies.

3.3.3. Description du questionnaire en fonction du type de question proposé

- ***la première page : présentation et filtre***

Sur la première page du questionnaire figurent :

- *un paragraphe d'introduction* qui a pour but de préciser l'objectif et le mandataire de l'enquête. Le mandataire était l'INRETS, organisme public de recherche, (non impliqué dans l'exploitation des lignes ferroviaires ou de voies routières), et non pas la SNCF, afin de ne pas influencer les réponses des personnes interrogées. Ce paragraphe précisait aussi l'usage uniquement statistique et bien sûr confidentiel devant être fait des réponses obtenues. Il a été lu par l'enquêteur avant de commencer la passation du questionnaire proprement dit.

- *une question filtre* : la nécessité d'habiter le lieu de l'enquête depuis au moins un an est une condition classique de ce type d'enquête. Il est effectivement important que les personnes interrogées aient eu le temps de s'installer, de vivre dans leur logement durant les différentes saisons par exemple ...

- ***les questions fermées***

Les modalités de réponses à ces questions sont de plusieurs sortes :

- le choix unique : il s'agit de demander à la personne de choisir une réponses et une seule parmi la liste ou l'éventail de réponses proposées. Les questions 4, 7, 8, 9 bis, 11, 23, 26, 27, 48, 49, et 50 entrent dans cette catégorie. Les questions comportant des modalités en « oui/non » appartiennent aussi à cette catégorie. Ce sont les questions 6 bis, 9, 10, 14, 19, 24, 25, 26 bis, 34, 36, 38, 39, 44, 46, et 47.

- le choix multiple : parmi un éventail de choix proposé aux sujets, plusieurs réponses sont possibles. Cette modalité de réponse concerne les questions 10 bis et 46 bis.

« oui/non » appartiennent aussi à cette catégorie. Ce sont les questions 6 bis, 9, 10, 14, 19, 24, 25, 26 bis, 34, 36, 38, 39, 44, 46, et 47.

- le choix multiple : parmi un éventail de choix proposé aux sujets, plusieurs réponses sont possibles. Cette modalité de réponse concerne les questions 10 bis et 46 bis.

- le choix multiple avec ordination des items : on demande aux sujets de choisir parmi une liste, le plus souvent 3 items et ensuite de les ordonner en fonction de la priorité accordée. Cette modalité s'applique aux questions 2, 28 et 31.

- les échelles : les questions 3, 5, 6, 16, 16 bis, 17, 18, 20, 21, 22, 29, 30, 32, 33, et 40 sont concernées par cette modalité de réponses bien que les échelles proposées soient de nature différente. Il s'agit, pour les personnes interrogées, de se positionner en termes d'intensité (peu, assez, très ...), de fréquence (souvent, occasionnellement ...), d'accord (pas du tout d'accord, plutôt d'accord, ...) ou encore sur une échelle d'intervalle (entre des antonymes par exemple).

- ***les questions ouvertes***

Ce sont les questions pour lesquelles aucune proposition de réponse n'est faite. La réponse donnée peut être une date, un nombre (de trains, d'années ...), une note (de gêne) une ou des raisons etc. Ceci s'applique aux questions 1, 12, 13, 13 bis, 13 ter, 15, 35, 37, 41, 42, 43, 45, 46 ter, et 51.

3.3.4. La passation du questionnaire

La passation du questionnaire s'est déroulée au domicile des riverains. Il s'agit donc d'entretiens menés en face à face. L'enquêteur pose chaque question et s'assure de sa bonne compréhension. Il remplit le questionnaire à partir des réponses de l'interviewé.

L'enquêteur était chargé de prendre contact avec les riverains. En cas d'absence, et pour faciliter un contact ultérieur, il devait déposer une lettre de présentation qui permettait d'informer sur : l'objectif de l'enquête, l'ordonnateur et les dates de passage au domicile. Les noms des personnes à contacter pour de plus amples informations figuraient aussi sur ce courrier.

Il s'agissait d'un questionnaire assez exigeant pour les personnes interrogées, leurs demandant beaucoup d'attention. Sa passation était donc difficile. Un cahier des charges très précis, reprenant chaque question, a été élaboré pour les enquêteurs.

3.4. L'échantillon enquêté

Des quotas de sexe, d'âge, d'activité ont été fournis aux enquêteurs. Ainsi les caractéristiques de l'échantillon devaient correspondre aux données suivantes :

- une répartition 50 % d'hommes et 50 % de femmes
- une présence dans le logement supérieure ou égale à un an,
- être âgé d'au moins 18 ans, et une bonne diversité en termes d'âge de manière à interroger de façon équilibrée des inactifs et des actifs devaient être respectées.
- en résumé : une bonne représentation de la population française en termes d'actifs/inactifs, d'âge et de sexe était souhaitée.

Le tableau 4 montre la répartition des questionnaires en fonction des sites et de leur potentiel ainsi que la réalisation des objectifs.

Tableau 4 : Répartition des questionnaires selon le potentiel du site et réalisation des objectifs

Département	Zone	N° du site	Nom du site	Potentiel logements	Objectif questionnaires	Réalisé	Ecart
Marne-51	1	103	Dormans	14	6	8	atteint
Marne-51	1	104	Port à Binson	40	14	16	atteint
Marne-51	1	105	La Chaussée de Damery	27	10	8	-2
Oise-60	2	106	Précy sur Oise	27	10	8	-2
Oise-60	2	107	Villers sous st Leu	39	14	10	-4
Oise-60	2	108	St Leu d'Esserent	15	6	8	atteint
Yvelines-78	3	109	Triel sur Seine	80	26	22	-4
Yvelines-78	3	110	Vaux sur Seine	35	12	18	atteint
Eure-27	4	111	Jeufosse	19	6	8	atteint
Eure-27	4	112	Petit Val	17	6	6	atteint
Eure-27	4	113	St Marcel	17	6	5	-1
Eure-27	4	114	Mestreville	47	16	16	atteint
Eure-27	4	115	Le Goulet	26	10	10	atteint
Yvelines-78	5	116	les Essarts le roi	27	10	12	atteint
Yvelines-78	5	117	Rambouillet	28	10	8	-2
Yvelines-78	5	127	Briis sous Forges	27	20	21	atteint
Yvelines-78	5	128	Bajolet	35	24	23	-1
Yonne-89	6	126	Champigny - Petit Chaumont	28	10	10	atteint
Yonne-89	6	122	Michery	11	8	1	-7
Yonne-89	6	123	Malay le grand	6	4	5	atteint
Yonne-89	6	124	Malay le petit	19	14	10	-4
Vienne-86	7	130	Jaunay-Clan	30	10	10	atteint
Vienne-86	7	131	Dangé St Romain	34	10	12	atteint
Vienne-86	7	132	Les Ormes	51	16	16	atteint
Loir et Cher-41	8	133	Amboise - Pillaudières	11	4	3	-1
Loir et Cher-41	8	135	Les Grouêts	51	16	17	atteint
Gironde-33	9	140	Les Eglisottes	48	16	16	atteint
Gironde-33	9	141	Les Brûleries	43	14	14	atteint
Gironde-33	9	142	Les Peintures	18	6	6	atteint
Gironde-33	9	143	Bel air	22	6	6	atteint
Gironde-33	10	145	Portets-Arbanas	63	20	21	atteint
Gironde-33	10	146	St Macaire	44	14	14	atteint
Gironde-33	10	147	Caudrot - Pas de St Georges	25	8	8	atteint
Gironde-33	10	148	La réole	45	14	17	atteint
Gironde-33	10	149	Nicole	39	12	11	-1
Gironde-33	10	150	Port Ste Marie	60	20	20	atteint
Oise-60	11	136	Longueuil Ste Marie	52	30	30	atteint
Somme-80	11	137	Maurepas	8	6	4	-2
Pas de Calais-62	11	138	Roeux	19	4	6	atteint
Drome-26	12	201	Tain	21	6	9	atteint
Drome-26	12	203	La Coucourde	40	12	11	-1
Isère-38	13	206	St Egrève	25	8	10	atteint
Isère-38	13	208	St Martin le Vinoux	60	20	42	atteint
Isère-38	13	209	St Egrève-échangeur	72	24	4	-20
Isère-38	14	213	Rufieu-Nivolas Vermelle	18	5	5	atteint
Isère-38	14	213b	Bourgoin-Jallieu-	15	6	6	atteint

			Boussieu				
Ain-01	15	214	Virieux le grand	17	2	2	atteint
Ain-01	15	215	Rossillon	6	2	2	atteint
Ain-01	15	218	Pont d'Ain	30	10	9	-1
Alpes-Marit.-06	16	219	Les Bréguières/Cagnes	92	30	28	-2
Alpes-Marit.-06	16	220	Cros de Cagnes	120	40	29	-11
Alpes-Marit.-06	16	221	Antibes	36	12	14	atteint
Var-83	17	224	Vidauban/Péade Bourgadel	20	6	6	atteint
Var-83	17	225	Sollies-Ville Le Logis *neuf*	15	4	4	atteint
Var-83	17	226	La Farlède	42	14	14	atteint
Bouches-du-R.-13	17	228	Aubagne-Le Charrel	22	6	6	atteint
Bouches-du-R.-13	17	230	Vitrolles-Les Tribales	12	4	4	atteint
Hérault-34	18	231	Saint Brés	23	8	10	atteint
Drome-26	12	232	Ponsas-Quartier Le Caire	9	2	2	atteint
Drome-26	12	233	Erôme-Clos des Coquelicots	6	2	2	atteint
Drome-26	12	234	Gervans-Guigognière	15	6	4	-2
Ain-01	15	235	St Rambert en Bugey-Serrières	27	2	2	atteint
Ain-01	15	236	St Rambert en Bugey	60	10	12	atteint
Total				*2050*	*708*	*701*	*-7*

Dans la plupart des cas, les objectifs fixés ont été atteints. Il semble que les habitants aient montré un grand intérêt à s'exprimer sur le bruit[4]. Deux sites ont cependant posé des problèmes. Il s'agit :

- du site 209 "Saint Egrève-Echangeur" où, sur un objectif de 24 questionnaires, 4 seulement ont été réalisés. En effet, il s'agissait d'une population essentiellement étrangère, parlant très mal le Français et ayant de grosses difficultés à répondre aux questions posées ;
- du site 220 "Le Cros de Cagne" où les enquêteurs ont été confrontés à une population de personnes âgées, en majorité féminine, qui par crainte ont refusé de répondre.

A la fin de l'enquête, 700 questionnaires exploitables, c'est-à-dire pour lesquels toutes les questions ont été remplies en fonction des consignes, avec l'adresse des interviewés précisées ainsi que le plan de situation de l'habitation par rapport aux voies, ont été remis à la SNCF par la SOFRES.

4. Évaluation de l'exposition au bruit

Parallèlement à la passation des questionnaires, les sites ont été caractérisés par les niveaux d'exposition au bruit de chaque source, et par le niveau global (route + fer). Les niveaux d'exposition au bruit ont été obtenus par mesures ou calculs, et sont exprimés en LAeq, sur différentes périodes.

[4] Joël COUDERT : Multiexposition - rapport méthodologique. SOFRES, Décembre 1997.

4.1. Choix des périodes d'exposition

Le choix des périodes sur lesquelles les niveaux sonores sont considérés est lié aux réglementations en usage en France. La réglementation française considère deux périodes : la période de jour (6h à 22h) et la période de nuit (22h à 6h). En revanche, la Directive européenne sur le bruit ambiant prévoit de considérer 3 périodes : le jour, d'une durée de 12h, la soirée, d'une durée de 4 heures, et la nuit, d'une durée de 8h, avec la possibilité de réduire la soirée d'une ou deux heures, et d'augmenter la période de nuit ou de jour. Quant aux heures, le début de la journée sera fixée par chaque état membre, et la valeur par défaut est 7h00. En définitive, on a retenu pour l'étude, les périodes suivantes : 6h-19h, 19h-22h, 22h-6h, et la période 24 h.

4.2. Méthode de mesure

Des mesures de bruit ont été réalisées dans chaque site d'enquête. Il s'agit de mesures de longue durée (24 h), à 2 m en façade d'habitation, et à 2 m du sol, conformément aux normes françaises (NF S 31 088 pour le bruit ferroviaire, et NF S 31 085 pour le bruit routier). Dans certains cas, ces mesures ont été complétées par des mesures de courte durée en façade ou en champ libre. Conformément à la norme NF S 31 088, des points de codage à proximité des voies ferroviaires ont pu également être réalisés afin de faciliter le dépouillement des mesures, et permettre d'évaluer les contributions respectives des bruits ferroviaire et routier.

L'ensemble des mesures ont été effectuées avec une période d'échantillonnage courte (Leq 1s), pour des conditions météorologiques moyennes permettant de valider les mesures (vents pas trop élevés, pas de pluie intense...). L'appréciation des conditions météorologiques est restée qualitative, dans la mesure où leur influence pouvait être négligée, la plupart des habitations étant situées à moins de 250 m des voies. En règle générale, les conditions météorologiques rencontrées présentaient les tendances suivantes : vent nul ou modéré, avec un temps nuageux ou couvert, voire légèrement pluvieux.

Les mesures (points de mesure et points de codage) ont été effectuées à l'aide de sonomètres intégrateurs moyenneurs SIP 95 de la société 01 dB. Elles ont ensuite été traitées avec le logiciel dBTrait de la même société.

4.3. Calcul par simulations

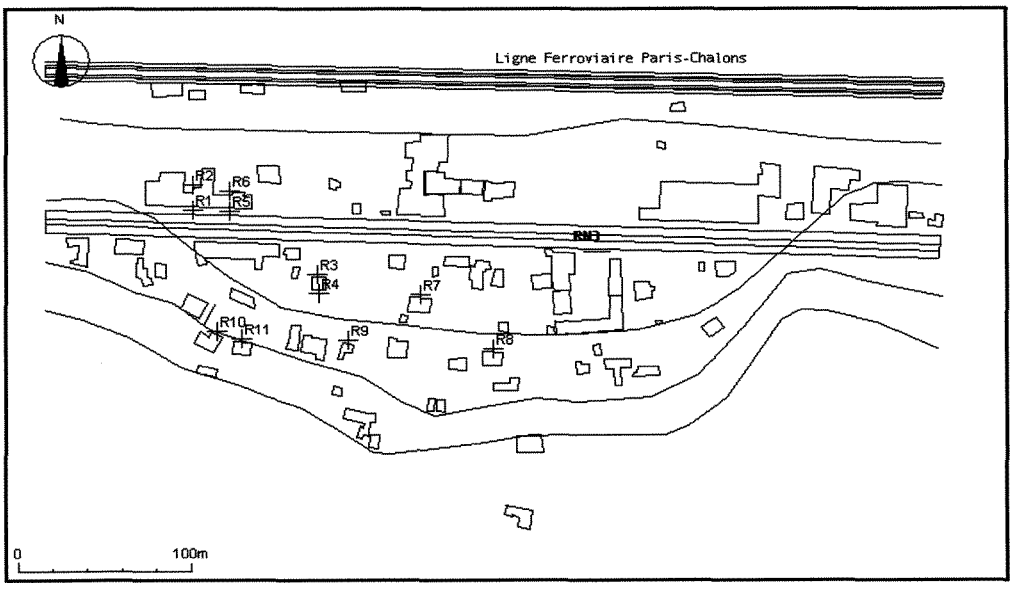
4.3.1. Principe

Afin de compléter les niveaux sonores mesurés, et de caractériser les sites enquêtés en d'autres points (façade de la chambre, lorsqu'elle n'est pas exposée, niveau sonore pour un étage donné, habitation n'ayant pas fait l'objet de mesures...), des simulations ont été effectuées à l'aide du logiciel de prévision des niveaux sonores Mithra-fer.

Dans certains cas simples (pas de dénivelés, pas d'obstacle de type écran...), l'utilisation du logiciel n'a pas été nécessaire, et une méthode plus simple (basé sur des relations géométriques simples entre le point de mesure et le site considéré) a été utilisée.

Une utilisation correcte du logiciel nécessite de définir avec précision le site à modéliser : topographie, emplacement du bâti, emplacement des voies ferrées et routières, nombre de voies... Les informations proviennent de plans du cadastre, de plans de lignes, de cartes au 1/25000ème (IGN), et d'informations obtenues sur le terrain.

Figure 1 : Exemple de modélisation sous Mithra (R : récepteur)
Site de Damery



Le trafic a également été caractérisé. Pour les routes, les données disponibles sont le pourcentage de poids lourds moyen, et le trafic moyen journalier annuel (TMJA) qui représente une moyenne journalière sur une année des débits (en nombre de véhicules par jour) tous véhicules confondus. Les données de trafic ferroviaire utilisées sont issues des graphes de circulations fournis par les postes de commandement et qui permettent de connaître les heures de passages des trains ainsi que leur type.

4.3.2. Méthode de recalage

Afin d'être certain que tous les paramètres de calcul correspondent bien au site étudié, et donc de valider les résultats obtenus pour les habitations n'ayant pas fait l'objet de mesures, il a été nécessaire de procéder dans un premier temps à un calcul aux points de mesure et d'ajuster certains paramètres pour faire coller le modèle à la réalité. Le recalage est considéré correct lorsque la différence entre le niveau calculé dans la configuration 24 h route+fer, et le niveau mesuré pour cette même configuration est inférieur à 2 dB.

Dans la mesure il était nécessaire de connaître les niveaux sonores sur différentes périodes de la journée, il a fallu déterminer un débit horaire du trafic routier, ainsi qu'un pourcentage de poids lourds, pour ces périodes. Pour le jour (6h-22h), et la nuit (22h-6h) (périodes de la réglementation française), on s'est appuyé sur les formules d'estimation présentées dans le projet de note d'information CETE/SETRA/CSTR du 18/12/97 : « Calcul prévisionnel de bruit routier : paramètres de trafic sur routes et autoroutes interurbains ». Ces formules ne sont applicables qu'à des infrastructures situées hors agglomération.

Les simulations ont été effectuées en appliquant la méthode NMPB 96 (nouvelle méthode de prévision du bruit, version expérimentale), en conditions homogènes de propagation. Ce dernier choix, qui consiste à ne pas prendre en compte les effets météorologiques (gradient et direction du vent, gradient de température), est possible dans la mesure où les distances sources-récepteurs sont faibles sur l'ensemble des sites étudiés. En effet, les effets météorologiques apparaissent pour des distances de propagation supérieures à 250 m.

Lorsque cela a été nécessaire, et hormis certains cas particuliers (trains de fret très longs ou rails non longs soudés), le recalage a été effectué par ajustement des vitesses du flot de véhicules routiers et de circulation des trains. Pour les quelques sites situés à proximité de feux de croisement, le caractère pulsé du trafic a été pris en compte.

4.3.3. Niveaux d'exposition des personnes enquêtées

Afin d'évaluer les niveaux sonores auxquels sont exposées les personnes enquêtées, on a associé à chaque habitation concernée un ou plusieurs récepteurs suivant la situation des voies routières et ferroviaires vis-à-vis de cette habitation. Dans le cas où les voies routières et ferroviaires sont situées du même côté de l'habitation, les calculs ont été effectués en un récepteur situé en façade exposée de l'habitation, et également en façade de la chambre (pour la période nuit) lorsqu'elle n'est pas sur la façade exposée. En revanche, le LAeq (24h) reste calculé sur la façade la plus exposée. Dans le cas où l'habitation est située entre les voies, un récepteur a été placé sur chaque façade exposée. Enfin, pour les habitations comportant des étages, les calculs ont été effectués à chaque étage. Dans tous les cas, les calculs ont été effectués à 2 m de la façade, en accord avec la réglementation française, et à 2 m au-dessus du sol pour les maisons individuelles.

Remarque : l'emplacement de la chambre étant pris en compte, il a été nécessaire, pour les habitations situées entre la route et la voie ferroviaire, de calculer la contribution ferroviaire côté route et inversement.

4.3.4. Niveaux de soirée

Si la réglementation française considère deux périodes de la journée (6h-22h et 22h-6h), il est intéressant, par référence au projet de Directive européenne sur le bruit ambiant, d'étudier les trois périodes : 6h-19h, 19h-22h, et 22h-6h. On détermine donc les niveaux jour (6h-19h) et soirée (19h-22h) à partir des niveaux jour (6h-22h). Les mesures de longue durée ont été dépouillées à nouveau, afin de séparer les contributions de la journée et de la soirée. Ces données ont permis de déterminer des facteurs correcteurs pour chaque site, qui permettent d'effectuer la même démarche à partir de résultats de simulation.

5. Constitution du fichier de données

Une fois saisi, l'ensemble des informations recueillies lors de l'enquête constitue une base de données exploitable. Néanmoins, avant d'utiliser ces informations, des moyens de vérification et de contrôle ont permis de valider les données acquises.

Dans un premier temps, 17 tests ont été effectués pour évaluer la cohérence des réponses essentiellement relatives à la gêne. Ils sont basés sur le recoupement des réponses aux questions liées à la bruyance, aux niveaux de gêne, aux échelles verbales ou numériques de gêne.

On peut citer comme exemple, le test de cohérence entre la question Q21 : « lorsque vous êtes à l'intérieur de votre logement, êtes vous...par le bruit routier » et Q41 : « note de gêne provoquée par le bruit routier pour l'ensemble des 24h ». A l'aide de ce croisement, les personnes se déclarant « pas du tout gênées » mais qui évaluent à 10/10, 9/10 ou 8/10 la note de gêne due au bruit routier sont jugées comme « incohérentes ».

Sur l'ensemble des 17 tests, les individus sont retenus comme potentiellement « aberrants » s'ils apparaissent incohérents au moins pour 2 tests.

Dans un second temps, on a modulé ou on a confirmé la suppression d'une personne en exploitant les informations disponibles. On s'est appuyé entre autres sur les remarques des enquêteurs qui décrivent des problèmes de compréhension ou d'aptitude au jugement (la surdité, le refus de réponses ou la mauvaise volonté, la méfiance...). Des éléments « polluant » et de « modulation » ont également été pris en compte. Il s'agit par exemple de la présence ponctuelle d'avions, ou de transport fluvial lorsqu'ils sont sources de bruit, ou encore de la présence d'isolation qui peut nuancer le jugement à l'intérieur de l'habitation.

En définitive, sur les 70 personnes identifiées au départ comme « aberrantes », seules 27 ont été jugées réellement « incohérentes » (4% de la population de départ) et ont été supprimées de la base de données pour éviter l'introduction d'un biais important dans les analyses effectuées.

En parallèle, le codage des questions ouvertes, le recodage ou le regroupement de modalités, la mise en classes de variables, des corrections d'erreurs de saisie (également isolées à la suite de tests), ou la confrontation des réponses avec la réalité (distance de l'habitation par rapport aux 2 voies, situation de l'habitation : entre ou face aux voies, dates de construction des voies, comparaison de l'âge des individus avec le nombre d'années d'habitation dans le quartier), permettent de consolider la base de données et améliore les possibilités d'exploitation.

Chapitre 3

Principaux résultats

1. Caractéristiques de la population enquêtée

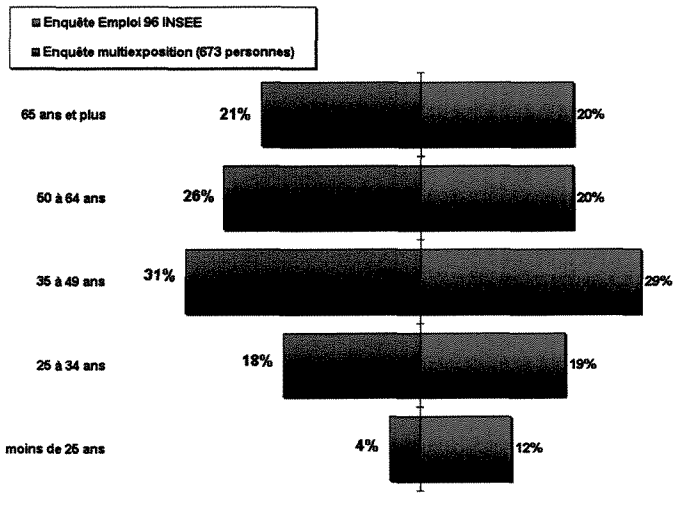
1.1. Les variables socio-démographiques

La population enquêtée (673 personnes) a été choisie de manière à respecter une répartition représentative de la population française pour les variables : âge, sexe et activité.

Age

Exceptés les moins de 25 ans faiblement représentés, et les 50 à 64 ans, légèrement sur-représentés, les catégories d'âge correspondent bien à une répartition proche de celle de l'INSEE (figure 2).

Figure 2 : Répartition de la population par tranche d'âge



Sexe et activité

L'échantillon enquêté est composé de 48 % d'hommes et de 52 % de femmes, et de 49 % d'actifs et 51 % d'inactifs qui se répartissent de la manière suivante :

- 6,5 % de chômeurs,
- 29 % de retraités ou préretraités,
- 1,5 % d'étudiants,
- 12 % de femmes au foyer,
- et 2 % sans profession.

Niveau d'étude

16 % de l'échantillon n'a aucun diplôme, 59 % ont un niveau d'étude inférieur ou égal au baccalauréat, et 25 % ont poursuivi des études supérieures.

Présence au domicile

50 % des enquêtés déclarent être « tout le temps » à leur domicile. Les 50 % déclarant n'être pas en permanence chez eux se répartissent de la manière suivante (tableau 5).

Tableau 5 : Fréquence de présence au domicile pour différentes périodes

	Toujours (%)	Assez souvent (%)	Jamais ou occasionnellement (%)
En matinée	8	16	74
L'après-midi	6	20	72
A midi	29	16	53
En soirée	65	24	10
La nuit	81	12	6
Le Week-end	52	33	14

De manière attendue, la présence est accrue en soirée et la nuit. Par ailleurs, il s'agit d'une population plutôt « captive », très peu absente de son domicile, notamment les week-end.

Mode de transport habituellement utilisé

Tableau 6 : Répartition de la population en fonction du mode de transport utilisé dans leurs déplacements

	Déplacements quotidiens (%)	Autres déplacements (%)
Voiture (conducteur)	59	52
Voiture (passager)	11	26
Train	4	8
Métro + bus + autocar	1+5+12=18	1+1+1=3
2 roues motorisées + vélo	2+5=7	1+2=3
A pieds	12	4

L'utilisation de la voiture est nettement dominante, et la population enquêtée apparaît très peu utilisatrice du train.

D'une manière générale, 77 % des personnes utilisent uniquement les transports individuels, 22 % les transports collectifs et individuels, et seulement 1 % uniquement les transports collectifs.

1.2. L'habitat

Type d'habitat et statut d'occupation:

59 % de la population enquêtée habitent une maison individuelle, 20 % une maison individuelle isolée, 18 % un immeuble et 3 % un HLM (dont 78 % entre le rez-de-chaussée et le 3ème étage). Elle est donc essentiellement périurbaine ou rurale.

68 % des enquêtés sont propriétaires de leur habitation ou en passe de l'être (6 %), 23 % sont locataires, et 3 % occupent leur logement à titre gratuit. Pour 98 % d'entre eux, il s'agit de leur résidence principale.

Situation de l'habitat

Dans la majorité des cas (72 % pour la voie routière, et 63 % pour la voie ferroviaire), les voies sont estimées assez proches des habitations, à moins de 100 m. 42 % de l'échantillon dit se trouver à une distance égale des voies ferrée et routière, 16 % estime la voie routière plus éloignée, et 42 % l'inverse.

Tableau 7 : Répartition en % des personnes en fonction de la distance déclarée de leur domicile par rapport aux voies ferrée ou routière

Distance à la voie ferroviaire / Distance à la voie routière	<10 m	10 à 50 m	50 à 100 m	100 à 200 m	200 à 500 m	>500 m	Total	Distance réelle à la voie routière
<10 m	4	11	3	3	1	0.5	22.5	16
10 à 50 m	2	17	8	4	2	1	34	44
50 à 100 m	0	5	6	4	1	0.5	16.5	21
100 à 200 m	0	2	4	5	2	0	13	11
200 à 500 m	0	1	0	1	6	1	9	8
>500 m	0	0	0	0	1	4	5	0
Total	6	36	21	17	13	7	100	
Distance réelle à la voie ferroviaire	5	34	33	22	6	0		

La comparaison des distances réelles mesurées sur les sites, et des distances estimées montre que l'estimation n'est pas toujours exacte, mais pas aberrante non plus. Les distances sont légèrement surestimées, puisque 5 et 7 % des personnes pensent être à plus de 500 m, alors que tous sont à moins de 500 m des voies.

87 % des personnes enquêtées voient l'infrastructure routière de son logement, et 81 % l'infrastructure ferroviaire. Enfin, 76 % voient les deux infrastructures, et 7 % aucune des deux.

Caractéristiques de l'habitat

Nombre de pièces : 20 % des enquêtés habitent un logement de 1 à 3 pièces, 49 % de 4 à 5 pièces, et 30 % de 6 pièces ou plus.

Nombre de personnes vivant dans le logement : 13 % des logements sont occupés par des personnes seules, 32 % par des personnes en couple, 38 % par un foyer de 4 à 6 personnes, et 12 % par des familles nombreuses de plus de 6 personnes.

Disposition des différentes pièces par rapport aux voies : Dans 61 % des cas, l'habitation est située face aux deux voies, et dans 39 % des cas, entre les deux voies. Les différentes pièces sont davantage orientées face à la voie routière qu'à la voie ferroviaire. Les pièces les plus fréquemment exposées face aux deux voies sont le salon, la salle à manger, et la cuisine (tableau 8).

Tableau 8 : Disposition des pièces de l'habitat par rapport aux voies routière et ferroviaire

Type de pièce	Côté route (%)	Côté fer (%)	Sur les deux (%)	Exposé différemment (%)
Chambre des parents	20	11	35	32
Salon	21	6	40	7
Salle à manger	20	7	38	8
Bureau	5	3	7	4
Cuisine	16	13	37	13
Autres pièces	1	2	4	90

A noter que le total par ligne peut être différent de 100 %, certaines personnes ne disposant pas de tous les types de pièces.

Espaces extérieurs et leur orientation : 86 % des habitations possèdent un balcon, une terrasse ou un jardin. Dans 50 % des cas, le jardin est exposé aux deux sources, et globalement, les espaces extérieurs sont plutôt orientés face aux deux voies (tableau 9).

Tableau 9 : Disposition des espaces extérieurs par rapport aux voies routière et ferroviaire

Parties extérieures	Côté route (%)	Côté fer (%)	Sur les deux (%)	Exposé différemment (%)
Jardin	4	11	47	12
Balcon	5	1	13	5
Terrasse	6	6	19	11

Equipements d'isolation : 64 % des habitations possèdent un équipement d'isolation. Dans 60 % des cas, il s'agit d'un vitrage épais (9 %), d'un survitrage (7 %), d'un double vitrage (42 %) ou d'une double fenêtre (2 %).

1.3. L'exposition aux 2 sources de bruit

Les niveaux sonores auxquels est exposée la population enquêtée présentent les caractéristiques suivantes, pour les différentes périodes étudiées (tableau 10).

Tableau 10 : Caractéristiques des niveaux sonores en dB(A)

Sources et Périodes	Indice	Moyenne	E.T.	Mini.	Max.	Q1	Q3
Bruit ferroviaire/ 24h		59	8	38	79	54	65
Bruit routier / 24h	L_{Aeq}	62	8	41	78	56	68
Bruit total / 24h	façade + exposée	65	6	49	79	61	70
Bruit ferroviaire /6h-19h		59	8	30	79	54	65
Bruit routier /6h-19h	L_{Aeq}	64	8	43	80	57	70
Bruit total / 6h-19h	façade + exposée	66	6	51	80	62	71
Bruit ferroviaire / 19h-22h		60	8	39	80	55	66
Bruit routier / 19h-22h	L_{Aeq}	61	8	39	78	55	67
Bruit total / 19h-22h	façade + exposée	65	6	48	80	61	70
Bruit ferroviaire / nuit (22h-6h)		52	11	30	78	45	61
Bruit routier / nuit (22h-6h)	L_{Aeq}	51	9	30	73	46	58
Bruit total / nuit (22h-6h)	chambre	58	9	30	78	52	64
Bruit ferroviaire / nuit (22h-6h)		58	9	33	78	53	65

Bruit routier / nuit (22h-6h)	L_{Aeq}	56	8	32	73	51	62
Bruit total / nuit (22h-6h)	façade + exposée	62	6	44	78	57	67
Bruit ferroviaire / 24h		65	8	43	85	61	71
Bruit routier / 24h	$Lden_{(0;5;10)}$	65	8	43	81	59	71
Bruits total / 24h	façade + exposée	70	6	52	85	65	74

I.C (95%) = intervalle de confiance à 95% de la moyenne; E.T. = écart-type, Q1 : quartile 1 (25%), Q3 : quartile 3 (75%)

Les personnes enquêtées ne sont pas toutes dans des situations d'exposition sonore identiques. Certaines sont plus fortement exposées au bruit ferroviaire, d'autres plus fortement exposées au bruit routier.

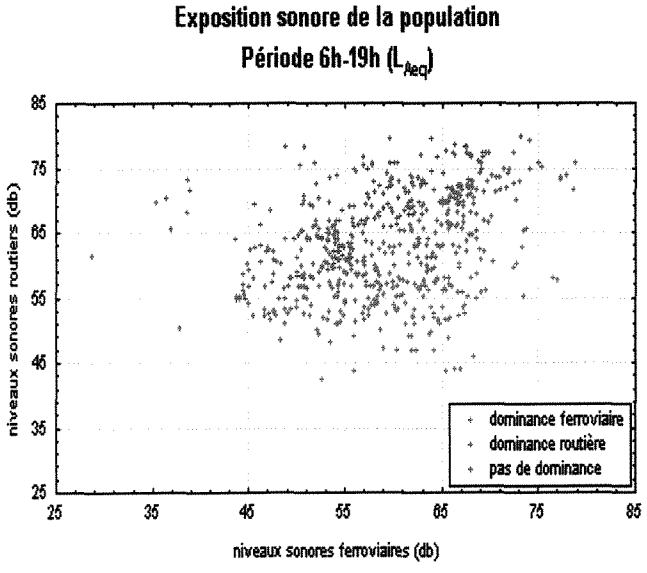
On parle alors de dominance routière ou dominance ferroviaire si le niveau sonore d'une source est supérieur d'au moins 5 dB(A) au niveau sonore de l'autre source.

Tableau 11 : Répartition de l'échantillon par rapport à la situation d'exposition

	Dominance ferroviaire		**Dominance routière**		**Pas de dominance**	
	effectif	**%**	**effectif**	**%**	**effectif**	**%**
Période 24h	126	19	282	42	265	39
Période 6h-19h	90	13	330	49	253	38
Période 19h-22h	155	23	215	32	303	45
Période 22h-6h (côté chambre)	236	35	196	29	241	36
Période 22h-6h (façade la plus exposée)	226	34	183	27	267	39

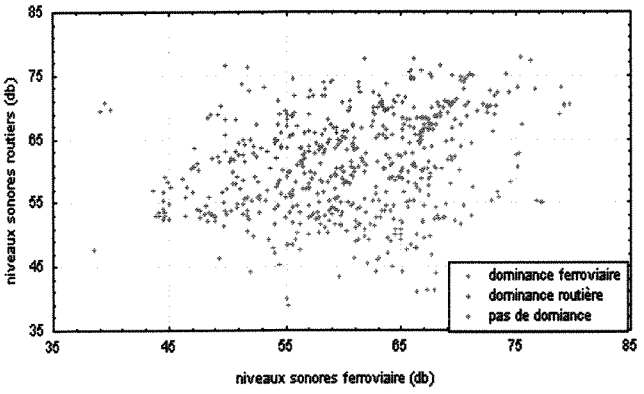
Sur 24h, la plus grande partie de l'effectif est exposée à une source de bruit à dominance routière ou sans dominance (tableau 11). Mais cette répartition diffère si l'on regarde les différentes périodes de la journée, avec notamment une augmentation de la dominance ferroviaire la nuit.

Les tableaux suivants concernant l'exposition au bruit routier et ferroviaire apportent des précisions sur la répartition des individus en fonction de leur classe de niveau sonore pour les différentes périodes.



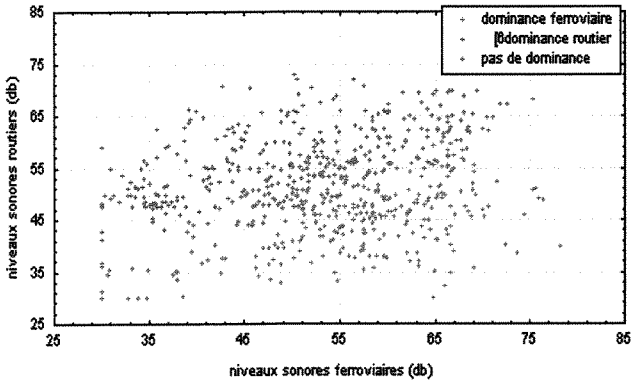
Niveau routier dB(A) 6h19h	**≥ 70**	17	15	43	72	28
	65-70	35	43	33	25	4
	65-60	64	32	26	14	4
	55-60	15	29	29	17	5
	<55	13	18	22	16	0
		<55	**55-60**	**60-65**	**65-70**	**≥ 70**
		Niveau ferroviaire dB(A) 6h19h				

Exposition sonore de la population
Période 19h-22h (L_{Aeq})



Niveau routier dB(A) 19h22h	**≥ 70**	10	10	30	29	36
	65-70	17	32	35	47	11
	65-60	30	40	30	29	6
	55-60	49	32	24	19	9
	<55	45	34	38	28	3
		<55	**55-60**	**60-65**	**65-70**	**≥ 70**
		Niveau ferroviaire dB(A) 19h22h				

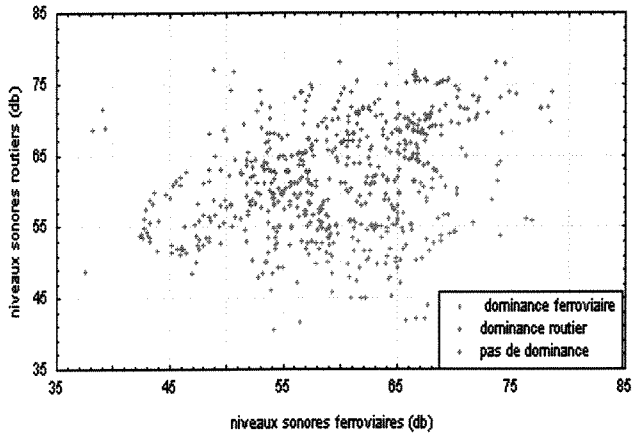
Exposition sonore de la population
Période nuit (22h-6h) (L_{Aeq})



Niveau routier dB(A) 22h6h (côté chambre)	**≥ 65**	8	10	8	19	23
	60-65	20	11	12	12	20
	55-60	30	24	17	15	22
	50-55	58	29	23	7	17
	<50	126	45	52	35	30
		<50	**50-55**	**55-60**	**60-65**	**≥ 65**
		Niveau ferroviaire dB(A) 22h6h				

Niveau routier dB(A) 22h6h (façade + exposée)	**≥ 65**	2	10	18	32	51
	65-60	8	13	36	25	41
	55-60	37	47	43	17	35
	50-55	35	17	34	15	19
	<50	24	14	34	39	27
		<50	**50-55**	**55-60**	**60-65**	**≥ 65**
		Niveau ferroviaire dB(A) 22h6h				

Exposition sonore de la population
Période 24 (L_{Aeq})



Niveau routier dB(A) 24h	**≥ 70**	10	13	36	44	26
	65-70	22	45	30	42	3
	60-65	46	37	27	23	5
	55-60	53	39	26	18	5
	<55	45	26	24	20	4
		<55	**55-60**	**60-65**	**65-70**	**≥ 70**
		Niveau ferroviaire (dBA) 24h				

1.4. Perception de l'environnement sonore

L'environnement actuel

Dans l'ensemble, les personnes enquêtées occupent leur logement depuis plusieurs années (12 ans ou plus pour la moitié d'entre elles), mais la plupart d'entre elles (86 %), n'ont pas toujours habité là. Elles sont plutôt venues s'installer pour des raisons professionnelles, et la majorité d'entre elles (85 %) déclarent ne pas avoir eu d'hésitations à s'installer dans leur logement actuel.

83 % des enquêtés trouvent leur quartier très agréable ou plutôt agréable ; néanmoins, 53 % trouvent le quartier plutôt bruyant ou très bruyant, et 60 % voudraient changer en priorité le bruit des infrastructures routière et ferroviaire. Enfin, 67 % répondent ne pas envisager de quitter leur quartier.

Gêne et sensibilité individuelle au bruit en général

20 % de la population interrogée se dit « pas du tout » gênée par le bruit, et 34% « un peu ». Mais, 19 % des personnes se disent être « très » sensibles au bruit, et 26 % « assez » sensibles.

L'expérience par rapport au bruit

57 % des personnes considèrent que leur lieu d'habitation précédent était moins bruyant que celui occupé actuellement. Pour 39 % d'entre elles, il s'agissait d'une ville de taille moyenne, et pour 23 % d'une grande agglomération. 44 % avaient l'expérience d'une voie routière (une route nationale, pour 38 % d'entre elles), et 75 % d'une voie ferroviaire (parmi elles, 32 % avaient l'expérience de trains de marchandises et voyageurs, et 31 % de TGV).

91 % des personnes disent s'être installées dans le site alors que les voies routières et ferroviaires existaient déjà, et 8 % avant la construction d'au moins une des voies.

En revanche, les habitants interrogés rencontrent des difficultés pour évaluer précisément la date de construction des voies routière et ferroviaire, les dates déclarées présentent une grande variabilité.

L'habituation au bruit

72 % des personnes interrogées se disent habituées au bruit routier, et 76 % au bruit ferroviaire (tableau 12).

Tableau 12 : Répartition de la population en fonction de leur habituation au bruit routier et ferroviaire

Résultats en %	Et habitués au bruit ferroviaire	Et non habitués au bruit ferroviaire	Total
Habitués au bruit routier	61	11	72
Non habitués au bruit routier	15	13	28
Total	76	24	100

Une majorité des personnes interrogées se disent habituées aux deux bruits (61 %). Elles sont légèrement plus nombreuses à s'accoutumer au bruit ferroviaire et non au bruit routier (15 %), que l'inverse (11 %). Près d'une personne sur sept (13 %) n'est ni habituée au bruit routier, ni habituée au bruit ferroviaire.

En résumé, les personnes interrogées jugent en général leur quartier agréable, mais bruyant, et plus bruyant que le précédent. Néanmoins, si 60 % des personnes voudraient voir des actions être prises pour réduire le bruit des infrastructures routières et ferroviaires, pour une majorité, ces infrastructures étaient déjà là lors de leur installation. 75 % des enquêtés ont une expérience du train, et 44 % de la route. Ils présentent dans l'ensemble une habituation forte aux bruits routier et ferroviaire, l'habituation étant plutôt plus prononcée pour le bruit ferroviaire. Enfin, 54 % se déclarent pas du tout ou peu sensibles au bruit, et 45 % assez ou très sensibles.

2. Evaluation individuelle des sources

Les situations de multiexposition sont souvent utilisées pour comparer les gênes relatives à des sources sonores différentes (fer et route ici). En effet, ces configurations présentent l'avantage de faire exprimer par les mêmes personnes le sentiment de gêne ressenti à l'encontre du bruit routier et du bruit ferroviaire. Ces personnes ont recours à des "notions identiques" pour les deux sources de bruit. Les sources sont alors considérées de la même manière qu'en situation de mono-exposition, même si les situations de multiexposition soulèvent des questions comme la "contamination" possible d'une source de bruit par l'autre source.

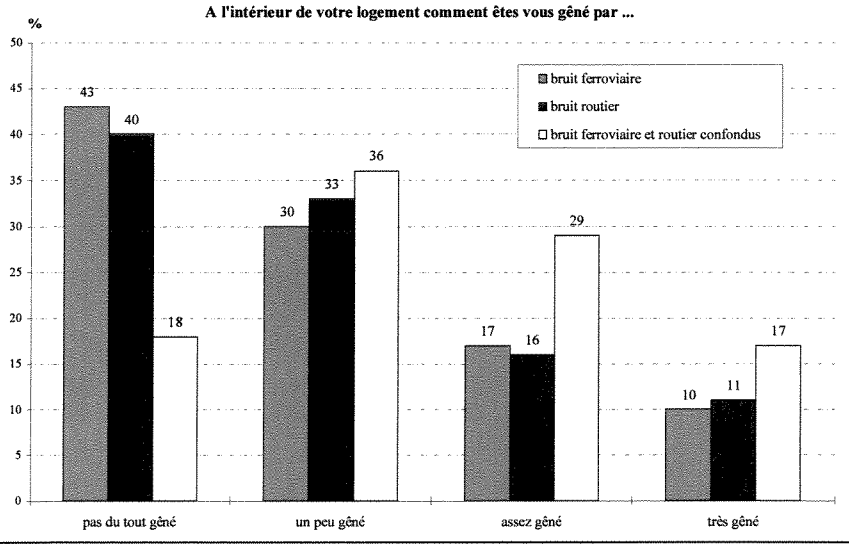
En se plaçant dans l'optique de comparaison des sources, cette partie présente les résultats de l'évaluation individuelle des bruits routier et ferroviaire.

Dans un premier temps, des résultats qualitatifs qui s'appuient sur des échelles de gêne verbales, et n'utilisent pas les niveaux sonores, présentent des tendances générales quant à la perception des bruits ainsi que des éléments de comparaison intéressants. Toutefois, ces tendances sont nuancées par l'étude des facteurs de modulation. Dans un second temps, des données plus quantitatives (échelles de gêne numériques et niveaux sonores) sont exploitées. Elles permettent notamment d'établir les relations dose-réponse et d'aborder les limitations d'une analyse individuelle (séparée) des niveaux de gêne relatifs à chaque source sans tenir compte de la multiexposition.

2.1. Tendances générales

Le contexte général est bien décrit par la figure 3 suivante.

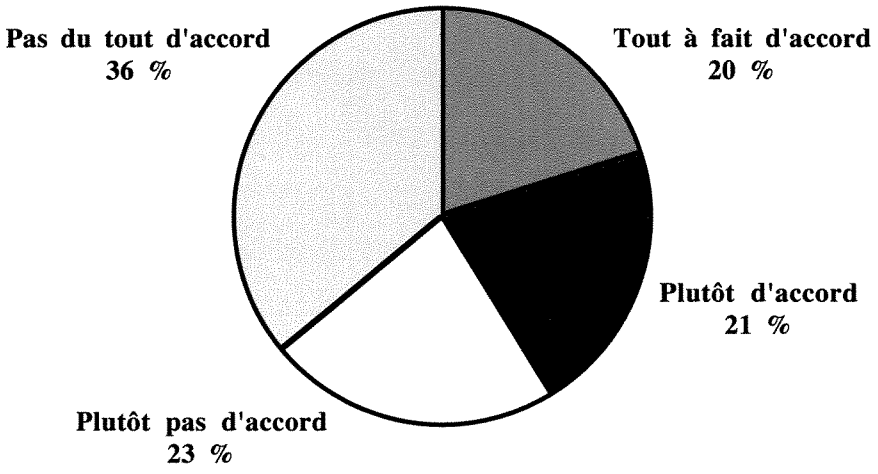
Figure 3 : Comparaison des réponses à la question : « à l'intérieur de votre logement comment êtes vous gêné par le bruit... »



Lorsque les niveaux sonores ne sont pas pris en compte, l'évaluation de la gêne due au bruit routier ou au bruit ferroviaire n'est guère différente. La gêne ferroviaire apparaît un peu moins importante, avec un % de personnes « pas du tout » gênées plus important. En revanche, le bruit global est considéré bien plus gênant que chaque bruit séparé. Seulement 18 % des personnes ont répondu "ne pas être du tout gêné" par le bruit global contre 43 % et 40 % pour le bruit routier et ferroviaire pris individuellement. Enfin, plus de 70 % des personnes interrogées déclarent être "un peu gêné" ou "pas du tout gêné" par chacun des bruits et plus de 50 % pour le bruit global.

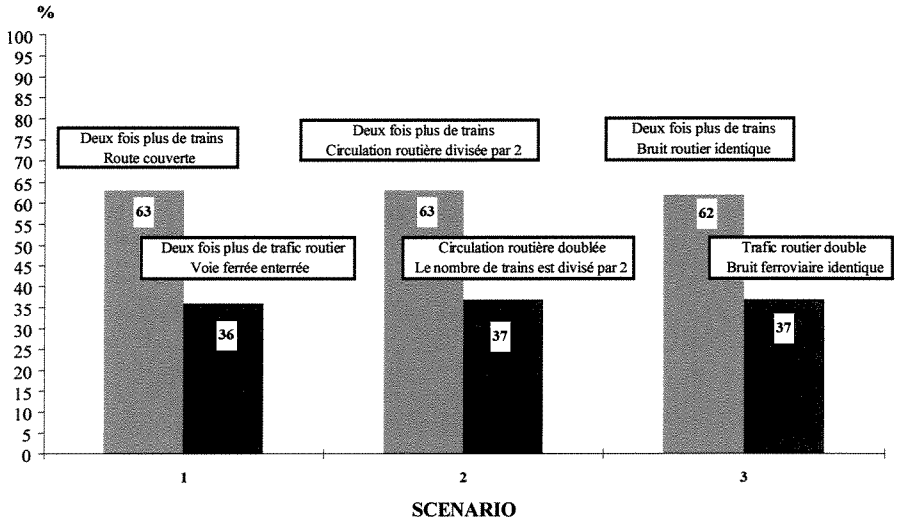
La comparaison fer/route fournit des résultats généralement plus marqués (fig. 4). 59 % des personnes interrogées jugent plus défavorablement le bruit routier que le bruit ferroviaire par rapport à son intensité sonore.

Figure 4 : Réponses en % à la question :
« le bruit routier est moins fort que le bruit du trafic ferroviaire »



De même, lorsque l'on demande aux riverains d'imaginer leur réaction face à des scénarios proposant des modifications des infrastructures routière et ferroviaire (en faveur soit du train, soit de la route), les choix sont sensiblement les mêmes pour les différents scénarios : les situations pour lesquelles le trafic ferroviaire est accentué au dépend du trafic routier sont nettement privilégiées (figure 5).

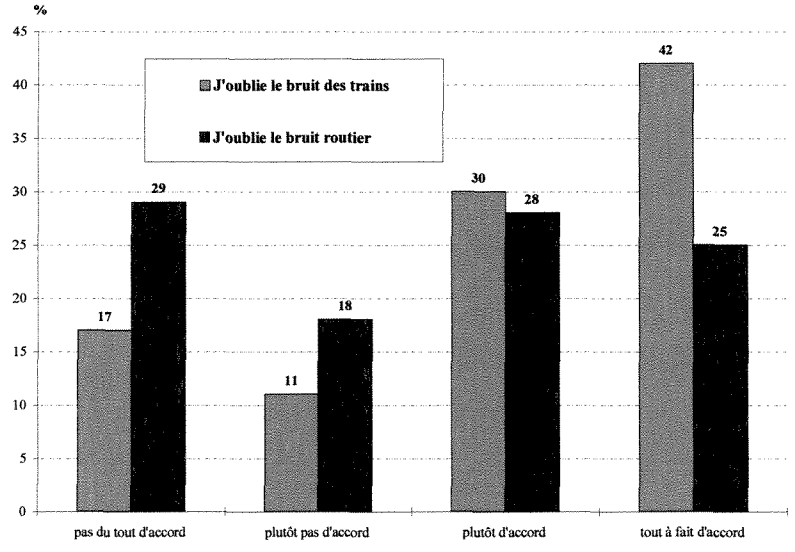
Figure 5 : Préférences / 3 scénarios alternatifs de réduction du bruit



Rappelons, par ailleurs, que plus de 70 % des personnes disent être habituées au bruit quel qu'en soit la source, et que l'on note une habituation au bruit ferroviaire légèrement supérieure. Le bruit des trains est, au vu des résultats (figure 6), un bruit que les individus oublient plus facilement que le bruit routier (42 % contre 25 % de « tout à fait d'accord »).

Lorsque l'on considère séparément chaque source, le bruit ferroviaire apparaît plus supportable que le bruit routier. Les personnes se disent moins dérangées par les « bruits » dus aux trains que par ceux dus à la circulation routière. Enfin, 60 % pensent que lorsqu'un train passe, on entend moins la route, alors que pour 26 % d'entre eux seulement, la route masque le train.

Figure 6 : Comparaison entre fer et route des réponses à la question « j'oublie le bruit ... »

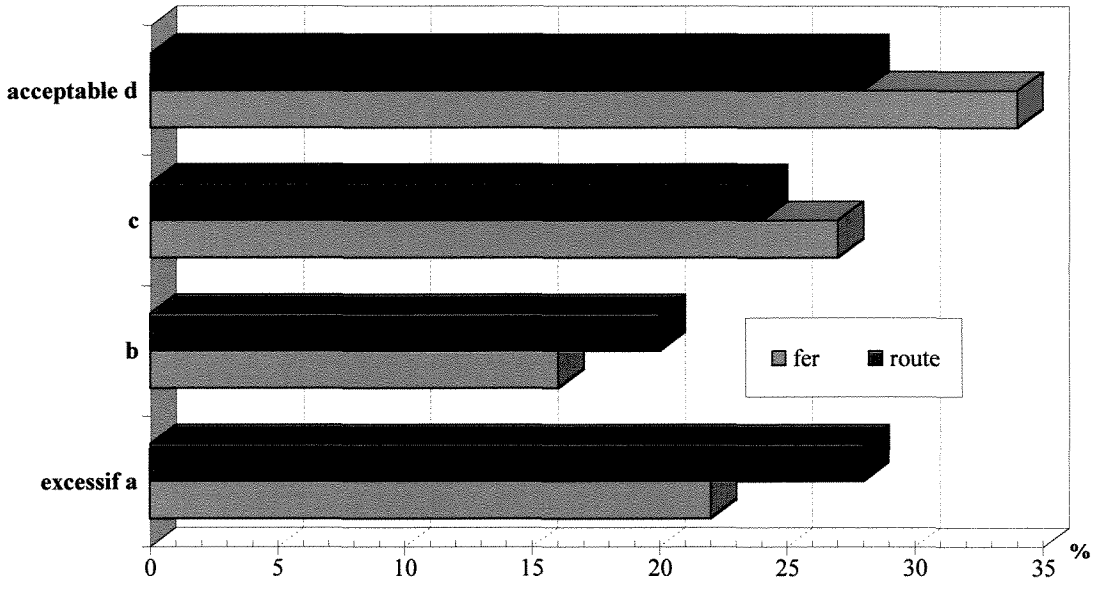


Ces résultats confirment une acceptation différente des deux sources de bruit. On trouve certains éléments de réponse lorsque l'on demande aux personnes enquêtées de caractériser ces deux sources par des séries d'adjectifs au sens opposé (antonymes).

La comparaison des réponses entre route et fer montre que les personnes ne ressentent pas les deux bruits de la même façon : le bruit ferroviaire est, à très large majorité, défini comme intermittent, et le bruit de la route comme un bruit permanent ; le bruit routier est jugé plus grave que le bruit ferroviaire ; il est également, pour plus de 50% des personnes, un bruit attendu, alors que la description du bruit ferroviaire, bien que plus nuancée, le définit plutôt comme un bruit surprenant.

En revanche, les deux bruits sont décrits comme plutôt forts, sonores, non changeants, sans différenciation entre les deux sources.

Figure 7 : Réponses à la question « le bruit de la voie ferrée ou de la voie routière est ... »



En revanche, le jugement est très nuancé, concernant la nature acceptable ou excessive des bruits routier et ferroviaire. Mais une différence significative entre fer et route apparaît, le bruit ferroviaire étant considéré plus acceptable que le bruit routier.

En résumé, le bruit ferroviaire est donc majoritairement défini comme intermittent, plutôt surprenant, et plus acceptable que le bruit routier. Ce dernier est jugé permanent, plus grave que le bruit ferroviaire, et attendu. De plus, l'ensemble des résultats (scénarios, caractéristiques...) montre que le bruit ferroviaire est mieux accepté que le bruit routier.

2.2. Facteurs de modulation

Certains résultats nuancent cependant la conclusion précédente. Lorsqu'on considère l'impact des deux sources de bruit sur les activités, il apparaît pour certaines d'entre elles une influence plus marquée d'une des 2 sources de bruit.

Conversation téléphonique et écoute de la radio et la TV : le bruit ferroviaire apparaît plus gênant pour ces activités. Le pourcentage de personnes gênées par le bruit ferroviaire est un peu supérieur pour la modalité « toujours » (13 % contre 9 % pour l'écoute de la radio et de la TV) et inférieur pour la modalité « jamais » (59 % contre 63 % pour la même question).

Conversation et concentration : Il est difficile de distinguer une différence entre les deux bruits pour ces activités. Une large majorité de personnes interrogées ne sont « jamais » gênées (environ 70 %).

Activités nocturnes : le bruit routier apparaît plus gênant que le bruit ferroviaire. Le pourcentage de personnes gênées (que ce soit « occasionnellement », « souvent » ou « toujours ») est, dans tous les cas, supérieur pour le bruit routier (pour l'endormissement comme pour l'éveil), alors que le pourcentage de personnes « jamais » gênées est toujours supérieur pour le bruit ferroviaire. Ainsi, concernant l'endormissement, 64 % ne sont « jamais » gênés par le bruit routier pour s'endormir (et 22 % le sont « occasionnellement »), contre 77 % (et 14 %) pour le bruit ferroviaire.

Utilisation des espaces extérieurs : Plus de 60 % des personnes considèrent ne « jamais » ou « occasionnellement » être gênées pour profiter d'une partie extérieure de leur habitation ou lors de leurs conversations extérieures. Néanmoins, le bruit routier apparaît plus gênant pour l'utilisation globale d'un espace extérieur (32 % pour le routier contre 24 % pour le ferroviaire, « assez souvent » et « toujours »). Le bruit ferroviaire lui est plus perturbant lors des conversations (40 % pour le ferroviaire, contre 32 % pour le routier « assez souvent » et « toujours »).

Ouverture des fenêtres : 62 % des personnes ouvrent leurs fenêtres aussi souvent qu'elles le souhaitent. Parmi les autres, 41 % citent le bruit routier comme un élément qui les empêche d'ouvrir les fenêtres à leur convenance, contre 10 % pour le bruit ferroviaire. Mais dans 43 % des cas, c'est le bruit global (fer + route) qui les en empêche. Quant aux 39 % de personnes habitant entre la voie ferrée et la voie routière, 28 % d'entre elles ouvrent plus fréquemment les fenêtres donnant sur la voie ferrée, contre 20 % sur la voie routière. Mais 51 % d'entre elles ouvrent leurs fenêtres indifféremment de l'exposition.

Modification de l'usage de certaines pièces : 14 % des personnes disent avoir modifié l'usage de certaines pièces de leur domicile. Parmi elles, 49 % ont modifié la chambre à coucher, 15 % le salon, 15 % la salle à manger... 57 % des personnes citent le bruit comme la première raison, avec 14 % pour le bruit ferroviaire, 26 % pour le bruit routier, et 5,8 %, pour les deux sources.

Les principales conclusions sont résumées dans le tableau 13. Une croix a été mise lorsque l'une des sources apparaît nettement plus gênante que l'autre pour une activité donnée. Lorsqu'il n'y a pas de croix, aucune tendance particulière n'a été mise en valeur.

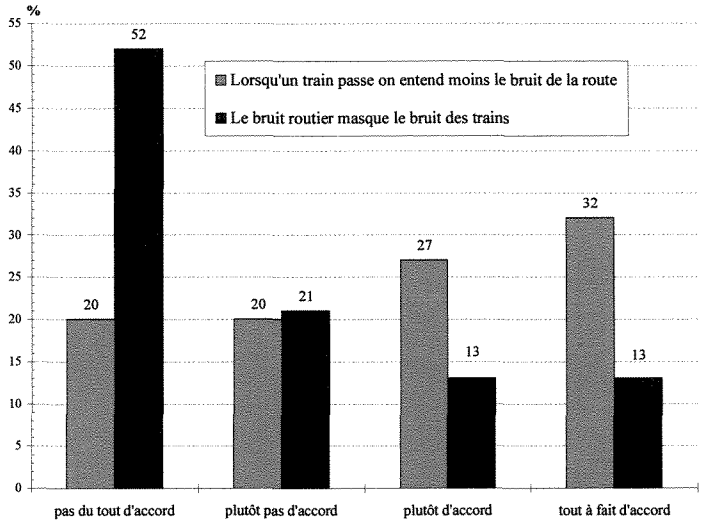
Tableau 13 : Gêne lors d'activités particulières

Activités	Perturbation plus importante due au bruit routier	Perturbation plus importante due au bruit ferroviaire
Ecoute de la TV et de la radio		X
Conversations téléphoniques		X
Conversations à l'extérieur		X
Conversations à l'intérieur	Pas de prédominance	Pas de prédominance
Concentration	Pas de prédominance	Pas de prédominance
Sommeil (endormissement - réveil)	X	
Ouverture des fenêtres	X	
Utilisation des espaces extérieurs	X	
Modification de l'usage de certaines pièces	X	

On constate une influence différente des sources de bruit selon les activités, avec une perturbation assez spécifique du bruit ferroviaire sur la communication : conversations à l'extérieur, ou conversations téléphoniques (le cas des conversations à l'intérieur étant moins marqué).

Le bruit routier quant à lui est plus perturbant pour les activités à l'extérieur en général, pour l'ouverture des fenêtres, et la nuit. Il est également plus cité comme cause de modification de l'usage des pièces.

Figure 8 : Comparaison des « phénomènes de masquage » pour les 2 sources



Un autre phénomène pouvant intervenir en situation de multiexposition est le masquage d'une source par l'autre. La figure 8 montre bien l'existence du phénomène en présence de bruit routier et ferroviaire, mais celui-ci reste difficile à interpréter en terme de comparaison et d'évaluation du bruit ferroviaire ou routier. On note que les personnes jugent à plus de 50 % que le bruit routier ne masque pas le bruit des trains. En revanche, le bruit ferroviaire apparaît comme un bruit plus masquant, mais le jugement est moins net (seulement 32 % des personnes sont "tout à fait d'accord" avec cette affirmation).

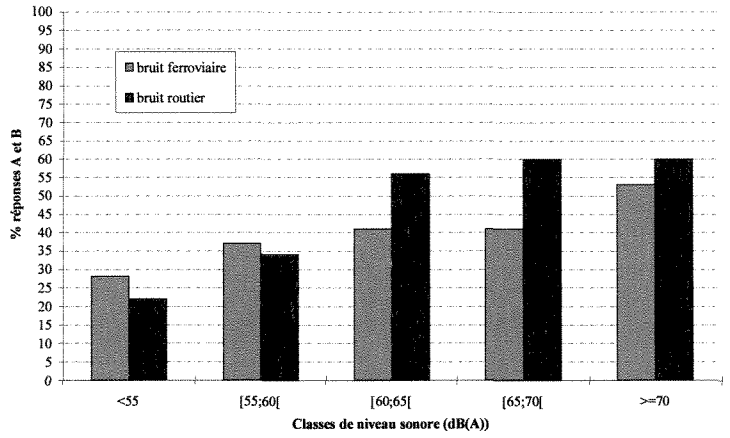
Le bruit ferroviaire étant globalement mieux accepté, ce phénomène de masquage peut être considéré comme positif, puisqu'un passage de train « réduit » la présence routière, néanmoins, il est difficile d'affirmer clairement cette position. Dans tous les cas, les phénomènes de masquage d'une source de bruit par une autre sont certainement une question à traiter de façon plus approfondie.

2.3. Croisement des résultats qualitatifs et des caractéristiques sonores

Le croisement des résultats présentés dans les paragraphes 2.1 et 2.2 avec les niveaux sonores et les situations d'exposition permet d'en affiner les conclusions. Les résultats de l'étude développés dans [27] montrent clairement que les individus enquêtés intègrent et évaluent assez correctement la dimension sonore globale. Ainsi, on trouve des liens entre l'évaluation de la « bruyance » de l'ambiance ou encore le jugement du quartier, et le niveau sonore global.

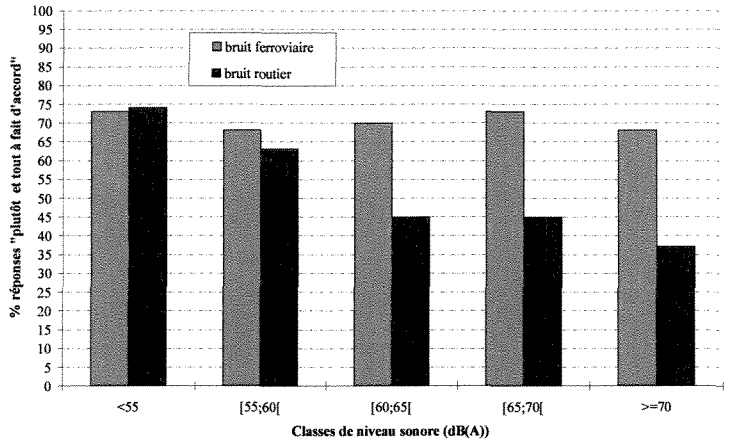
En fonction des niveaux de bruit de chaque source, il y a une certaine logique dans les réponses et une évolution significative de la perception, du jugement des deux types de bruit. Le bruit de la route est jugée d'autant plus permanent que le niveau est élevé. Le bruit du train initialement intermittent, est évalué de plus en plus permanent lorsque le niveau sonore augmente. De la même manière, le bruit, pour les deux sources, est estimé d'autant plus fort, sonore et excessif que le niveau est élevé (figure 9).

Figure 9 : Choix entre 2 adjectifs opposés : proportion de réponses A et B "bruit plutôt excessif" en fonction des niveaux sonores 24h



Ces résultats confirment ainsi le rôle important des niveaux d'exposition sonore auxquels les habitants sont soumis. Beaucoup de jugements sont liés aux niveaux de bruit routier et ferroviaire : par rapport à une augmentation ou une diminution des niveaux de bruit, les réactions sont modifiées et varient. Ainsi les réponses à la question « j'oublie le bruit des ... » (figure 10) dépendent fortement du niveau sonore pour le bruit routier, et très peu pour le bruit ferroviaire.

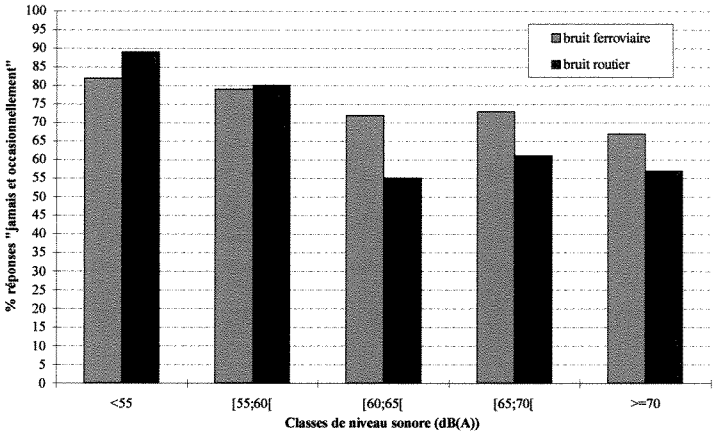
Figure 10 : « J'oublie le bruit des .... » : proportion de réponses "plutôt et tout à fait d'accord" en fonction des niveaux sonores 24h



La figure 10 confirme une des caractéristiques du bruit ferroviaire, à savoir une habituation importante, puisque le pourcentage des personnes en accord avec l'affirmation reste stable quel que soit le niveau sonore.

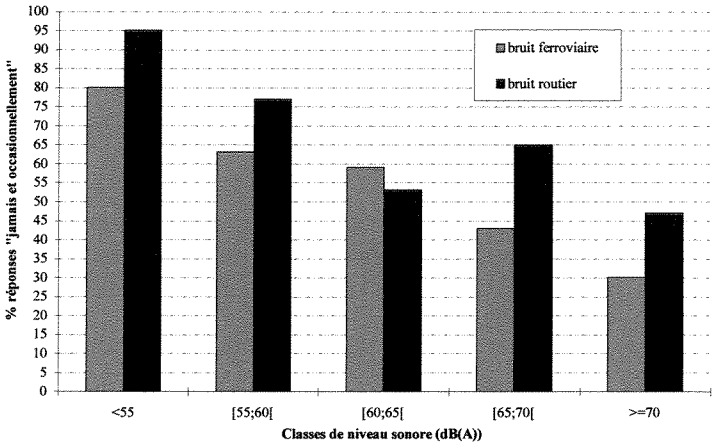
Certains comportements ou activités (ouverture des fenêtres, utilisation des jardins, conversations, réveil ou endormissement....) sont aussi fortement dépendants du niveau d'exposition (figure 11). Ainsi, l'ouverture des fenêtres est liée au niveau global, et également au jugement du bruit extérieur. Les conversations à l'extérieur et à l'intérieur sont très liées au niveau sonore des sources, avec toujours une gêne plus importante pour le bruit ferroviaire, dans le cas des conversations à l'extérieur (figure 12).

Figure 11 : « le bruit...m'empêche de profiter pleinement de mon jardin, balcon terrasse ... » : proportion de réponses "jamais et occasionnellement" en fonction des niveaux sonores 24h



De même, concernant l'utilisation des espaces extérieurs, et l'endormissement ou le réveil, si les gênes ferroviaire et routière augmentent avec le niveau sonore, la gêne ferroviaire reste toujours inférieure à la gêne routière, quel que soit le niveau sonore. Quant à l'usage du téléphone, et l'utilisation de la TV, la gêne routière reste inférieure à la gêne ferroviaire. Concernant la perturbation d'activités par le bruit, on retrouve les mêmes prédominances d'une source donnée sur les mêmes activités.

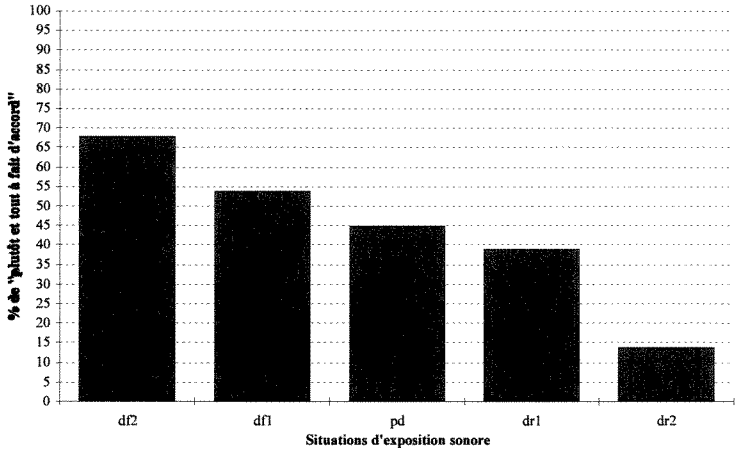
Figure 12 : « sur mon balcon, terrasse ou jardin, mes conversations sont perturbées par le bruit ... » : proportion de réponses "jamais et occasionnellement" en fonction des niveaux sonores 24h



Cependant, le niveau de chaque source n'est pas à considérer indépendamment. Les résultats concernant les comparaisons des deux sources de bruit, en fonction de la situation d'exposition montrent que la combinaison des deux bruits est également une dimension importante. On définit les situations sonores de la manière suivante : **df1** : fer > 5 dB(A), **df2** : fer > 10 dB(A), **dr1** : route > 5dB(A) **dr2** : route > 10 dB(A), **pd** : pas de dominance différence route fer entre 0 et 5 dB(A).

La situation d'exposition influence les jugements. Elle est sûrement encore plus pertinente lorsque l'on cherche à comparer bruit routier et bruit ferroviaire. A titre d'exemple, le jugement « le bruit routier est moins fort que le bruit ferroviaire » est très lié à la situation d'exposition (figure 13).

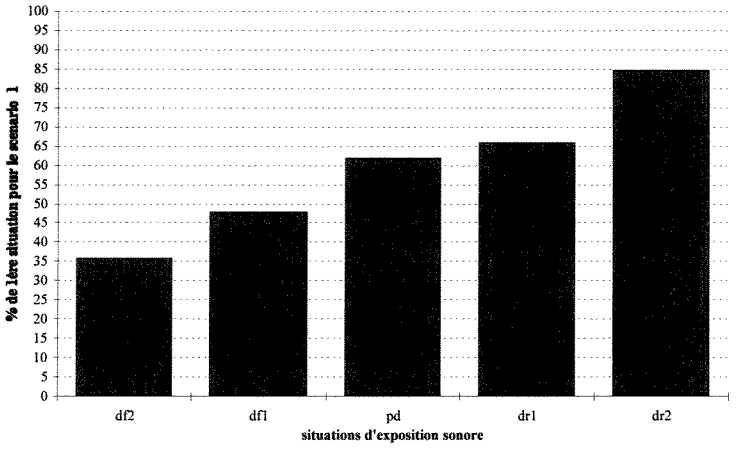
Figure 13 : « le bruit du trafic routier est moins fort que le bruit du trafic ferroviaire » : proportion de "plutôt et tout à fait d'accord" en fonction des situations d'exposition sonore



On note figure 13 une dissymétrie dans les pourcentages entre les situations à forte dominante ferroviaire et les situations forte dominante routière. En effet, si moins de 15 % considèrent le bruit ferroviaire comme au moins aussi fort que le bruit routier en situation de dominance routière, 32 % éprouvent un même sentiment en situation de dominance ferroviaire. Le fait que ces pourcentages ne soient pas identiques suggère une bruyance ressentie plus importante du bruit routier, voire une contamination du bruit ferroviaire par le bruit routier.

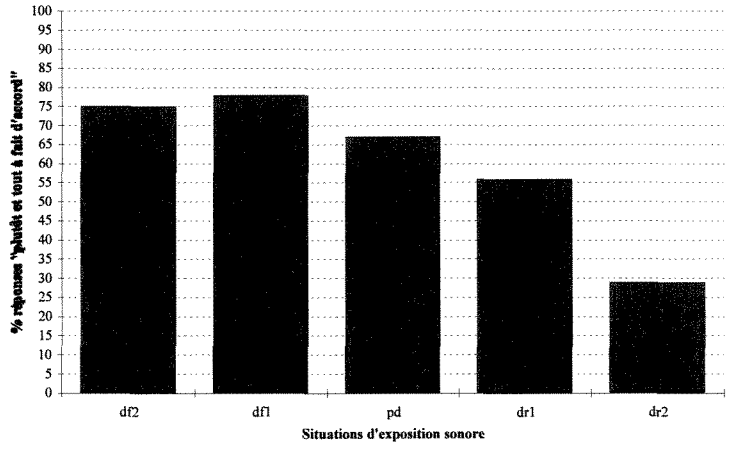
De la même manière, le choix des scénarios est très lié à la situation d'exposition (figure 14), ainsi que les phénomènes de masquage et de contamination (figures 15 et 16).

Figure 14 : SCENARIO 1 : proportion du choix de la situation 1 (2 fois plus de trains, pas de route) en fonction de la situation d'exposition



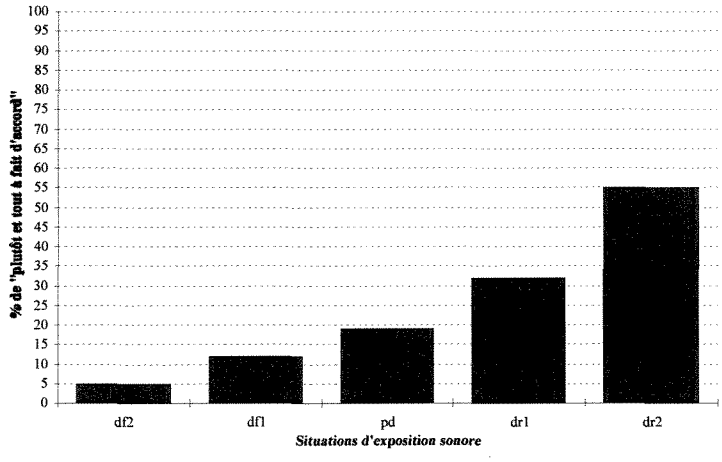
Ces résultats montrent de nouveau une liaison avec les situations d'exposition : le pourcentage de personnes d'accord augmente de la dominance ferroviaire (df2) à la dominance routière (dr2). Néanmoins, en df2, le pourcentage est déjà de 35 %, en df1, il est presque à 50 %, et dépasse 60 % dès la situation de non dominance. Ces résultats suggèrent une préférence pour plus de trains que pour plus de route

Figure 15 : « lorsqu'un train passe on entend moins le bruit de la route » : proportion de "plutôt et tout à fait d'accord" en fonction des situations d'exposition sonore



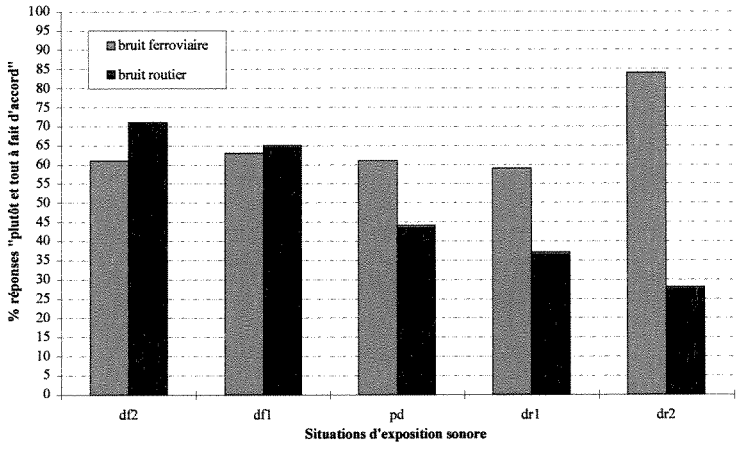
L'effet masquant du train est bien marqué figure 15, puisque ce n'est qu'en forte exposition routière (dr2), que le pourcentage de personnes d'accord devient inférieur à 50 %. La figure 16 appuie ce résultat, puisque la route masque le train, uniquement en dr2, et seulement pour 55 % des personnes.

Figure 16 : « le bruit routier masque le bruit des trains » : *proportion de " plutôt et tout à fait d'accord" en fonction des situations d'exposition sonore*



Pour le bruit routier, le pourcentage de personnes en accord avec l'énoncé figure 17 diminue régulièrement, de df2 à dr2. Au contraire, pour le bruit ferroviaire, le pourcentage est stable, toujours supérieur à 50 %, et augmente uniquement en cas de forte exposition routière, pour laquelle le pourcentage est très élevé. Ce résultat pourrait cacher un phénomène de contamination du bruit ferroviaire par le bruit routier, avec un pourcentage de personnes, en situation d'exposition routière faible, qui n'est pas plus important qu'en situation de dominance ferroviaire.

Figure 17 : « le bruit ... seul serait tout à fait supportable » : proportion de réponses "plutôt et tout à fait d'accord" en fonction des situations d'exposition sonore



L'ensemble de ces résultats montrent bien l'importance du niveau sonore, mais aussi des situations d'exposition sonore (dominance - non dominance). Ils modulent certaines conclusions précédentes, mais la majorité d'entre elles restent bien établies (habituation au bruit ferroviaire notamment).

2.4. Étude des relations entre niveaux de gêne et niveaux sonores – Relations dose-réponse

Après ces résultats qualitatifs, on compare maintenant de manière quantitative la gêne due au bruit routier et celle due au bruit ferroviaire. Pour cela, on établit des relations entre un niveau sonore et la gêne exprimée pour ce niveau, que l'on appelle les relations dose-réponse.

Ces relations dose-réponse permettent entre autres de répondre aux questions suivantes :

- comment évolue la gêne en fonction du niveau sonore d'une source ?
- pour un niveau sonore donné quelle est la gêne des personnes exposées à ce niveau ?
- à niveau sonore fixé la gêne est-elle la même dans le cas du bruit routier et du bruit ferroviaire ?

La « construction » des relations dose-réponse dépend en grande partie du type de données que l'on utilise. A ce propos, on peut trouver quelques recommandations pour :

- la mesure ou le système d'évaluation du niveau de gêne (échelle verbale ou numérique) [28 - 29 - 30], le choix des indices de bruit [30 - 31 - 32],

- l'établissement de relations dose-réponse [33].

Il est donc important de faire en premier lieu, dans ce chapitre, un point sur les informations disponibles (niveaux sonores et notes de gêne, composantes principales de la relation), sur les contraintes liées à la forme des données et sur les choix méthodologiques effectués, avant de présenter les résultats obtenus.

Composantes de la relation : niveaux sonores et notes de gêne

Niveaux sonores

Les niveaux sonores ferroviaire et routier sont disponibles pour les périodes 6h-19h, 19h-22h, 22h-6h, et 24h. Les indices de bruit utilisés sont le L_{Aeq} pour ces périodes, et le $L_{den\ (0\ ;5\ ;10)}$.

Notes de gêne

Pour évaluer leur gêne due au bruit routier ou ferroviaire, les personnes interrogées indiquent une note sur une échelle en 11 points, de 0 à 10. Les deux extrémités de l'échelle sont définies par : 0 = « pas du tout gêné » et 10 = « extrêmement gêné ». Cette échelle est utilisée pour les deux types de bruit (ferroviaire et routier) et les quatre périodes 6h-19h, 19h-22h, 22h-6h, et 24h.

L'exploitation des notations montre que l'échelle numérique est utilisée d'un extrême à l'autre (de 0 à 10), quelle que soit la source de bruit ou la période. Les notes moyennes sont de 4 ou 5, excepté la nuit, où la note moyenne est de 3. La variance est importante (σ=8) et les personnes interrogées n'ont pas utilisé toute l'étendue de l'échelle de notes. Les notes les plus utilisées sont les notes 0 et 5. En revanche, les notes 1, 4, et 9 sont peu utilisées.

Ces observations remettent en cause la continuité de l'échelle numérique, et la répartition normale dans l'usage de l'échelle de notes. Par conséquent, les notes ne sont pas exploitées quantitativement mais de manière qualitative.

On définit des groupes de personnes en fonction d'un niveau de gêne particulier. Ces groupes sont déterminés par rapport aux résultats :

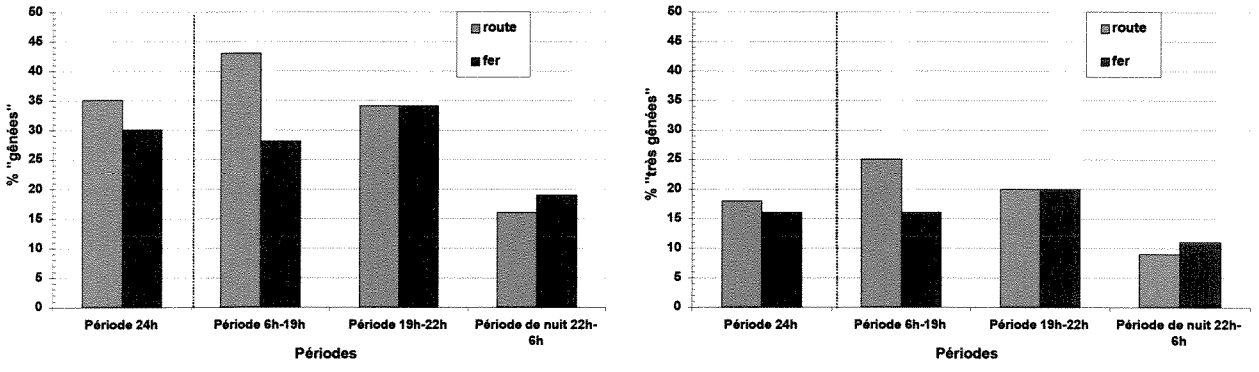
→ d'une analyse factorielle des correspondances multiple (AFCM) reliant l'échelle numérique des notes et l'échelle verbale en 4 points.

→ et du principe d'évaluation du niveau de gêne notamment utilisé par Miedema [34] et préconisé dans le travail réalisé par le WG2 de la Commission Européenne [33].

On retient alors deux catégories de personnes :

[0 ; 5] « pas gênées » et]5 ; 10] « gênées »
[0 ; 8[« pas gênées » et [8 ; 10] « très gênées » (ou HA « highly annoyed »).

Figures 18 et 19 : Répartitions des personnes « gênées» et « très gênées» en fonction des périodes étudiées (en %)



Quel que soit l'indicateur de gêne choisi « gênées » ou « très gênées », les tendances sont les mêmes pour chaque période [35] :

- la différence entre fer et route apparaît surtout pour les périodes 24h et 6h19h,
- pour la période 19h-22h le % de personnes «gênées » ou « très gênées » est le même pour le bruit ferroviaire ou routier,
- la période de nuit est toujours celle où les % de personnes « gênées » ou « très gênées » sont les plus faibles.

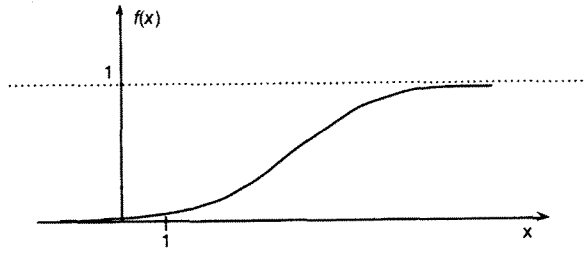
Etablissement de la relation dose réponse

La régression logistique permet d'exprimer la relation entre : une variable Y qualitative dichotomique (« gênées » ou « pas gênées ») et une variable X quantitative (le niveau sonore d'une source pour une période).

Ce modèle de régression est utilisé pour étudier **la relation entre une condition - gêne - et un facteur de risque ou d'exposition - exposition sonore** -. Il permet d'estimer la probabilité de survenue de la gêne (G) quand les valeurs de la variable X (niveau sonore) sont connues : $P(G^+ \mid X)$.

Rappel : écriture du modèle :

- $P(G^+|X) = f(X)$ où f est la fonction logistique :
- Sous une autre forme : Logit P = Ln P/(1-P). et si $P(x)=P(G^+|X=x)$, on obtient : Logit $P(x) = \beta_0 + \beta_1 x$.



Représentation graphique de la fonction logistique. Dans le cas représenté, $\beta_0 = -4$ et $\beta_1 = 1$.

L'estimation des paramètres β_0 et β_1 dans le modèle logistique se fait par la méthode du maximum de vraisemblance [d]. On prend en compte les données individuelles et leur variabilité, ce qui permet d'estimer la variance des paramètres et de donner un intervalle de confiance autour des courbes de régression, contrairement aux méthodes couramment utilisées.

Des comparaisons de la régression logistique avec des régressions polynomiales [34] n'ont pas montré d'apport significatif de ces dernières.

Comparaison fer/route

On compare les sources ferroviaire et routière en effectuant une régression logistique pour chacune des sources, pour les différentes périodes et sur les deux catégories de gêne « gênées » et « très gênées ».

Les résultats sont représentés graphiquement uniquement pour le niveau « gênées » (figures pages suivantes). Pour « très gênées », les résultats indiquent des tendances proches de ceux obtenus pour les "gênées".

En période nocturne, que l'on considère le niveau sonore côté chambre ou sur la façade la plus exposée, on n'obtient pas de modèle très significatif pour la gêne de nuit. La relation dose-réponse est très faible.

Excepté cette période, il existe bien une relation, plus ou moins forte entre la gêne déclarée et le niveau sonore pour chacune des sources et des périodes étudiées. Elle traduit l'existence d'un « bonus ferroviaire », en regard de la gêne due au bruit routier :

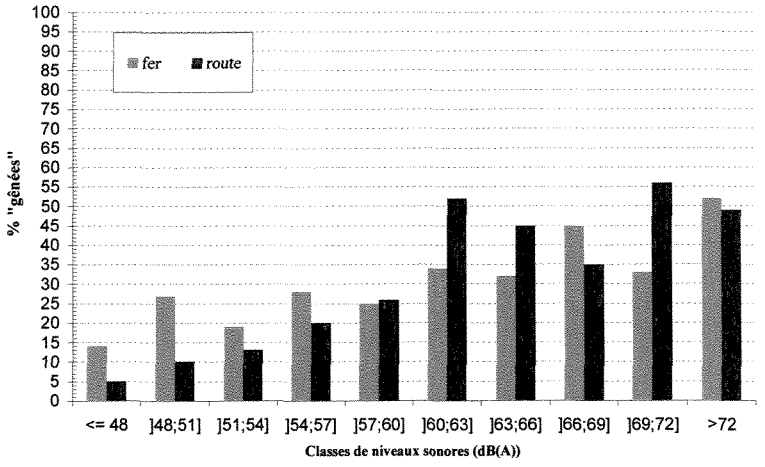
- sur 24h, le bonus apparaît au-dessus de 60 dB(A), et atteint rapidement plus de 3 dB(A).
- pour la période de journée (6h-19h), le seuil est plus bas, et le bonus plus fort, et pour la période de soirée, le bonus semble moins fort.

Quant au L_{den}, la différence entre les courbes est bien marquée (les intervalles de confiance I.C. sont séparés), le seuil d'apparition du bonus se situe vers 62 dB(A), et atteint rapidement plus de 5 dB(A).

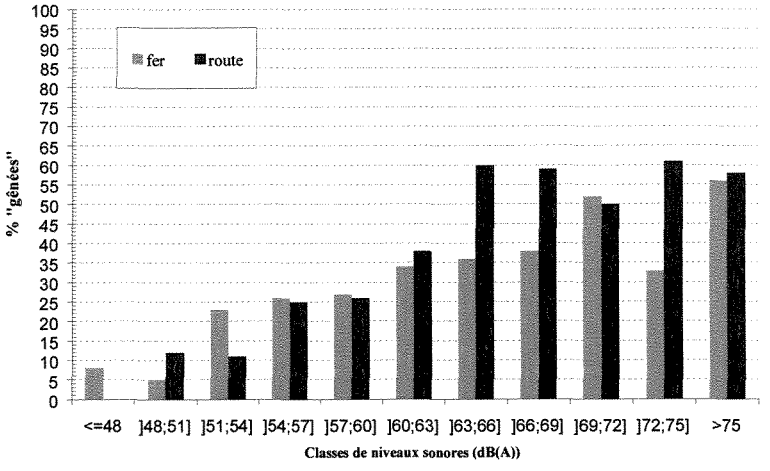
N.B. : Concernant les intervalles de confiance (I.C.), il est important de préciser que lorsque ceux-ci se recoupent, les courbes sont plus à considérer comme des tendances, alors que lorsqu'ils sont séparés, on peut considérer qu'il y a une différence significative entre deux courbes.

Résultats des régressions logistiques pour « gênées »

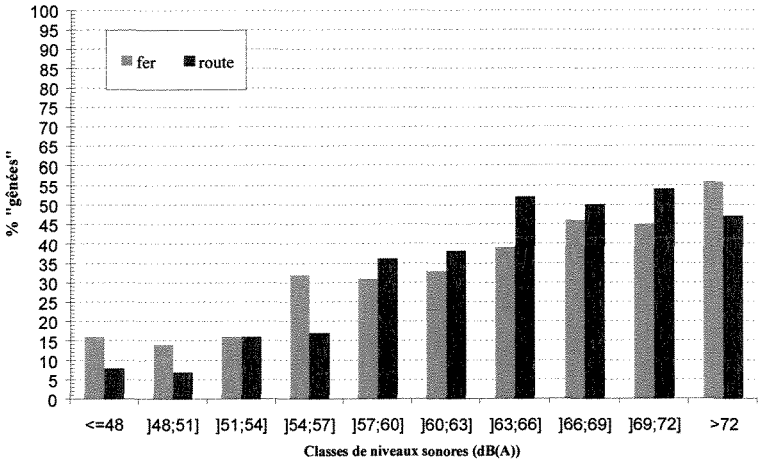
Répartition des personnes "gênées" en fonction des niveaux sonores
Période 24h - L_{Aeq}



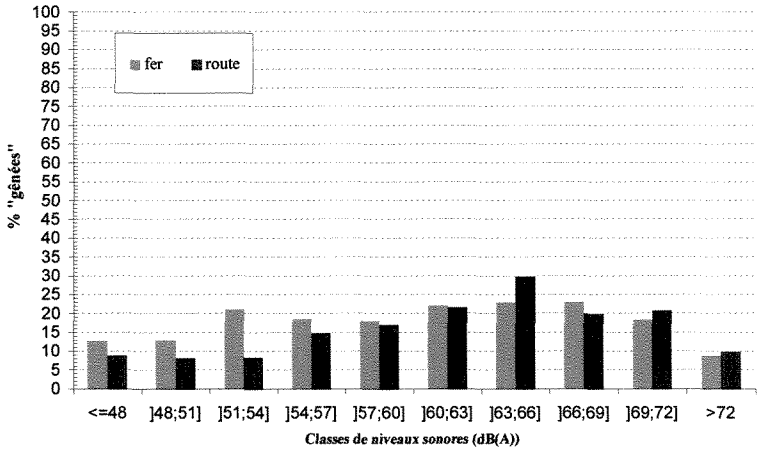
Répartition des personnes "gênées" en fonction des niveaux sonores
Période 6h19h - L_{Aeq}



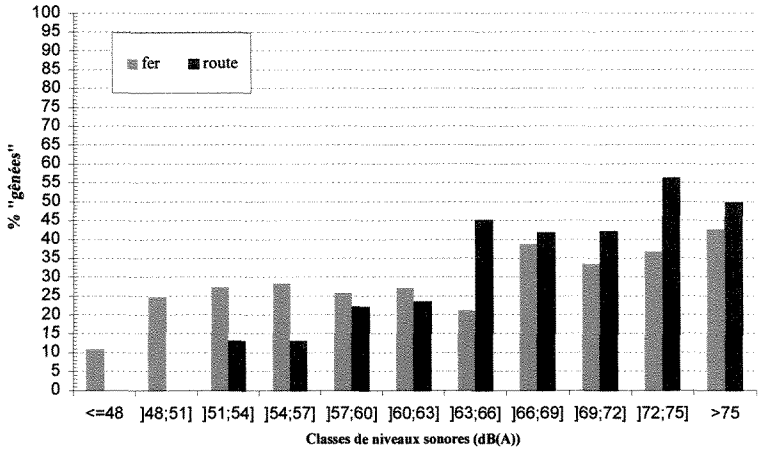
Répartition des personnes "gênées" en fonction des niveaux sonores
Période 19h22h - L_{Aeq}



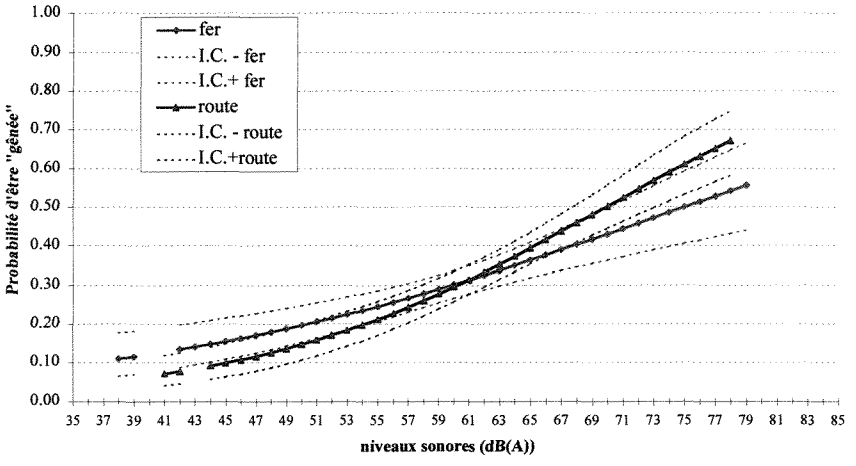
Répartition des personnes "gênées" en fonction des niveaux sonores
Période 22h6h - L_{Aeq} façade la plus exposée



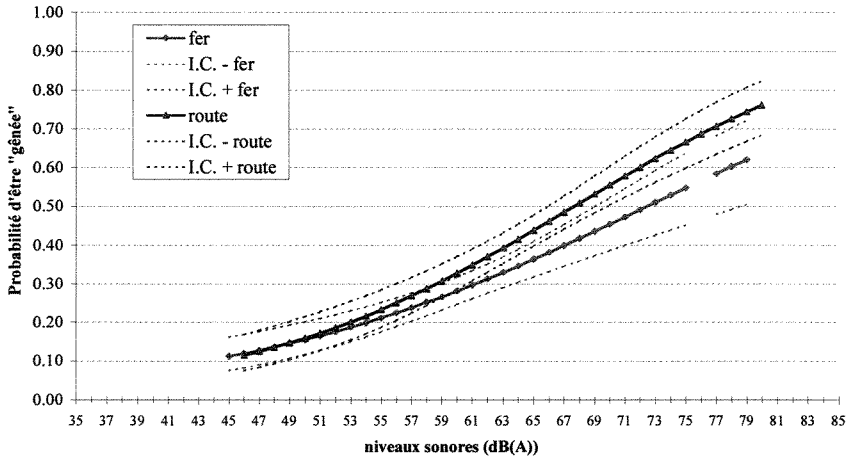
Répartition des personnes "gênées" en fonction des niveaux sonores
indicateur L_{DEN}



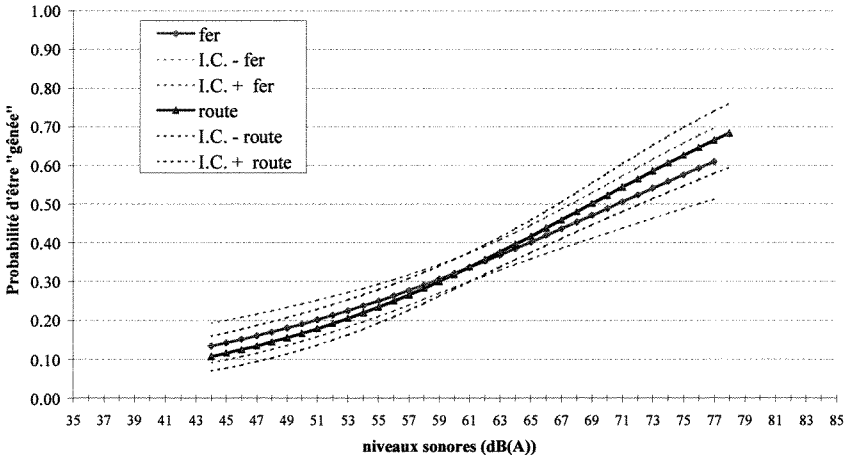
Période 24h



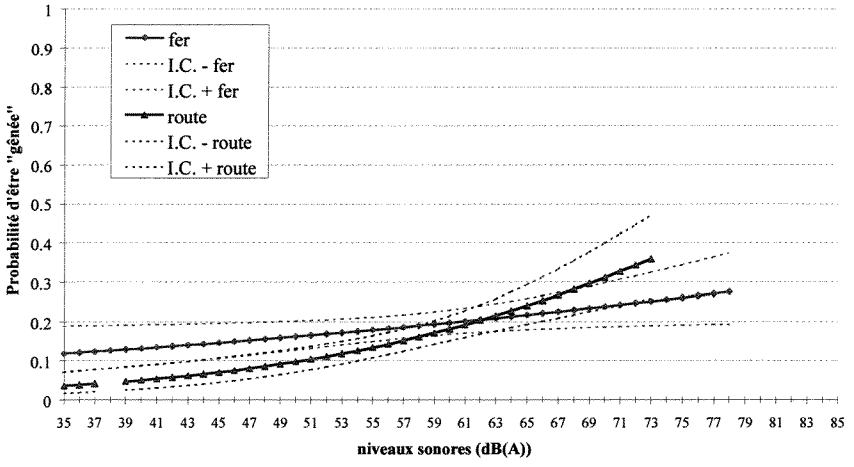
Période 6h19h

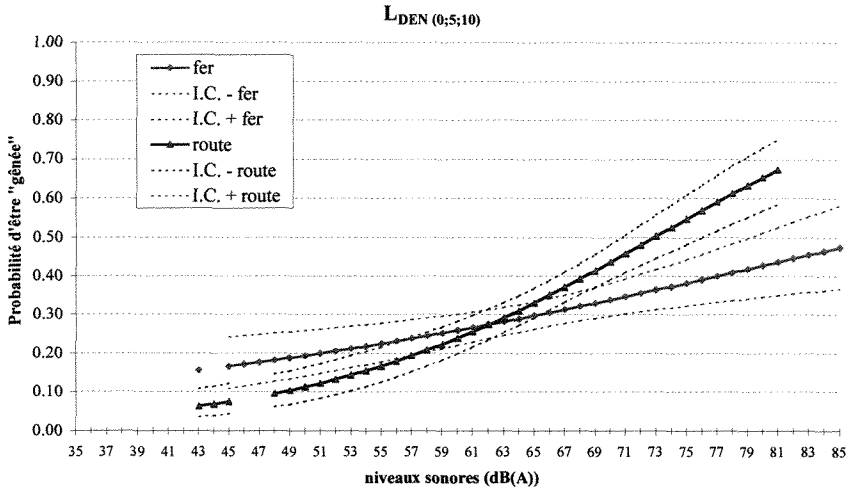


Période 19h22h



Période 22h6h (façade la plus exposée)

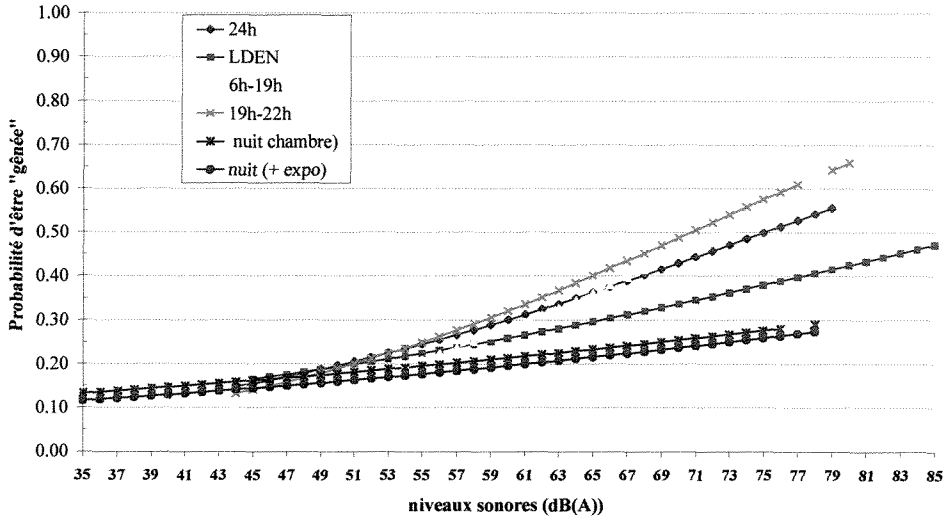




Comparaison des périodes, pour une même source

Afin de comparer les différentes périodes entre elles, on a regroupé pour une même source de bruit, les résultats des régressions logistiques. Cette vue d'ensemble ne doit pas faire oublier que chaque courbe présente un intervalle de confiance.

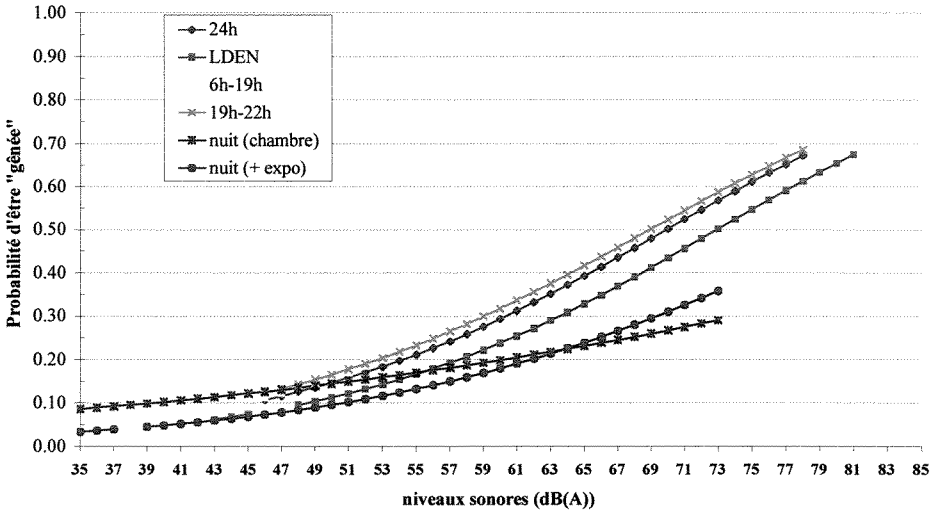
Figure 20 : Comparaison par périodes des relations dose-réponse pour la gêne ferroviaire, niveau « gênées »



Les courbes de gêne pour les périodes 6h-19h, 19h-22h et 24h sont considérées comme identiques. Cela est vrai aussi pour les courbes de nuit (côté chambre ou façade plus exposée) qui se superposent.

En revanche, il y a une différence notable et significative entre les courbes des périodes 6h-19h, 19h-22h, 24h et celles de la période de nuit, avec une gêne de nuit bien inférieure à la gêne de jour. La courbe pour l'indicateur L_{DEN} est intermédiaire.

Figure 21 : Comparaison par périodes des relations dose-réponse pour la gêne routière, niveau « très gênées »



On observe les mêmes tendances que pour la gêne ferroviaire. Les différentes courbes mettent clairement en évidence une gêne nocturne et une relation gêne-niveau d'exposition pour la nuit très inférieure à la gêne et à la relation diurne.

Ces résultats soulèvent des interrogations quant à la validité des pénalités usuellement appliquées. Cette question est d'autant plus forte concernant le choix du L_{den}, calculé avec des pondérations de 5 dB(A) pour le soir, et 10 dB(A) pour la nuit. La relation gêne/niveau sonore prend d'ailleurs une position intermédiaire entre les relations diurne et nocturne dont on peut se demander la pertinence.

Les courbes pour les « très gênées » ne sont pas représentées, mais la ressemblance est grande. C'est la probabilité de gêne qui est plus faible lorsque l'on passe des « gênées » aux « très gênées ».

2.5. Influence de la situation d'exposition

Jusqu'à maintenant, chaque source de bruit a été considérée séparément, sans tenir compte ni de la situation de multiexposition des personnes enquêtées, ni de l'exposition plus forte de certaines personnes au bruit ferroviaire ou au bruit routier.

Afin de vérifier si la configuration sonore modifie l'expression de la gêne, nous avons pris en compte trois types d'exposition (cf. figures "exposition sonore de la population") qui sont, pour rappel :

- dominance ferroviaire : niveau sonore ferroviaire supérieur d'au moins 5 dB(A) par rapport au niveau routier
- dominance routière : niveau sonore routier supérieur d'au moins 5 dB(A) par rapport au niveau ferroviaire
- pas de dominance : pas de différence de plus de 5 dB(A) entre le niveau sonore routier et ferroviaire.

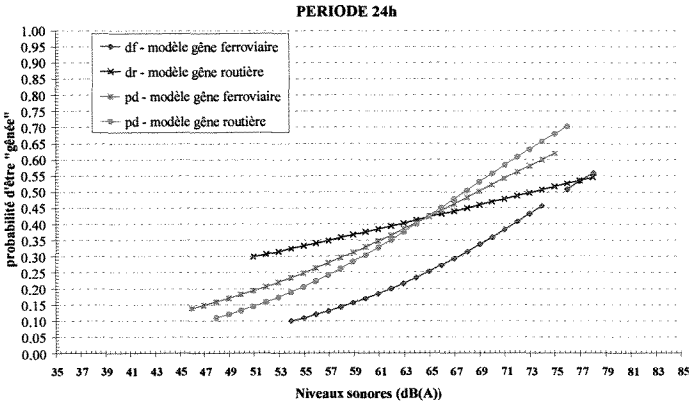
Les relations dose-réponse sont estimées par régression logistique sur chacune des trois sous populations et pour les 4 indicateurs L_{Aeq} 24h, 6h19h, 19h22h (façade la plus exposée) et nuit (côté chambre).

Dans l'ensemble, les relations dose-réponse estimées sont validées et les liaisons sont significatives. Du fait de la division de la population en trois sous ensembles, les effectifs sont

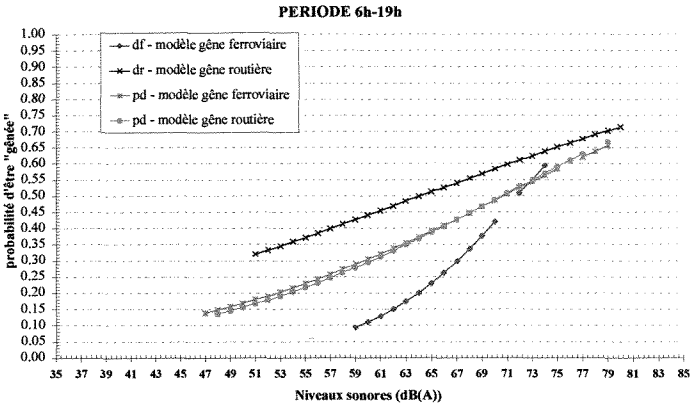
plus petits et les ajustements moins précis. Les intervalles de confiance des courbes de probabilité sont supérieurs à ceux observés précédemment. A partir des résultats nous n'interpréterons que des tendances sans pouvoir confirmer de différences significatives entre les courbes.

Figures 22 à 25 : Comparaison des gênes routière et ferroviaire pour différentes périodes, en fonction de la situation d'exposition

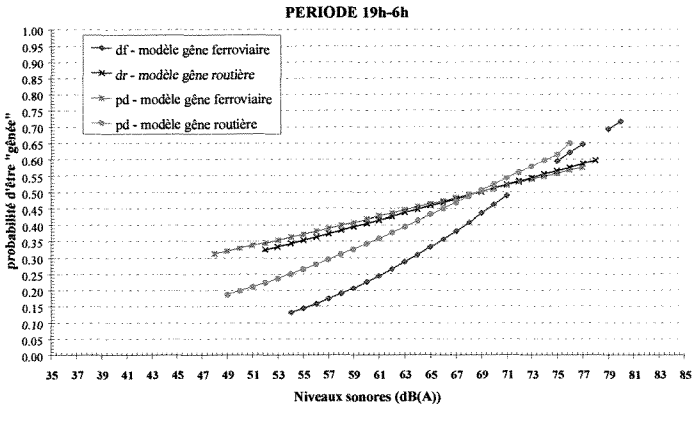
24h	effectif	Gêne ferroviaire % notes>5	Gêne routière % notes>5
df	126	26	13
dr	282	26	43
pd	265	36	37



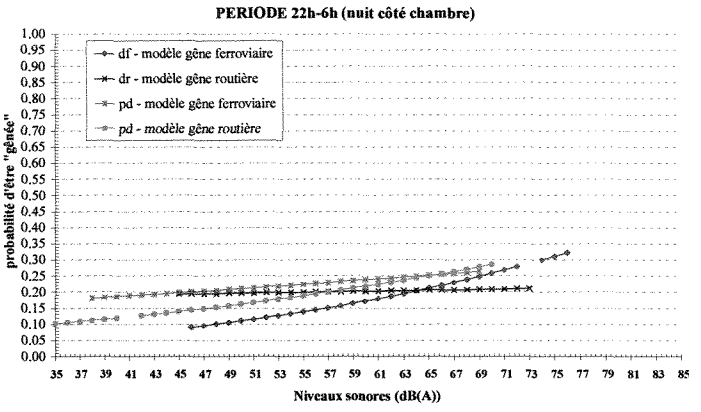
6h19h	effectif	Gêne ferroviaire % notes>5	Gêne routière % notes>5
df	90	27	17
dr	330	23	53
pd	253	35	36



19h22h	effectif	Gêne ferroviaire % notes>5	Gêne routière % notes>5
df	155	35	15
dr	215	19	46
pd	303	43	39



Nuit chambre	effectif	Gêne ferroviaire % notes>5	Gêne routière % notes>5
df	236	10	18
dr	196	20	17
pd	241	18	22



La comparaison des courbes de gêne routière et ferroviaire, dans leurs conditions de dominance respective, donnent des résultats assez différents de ceux obtenus toutes situations confondues : un bonus ferroviaire important (> 5 dB(A)) apparaît, et ce dès les bas niveaux, et jusqu'à des seuils allant de 78 dB(A) pour la période 24h, à 65 dB(A) pour la nuit. En revanche, si la gêne routière est d'abord plus élevée, elle évolue plus lentement.

Dans les cas de non dominance, les courbes de gêne sont peu différentes pour les périodes 24h et 6h-19h, et prennent des positions intermédiaires aux courbes en dominance. Le soir et la nuit, la gêne fer évolue moins que la gêne route, mais elle paraît légèrement supérieure.

Enfin, bien que les courbes ne soient pas présentées ici, on peut préciser qu'en dominance routière comme en dominance ferroviaire, on trouve un comportement identique pour la gêne fer et la gêne route au sein d'un groupe de dominance donné.

Ainsi, l'ensemble de ces courbes montrent bien qu'il faut tenir compte de la situation d'exposition, et que l'hypothèse de monoexposition n'est pas toujours suffisante. De plus, le bonus présente des caractéristiques différentes selon le groupe d'exposition.

Ces constatations ne sont pas en contradiction avec les résultats du paragraphe « comparaison fer/route », toutes populations confondues. Elles montrent que les relations décrites dans ce paragraphe sont trop globales et expriment une tendance générale.

2.6. Comparaison avec des résultats antérieurs

Le « Position paper » sur les relations dose-réponse entre le bruit des transports et la gêne, préparé par le WG2 Dose/Effects de la Commission Européenne, fournit des relations dose-réponse à l'aide d'approximation polynomiale pour les différents modes de transport (route, fer et avion), en situation de monoexposition.

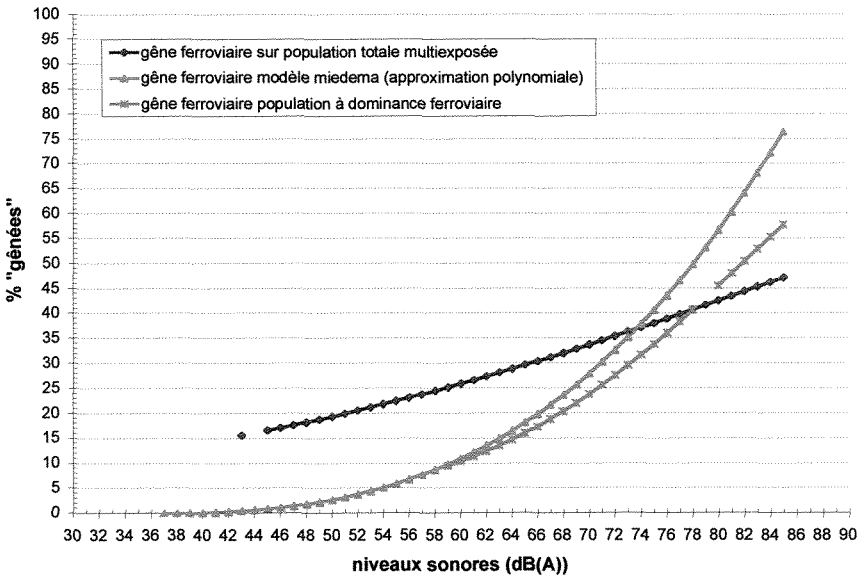
Dans le cas des trafics routier et ferroviaire, les relations gêne-bruit se présentent de la manière suivante :

$$\text{Bruit routier : } \%A = 1.927*10^{-4}(LDEN-37)^3 + 2.560*10^{-2}(LDEN-37)^2 + 0.3490\,(LDEN-37)$$

$$\text{Bruit ferroviaire : } \%A = 5.124*10^{-4}(LDEN-37)^3 + 8.271*10^{-3}(LDEN-37)^2 + 0.1625\,(LDEN-37)$$

Les figures 26 et 27 fournissent des comparaisons respectivement pour la gêne ferroviaire et pour la gêne routière entre les relations dose-réponse du "Position paper" et les modèles de gêne tant en dominance ferroviaire que sur l'ensemble de la population multiexposée de cette étude.

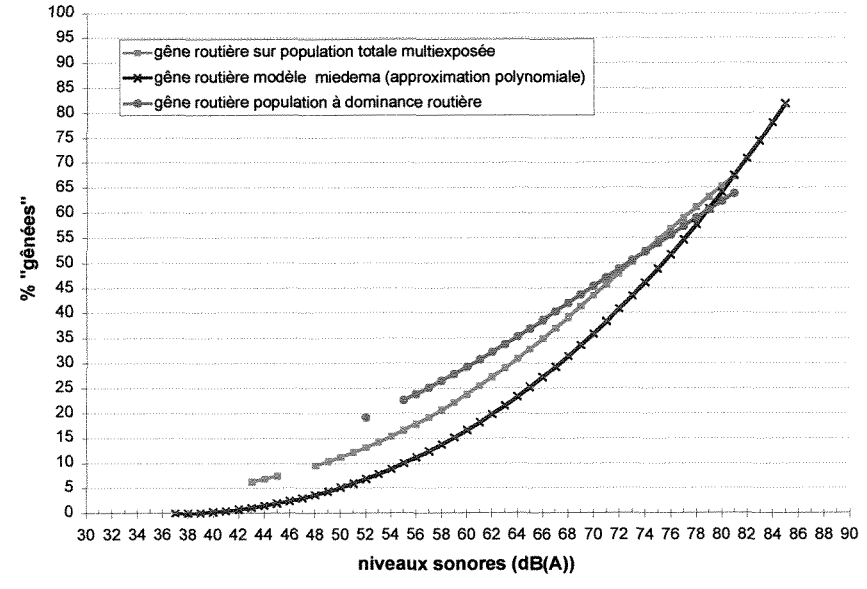
Figure 26 : 3 relations dose-réponse pour la gêne ferroviaire



Concernant la gêne ferroviaire (figure 26), on note une relation sur la population multiexposée vraiment différente des deux autres relations en situation de monoexposition (approximation polynomiale ou population multiexposée mais à dominance ferroviaire), ce qui confirme l'intérêt de prendre en compte la situation d'exposition.

Dans le cas de la monoexposition, les deux courbes sont très proches, avec toutefois, une gêne éventuellement plus forte à bas niveau en dominance ferroviaire, en comparaison de la courbe du WG 2, qui pourrait laisser penser que l'on n'est pas en monoexposition pure, avec une légère contamination du bruit ferroviaire par le bruit routier. On manque toutefois de points pour les faibles niveaux sonores pour confirmer cette hypothèse.

Figure 27 : 3 relations doses/réponses pour la gêne routière



Pour ce qui est de la gêne routière (figure 27), les deux relations en situation de monoexposition sont relativement proches, avec toutefois la courbe du WG 2 plutôt inférieure. La gêne en situation multiexposée s'avère intermédiaire aux deux courbes à bas niveaux sonores, puis supérieure. Toutefois, il manque des points à bas niveaux pour la gêne en monoexposition routière, points qui affineraient la régression.

3. Evaluation combinée des deux sources de bruit

Les approches précédentes (étude des relations dose-réponse pour chaque source de bruit) ont mis en avant l'évolution et les différences d'expression de la gêne en fonction des caractéristiques acoustiques. Il ressort clairement qu'en situation de multiexposition, la gêne déclarée pour une source n'est pas uniquement fonction du niveau sonore d'exposition à cette source. L'étude tenant compte de la situation d'exposition aux deux bruits (situation de dominance sonore) au paragraphe 2.4, le confirme : les réactions de gêne, due à un seul type de bruit, sont tempérées ou au contraire accentuées suivant une « combinaison de bruits ».

Par rapport aux résultats obtenus et afin de démontrer plus précisément l'existence d'interactions entre les deux sources de bruits étudiées (bruit routier et bruit ferroviaire), on a étudié plus spécifiquement la période de 24h.

Plusieurs méthodes d'analyse ont été utilisées pour mettre en avant les liaisons entre la gêne et les variables « acoustiques », considérées comme principales variables explicatives :

- des tris croisés permettent de tester la liaison entre la gêne et les variables acoustiques explicatives ;
- des analyses multidimensionnelles (analyse factorielle des correspondances multiples : AFCM et une classification hiérarchique) viennent ensuite compléter l'étude. Elles fournissent « une photographie » de la structure de la population étudiée. Grâce à ces méthodes, on synthétise l'information par regroupement de variables et d'individus ;
- une étude détaillée de relations dose-réponse par couples d'exposition met en avant les interactions entre bruit routier et bruit ferroviaire ;
- enfin, une approche des liaisons entre variables exploratoires et variables principales apporte un complément d'information aux résultats apportées par les relations dose-réponse.

Les variables prises en compte dans ces analyses et leur codage sont :

- le niveaux sonore ferroviaire (f) et routier (r) et global (g) (classes de niveaux) : < 55, $[55 ; 60[$, $[60 ; 65[$; $[65 ; 70[$, ≥ 70
- les situations d'exposition :
  3 classes : pd : pas de dominance, **df** : dominance ferroviaire bruit fer > 5dB(A) bruit route ; **dr** : dominance routière bruit routier>5 dB(A) bruit ferroviaire
  5 classes pd : pas de dominance, **df1** : bruit fer >]5 ; 10] dB(A) bruit route, **df2** : bruit fer > 10 dB(A) bruit route, **dr1** : bruit route >]5 ; 10] dB(A) bruit fer, **dr2** : bruit route > 10 dB(A)
- les réponses de gêne caractérisées par l'appartenance à un des groupes de gêne précédemment définis « gênées » (G) ou « très gênées »(TG) par rapport à « non gênées » (NG)

Ces codes sont utilisés pour l'AFCM (cf. § 3.2 et notamment la figure 30).

3.1. Liaisons entre gêne et situations d'exposition au bruit

On vérifie les liaisons entre la gêne et les variables acoustiques explicatives à l'aide de tests du Chi-2 (tableau 14). Une analyse graphique des « profils » des personnes « gênées » ou « très gênées » (figures 28 et 29) donne rapidement un aperçu des modalités qui contribuent fortement à la liaison et qui différencient le plus ces groupes de personnes [36].

En effet, ces profils représentent les résultats des croisements entre 2 variables, c'est-à-dire les répartitions des individus en fonction d'un groupe de gêne et pour chaque modalité des variables. En rouge est illustrée une proportion d'individus « gênés » ou « très gênés » qui augmente, en vert une proportion qui diminue par rapport au groupe opposé. On compare directement le « profil » des « pas gênées » à celui des « gênées » ou « très gênées ».

Tableau 14 : Synthèse des tests du Chi-2 entre variables acoustiques et gêne.

	gêne ferroviaire		gêne routière	
variables	**gênées**	**très gênées**	**gênées**	**très gênées**
Situation d'exposition 3 groupes	*	-	**	**
Situation d'exposition 5 groupes	**	**	**	**
Niveau sonore fer 24h	**	**	-	-
Niveau sonore route 24h	*	-	**	**

- test du Chi-2 non significatif (proba.>0.05)

** test du Chi-2 significatif (0.01<=proba.<=0.05)*

*** test du Chi-2 très significatif (0.001<=proba.<=0.01)*

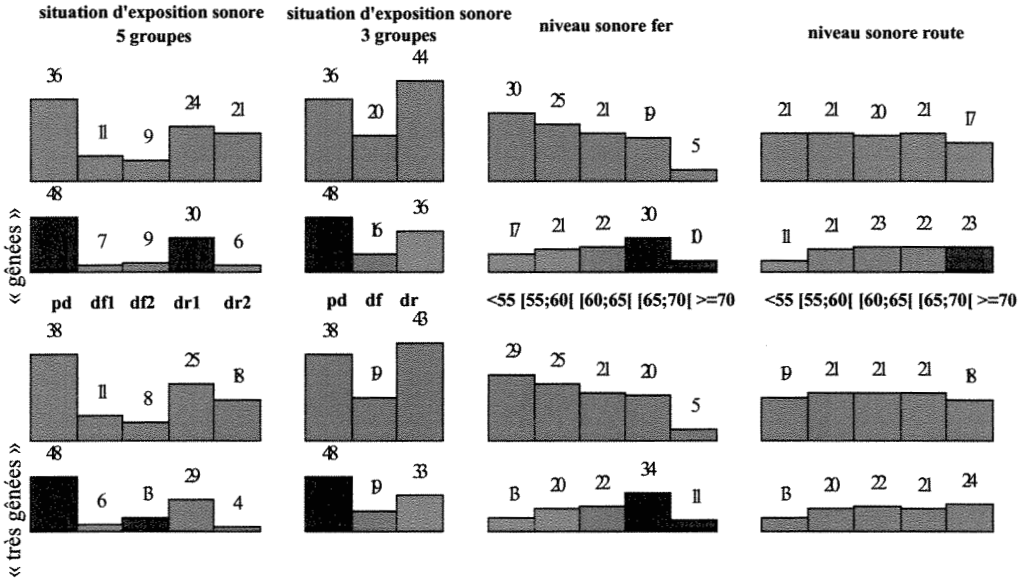
Situations d'exposition

La variable « situation d'exposition en 5 groupes » est plus fortement liée à la gêne que celle en 3 groupes (test très significatif tableau 14). Les 5 modalités permettent de nuancer la liaison et même de différencier deux types de liaisons pour une même situation de dominance.

- La gêne routière n'est pas modifiée en situation de non-dominance (figure 29). En revanche, elle est liée aux situations de dominance, et particulièrement en dominance routière faible (dr1), situation pour laquelle la gêne est plus marquée.

- A l'inverse, la gêne ferroviaire est liée à la situation de non dominance (figure 28) (la proportion des personnes sans dominance sonore augmente nettement : 48% contre 36% ou 38%). En ce qui concerne les situations de dominance, on note plus de personnes « gênées » ou « très gênées » en situation de dominance ferroviaire forte (df2) et en situation de dominance routière faible (dr1).

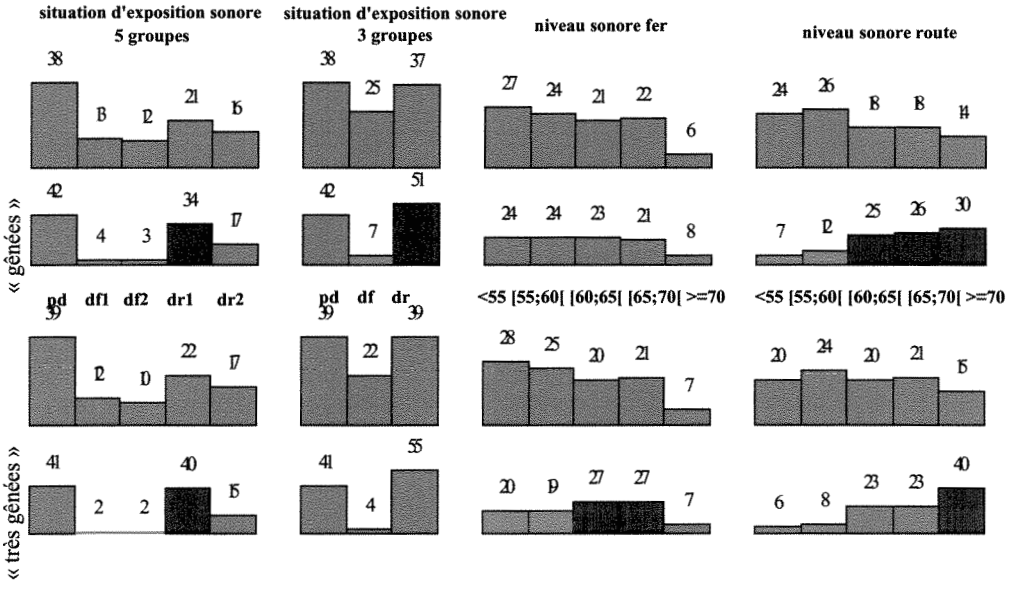
Figure 28 : Profils gêne ferroviaire



Niveau sonore

Les niveaux sonores d'une source et la gêne associée (liaison entre niveau sonore routier (resp. ferroviaire) et gêne routière (resp. ferroviaire)) sont liés, avec une augmentation des personnes soumises à un niveau supérieur à 65 dB(A) (tableau 14) pour les « gênées ». A contrario, la gêne ferroviaire est liée au niveau sonore routier pour les « gênées » (phénomène de contamination). En effet, cette relation est surtout caractérisée par un pourcentage plus important de personnes avec un niveau sonore routier ≥ 70 dB(A) et un faible pourcentage de personnes ayant un niveau routier < 55 dB(A) (figure 28).

Figure 29 : Profils gêne routière



Les différences de profils sont dues à des différences de situations d'exposition et très certainement à des combinaisons d'exposition. Cela semble encore plus vrai pour la gêne ferroviaire. En effet, le fait d'avoir pour les groupes de personnes « gênées » ou « très gênées » par le bruit ferroviaire une proportion plus élevée de personnes à dominance routière faible ou des personnes avec des niveaux sonores routiers forts laisse envisager un effet de contamination du bruit ferroviaire par le bruit routier.

3.2. Analyse factorielle des correspondances multiples et classification hiérarchique

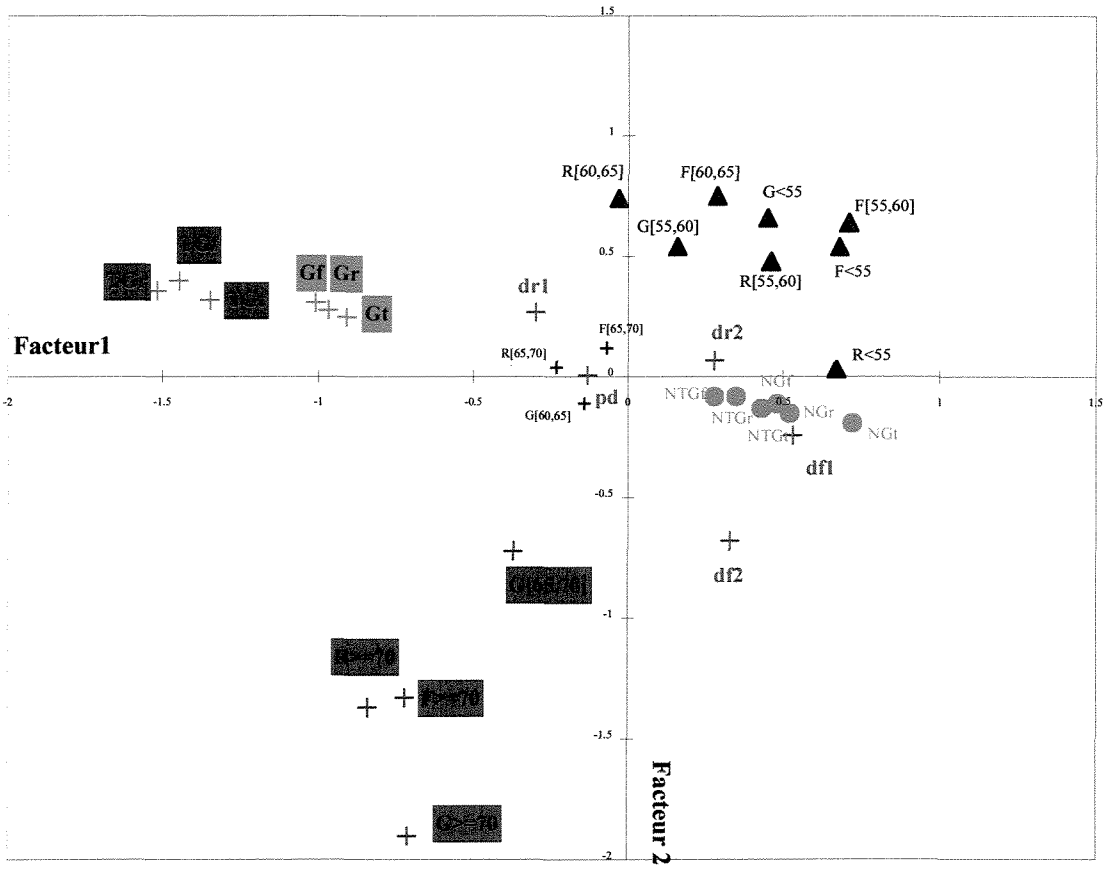
A partir des croisements deux à deux, des analyses factorielles ont été réalisées pour étudier les relations multidimensionnelles possibles entre les variables explicatives [37].

Les variables prises en compte sont toujours : les niveaux sonores ferroviaire, routier et global, les situations d'exposition, et les réponses de gêne (codage p.1). Les analyses ont été réalisées avec le logiciel SPAD.

Analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM)

En considérant les cinq premiers axes factoriels (51 % de l'inertie du nuage de points), on caractérise un facteur 1 de « gêne », un facteur 2 d'« intensité sonore », un facteur 3 de « combinaison sonore », et deux facteurs 4 et 5 d'interprétation plus difficile.

Figure 30 : Représentation graphique des variables sur le plan factoriel 1-2



- L'axe 1 « gêne » oppose « gênées » ou « très gênées » du côté négatif de l'axe à "pas gênés" du côté positif de l'axe.

- L'axe 2 « d'intensité sonore » est structuré principalement par les niveaux sonores (contribution forte) dont les modalités se classent sur cet axe par ordre d'intensité : les niveaux sonores plutôt faibles ou moyens sont du côté positif de l'axe alors que les

niveaux sonores forts sont clairement du côté négatif de l'axe. Les niveaux > 55 dB(A) sont assez mal représentés avec des contributions et cosinus carrés faibles.

- L'axe 3 résume « les situations sonores ». Avec des contributions fortes pour les variables de situations et de niveaux sonores il s'interprète de la manière suivante :

  - du côté positif : une forte dominance sonore ferroviaire (df2, de moindre manière df1), un bruit global fort (]65 ; 70]) et une combinaison fer/route particulière]65 ; 70] et]60 ; 65] pour le fer et]65 ; 70] pour la route) ;
  - du côte négatif : une forte dominance sonore routière (dr2), un bruit routier très fort (≥ 70) et un bruit ferroviaire très faible (≤ 55)

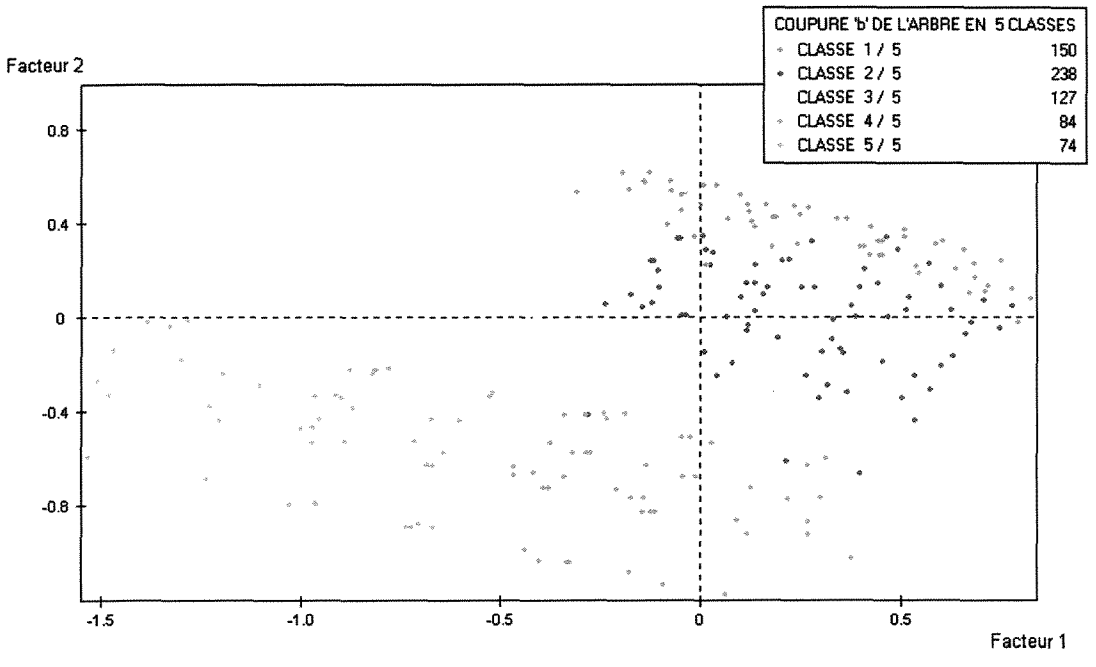
- Les axes 4 et 5 représentent des phénomènes plus diffus. Il semble quand même que ces deux axes soient interprétables également en termes de situations d'exposition et de combinaisons.

Classification hiérarchique automatique

Une classification hiérarchique (CAH méthode des voisins réciproques) sur les trois premiers axes factoriels permet de regrouper les individus qui se ressemblent pour les niveaux sonores, la gêne, et la situation d'exposition.

La meilleure partition, au regard des critères d'inertie intra et inter classes, est celle en 5 classes d'individus. Par rapport aux facteurs 1 et 2, cette partition montrent des classes d'individus assez bien différenciées.

Figure 31 : Projection sur le plan factoriel 1-2 des 5 classes d'individus déterminées par CAH



De la classe 1 à 5, on a un gradient de bruit global évoluant de faible à très fort. La classe 1 est particulière car c'est la seule où le niveau global est faible avec très peu de gêne.

Les classes 2 et 3 se ressemblent avec un bruit global moyen. Cependant, dans la classe 2 le bruit ferroviaire est un peu plus fort que le bruit routier, mais surtout plus dominant que dans les autres classes. Les niveaux de gêne (ferroviaire, routier ou totale) sont également très faibles dans la classe 2 par rapport à la classe 3 où l'on atteint 74 % de personnes « gênées » ou « très gênées » par le bruit ferroviaire et routier.

On retrouve la même différence entre la classe 4 et la classe 5, c'est-à-dire une expression moins forte de la gêne dans la classe 4 caractérisée par des niveaux ferroviaires un peu plus forts que ceux de la classe 5.

Ces résultats obtenus montrent, encore une fois, la complexité des situations d'exposition et d'expression de la gêne qui leur est associée. En effet, on a isolé des groupes (classes) de personnes dont les caractéristiques sonores sont très proches mais dont le comportement diffère dans l'expression de la gêne (classes 2 et 3 et classes 4 et 5).

Tableau 15 : Résumé des caractéristiques des 5 classes d'individus

	SOURCE	NIVEAU SONORE		GENE	DOMINANCE
Classe 1	fer	très bas	84% <55	. 1% très gênées . 12% gênées	Dominance fer 3%
150 personnes	route	faible	98% de >55 ; 65[	. 4% très gênées . 24% gênées	**Dominance route 61%**
	global	faible	79% de [55 ; 65[	. 5% très gênées . 23% gênées	Sans dominance 36%
Classe 2	fer	moyen	94% [55 ; 70[	. 1%très gênées . 13% gênées	**Dominance fer 37%**
238 personnes	route	bien réparti **assez faible**	de >55 à <70	. 0% très gênées . 9% gênées	Dominance route 25%
	global	**moyen**	**91% [60 ; 70[**	**. 0% très gênées** **. 16% gênées**	Sans dominance 38%
Classe 3	Fer	Bien réparti **plutôt faible**	**de >55 à <70**	**. 54% très gênées** **. 74% gênées**	Dominance fer 9%
127 personnes	Route	bien réparti	de >55 à <70	. 51% très gênées . 74% gênées	**Dominance route 40%**
	global	**moyen**	**87% [60 ; 70[**	**. 79% très gênées** **. 98% gênées**	**Sans dominance 51%**
Classe 4	**Fer**	**très fort**	**61% de 65 à +70**	. 2% très gênées . 11% gênées	**Dominance fer 17%**
84 personnes	Route	très fort	81% >=70	. 1% très gênées . 20% gênées	**Dominance route 54%**
	global	**très fort**	**100% ≥ 70**	**. 5% très gênées** **. 30% gênées**	Sans dominance 29%
Classe 5	Fer	fort	92% de 60 à +70	. 43% très gênées . 68% gênées	Dominance fer 8%
74 personnes	**Route**	**très fort**	**85% ≥ 70**	. 70% très gênées . 89% gênées	Dominance route 48%
	global	**très fort**	**100% ≥ 70**	**. 82% très gênées** **. 99% gênées**	**Sans dominance 44%**

S'il reste difficile de déterminer exactement le type d'interactions qui peuvent intervenir, on peut conclure que :

1. lorsque le bruit reste modéré (< 65dB(A)), il est plutôt bien accepté avec des pourcentages de personnes « très gênées » inférieur à 5 % et des pourcentages de personnes « gênées » autour des 20%. L'expression de la gêne due à une source semble, dans ce cas-là, liée au niveau sonore de la source elle-même, plus qu'à la situation d'exposition ou qu'à la combinaison des deux bruits.

2. à travers les caractéristiques précises des classes, on appréhende bien la possibilité de phénomènes tels que le masquage du bruit routier par le bruit ferroviaire (% de personnes « gênées » ou « très gênées » très bas quand le bruit ferroviaire est plus dominant ou un peu plus fort : classes 2 et 4) ou la contamination du bruit ferroviaire par le bruit routier (sensibilité accrue au bruit ferroviaire lorsqu'il est accompagné d'un bruit routier dominant ou de même intensité, classe 3).

3.3. Couples d'exposition

En étudiant la répartition des personnes gênées ou très gênées pour chaque couple d'exposition sonore, on cherche à comprendre plus finement les interactions entre le bruit ferroviaire et routier.

Tableau 16 : Répartition en % des personnes « gênées » par le bruit ferroviaire pour chaque combinaison de niveau d'exposition fer/route (effectif entre parenthèses)

Niveau routier dB(A)	55	60	65	70
70	10 (10)	8 (13)	36 (36)	48 (44)	42 (26)
65	14 (22)	42 (45)	13 (30)	40 (42)	**33** (3)
60	20 (46)	30 (37)	48 (27)	52 (23)	**20** (5)
55	30 (53)	23 (39)	31 (26)	28 (18)	**80** (5)
Période 24h	13 (45)	8 (26)	29 (24)	25 (20)	**50** (4)

Niveau ferroviaire dB(A)

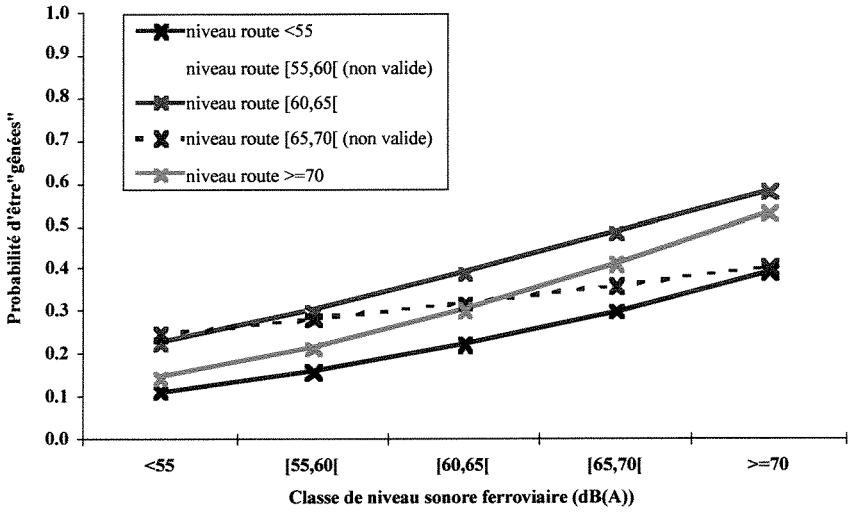
Tableau 17 : Répartition en % des personnes « gênées » par le bruit routier pour chaque combinaison de niveau d'exposition fer/route (effectif entre parenthèses)

Niveau routier dB(A) \ Niveau ferroviaire dB(A)	55	60	65	70
70	30 (10)	54 (13)	65 (36)	50 (44)	56 (26)
65	41 (22)	42 (45)	50 (30)	38 (42)	67 (3)
60	46 (46)	49 (37)	37 (27)	35 (23)	20 (5)
55	25 (53)	26 (39)	12 (26)	11 (18)	20 (5)
Période 24h	22 (45)	4 (26)	8 (24)	10 (20)	0 (4)

N.B : Les effectifs pour les niveaux de bruit ferroviaire >=70 dB(A) sont trop faibles (rouge). Les pourcentages de « gênées » associés à ces niveaux sont donc à prendre avec précaution.

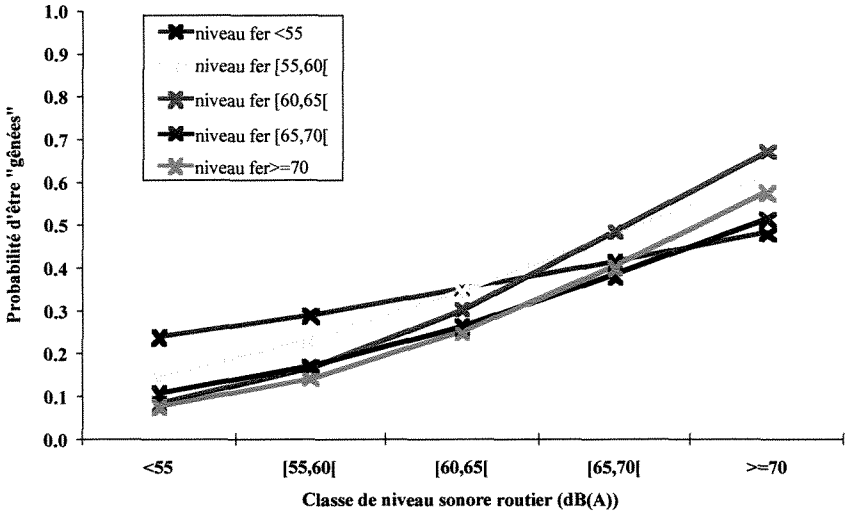
Les tableaux 16 et 17 mettent en évidence que dans les très faibles niveaux de bruit, les pourcentages de personnes « gênées » sont peu élevés. On note également une évolution plus lente et plus progressive de la gêne ferroviaire en comparaison avec la gêne routière. En revanche, cette dernière évolue brutalement après 60 dB(A). Il n'est toutefois pas évident d'analyser directement ces tableaux. Pour mettre en évidence les relations, des régressions logistiques ont été réalisées et représentées graphiquement. On trace ainsi une courbe de réponse de gêne due à une source, en fonction des classes de niveaux sonores de cette source, et pour les 5 classes de niveaux sonores de l'autre source (figures 32 et 33).

Figure 32 : Courbes de réponses de gêne ferroviaire en fonction du niveau ferroviaire et pour 5 classes de niveau routier



La gêne ferroviaire (figure 32) augmente avec le niveau ferroviaire quel que soit le niveau routier considéré, et de manière assez régulière. En revanche, on remarque que les courbes de gêne pour les niveaux routiers > 70 dB(A) et]60 ; 65] se situent au-dessus de celle pour un niveau routier < 55 dB(A). Si on augmente le niveau routier (et ce particulièrement autour de 60-65 dB(A)), on augmente la gêne ferroviaire : la gêne due au bruit routier est alors attribuée au bruit ferroviaire (phénomène de contamination). La non-validité des deux autres courbes est quant à elle difficilement explicable.

Figure 33 : Courbes de réponses de gêne routière en fonction du niveau routier et pour 5 classes de niveau ferroviaire



La gêne routière (figure 33) elle aussi augmente avec le niveau sonore routier mais plus rapidement (pente forte) que la gêne ferroviaire. Les différentes courbes sont très proches les unes des autres mais on observe quand même les tendances suivantes : les courbes de gêne routière pour des niveaux ferroviaires forts sont en dessous de celles correspondant à des niveaux plus faibles. Ces résultats vont dans le sens d'un masquage du bruit routier par le bruit ferroviaire, déjà envisagé dans le paragraphe 3.2. Le non-parallélisme des courbes pour la gêne routière confirme également la présence d'interactions avec des changements d'expression de la gêne en fonctions des combinaisons sonores.

Pour les deux types de gêne (ferroviaire et routière), lorsque l'on s'intéresse aux « très gênées », peu de courbes logistiques sont significatives [29]. On retiendra que, pour la gêne ferroviaire, seules les courbes pour un niveau de bruit routier ≤ 55 et]55 ; 60] sont validées. Pour la gêne routière, ce sont les courbes de niveau fer]60 ; 65] et]65 ; 70] qui sont significatives. Les interactions sont peut-être moins présentes à ce niveau de gêne [37].

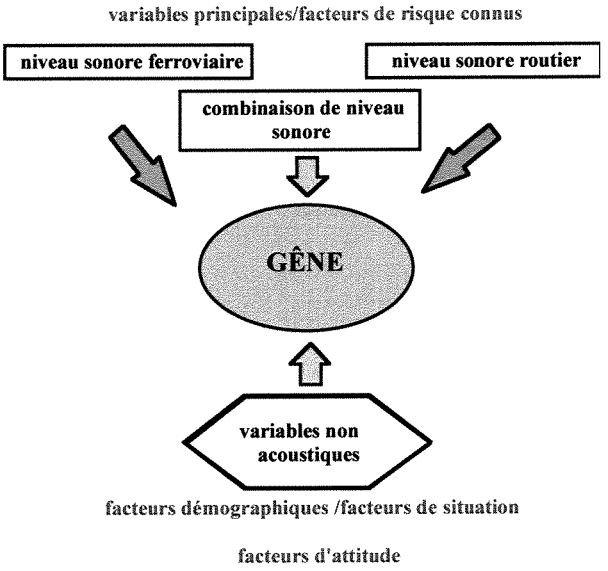
L'interprétation sous forme « d'une règle précise » est encore très délicate. De plus, en s'attachant à décrire de manière de plus en plus précise les différentes situations d'exposition, on atteint une limite, due à une contrainte d'effectifs (voir tableaux 15 et 16).

3.4. Influence des facteurs non-acoustiques explicatifs de la gêne

Dans les chapitres précédents, on a analysé l'expression de la gêne en fonction de variables « acoustiques » (niveau sonore, situation d'exposition), appelées variables principales, qui sont des facteurs de risque connus de la gêne. Pourtant ces variables n'expliquent, selon les auteurs, que 30 % à 40 % maximum de la gêne déclarée. En effet, les individus ne présentent pas tous les mêmes caractéristiques individuelles. Ces caractéristiques sont liées à la personne, à son environnement, à son type de logement .... On parle alors de facteurs non-

acoustiques qui peuvent être des facteurs modulateurs de la réponse en termes de gêne [29 - 34]. Par rapport aux variables principales, ces variables se placent comme des sources d'informations complémentaires pour la compréhension de la gêne (figure 34).

Figure 34 : Récapitulatif des facteurs pris en compte dans l'étude de la gêne



Dans cette étude, seuls les facteurs démographiques et les facteurs de situation sont étudiés. Cela signifie que les paramètres pris en compte ne sont pas soumis à un jugement ou a une opinion de la personne (facteurs d'attitude).

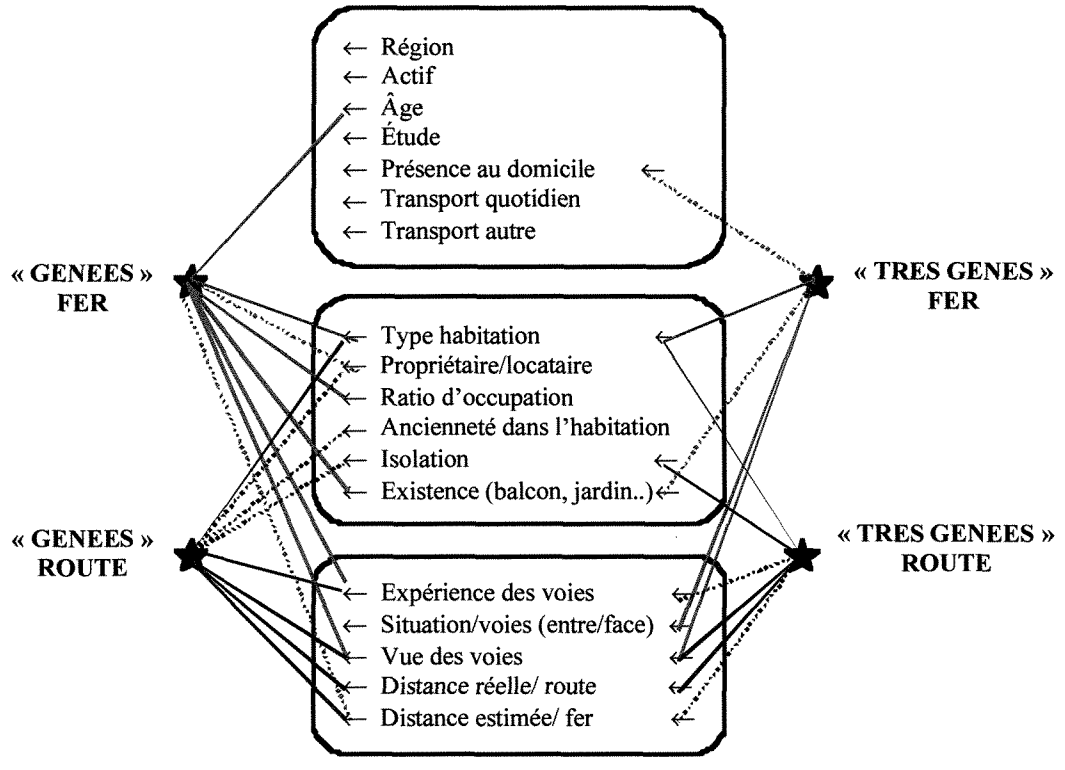
L'analyse des liaisons entre variables à expliquer (gêne) et variables non-acoustiques explicatives s'appuie sur la statistique du Chi-2 qui teste l'indépendance entre deux variables qualitatives. Les variables non-acoustiques sont :

- facteurs de situation : région, type d'habitation, existence de balcon-jardin, situation par rapport aux voies, vue des voies, distance réelle par rapport aux voies, isolation de façade ;

- facteurs démographiques : âge, niveau d'étude, actif, présence au domicile, utilisation des transports au quotidien et autres, statut d'occupation du logement (propriétaire ou locataire), ratio d'occupation du logement, ancienneté dans l'habitation, expérience des voies,

Le codage des modalités est fourni en annexe 4 [36].

Figure 35 : Représentation graphique des résultats des tests du chi-2 entre variables à expliquer (gêne) et variables non-acoustiques



_____ test du Chi-2 significatif (0.01<=proba.<=0.05)
- - - - - test du Chi-2 très significatif (0.001<=proba.<=0.01)

Il est important de noter que le nombre de variables explicatives liées à la gêne est plus important dans le cas des personnes « gênées » que dans le cas des personnes « très gênées » et que si la variable non-acoustique est liée à la variable principale « très gênées », elle l'est également à la variable « gênées ». On peut émettre l'hypothèse que lorsque les personnes sont "très gênées", la gêne est moins dispersée et très dépendante des variables principales acoustiques. En revanche, lorsque les personnes sont « gênées », la variabilité des réponses de gêne est plus importante. Cette part de variabilité serait alors expliquée par un rôle non négligeable des facteurs « non acoustiques ».

Ce ne sont pas les mêmes variables qui sont liées à la gêne ferroviaire et à la gêne routière. Pour la gêne routière, on a plus particulièrement une liaison avec des variables comme l'ancienneté, l'expérience des voies, l'isolation. Par exemple, le fait de ne pas avoir d'expérience des voies semble fortement contribuer à la liaison avec la gêne : pourcentage plus élevé de personnes "gênées". Par contre, le fait d'avoir "toujours habité là" joue dans le sens inverse avec un pourcentage plus faible de "gênées". On retrouve également beaucoup plus de personnes "gênées" qui habitent à moins de 50m de la voie routière.

Pour la gêne ferroviaire, on note plutôt les liaisons avec les variables telles que possession de parties extérieures, la situation par rapport aux deux voies ou le ratio d'occupation de l'habitation. Les variables de distance par rapport aux voies ne sont pas des variables

fortement liées à la gêne. On note uniquement que le pourcentage de personnes "gênées" est plus important pour la classe des personnes habitant à moins de 50m de la voie ferrée.

Les variables "type d'habitation" et "propriétaire" sont liées aux deux types de gêne (routière et ferroviaire), la tendance semble être la même pour les modalités de ces variables : il y a une proportion plus importante de personnes "gênées" qui habitent un immeuble ou qui sont locataires de leur logement. Les variables comme "actif", "étude", "présence au domicile" et "utilisation des transports" ne sont liées à aucun type de gêne, quel que soit le niveau de gêne. Si une variable est au moins liée à un type de gêne, il pourrait être intéressant d'essayer de l'introduire dans un modèle de gêne (routière, ferroviaire), en évaluant la part d'information qu'elle peut apporter. Il s'agit des variables "âge", "possession de parties extérieures", "type d'habitation", "propriétaire/locataire", "ratio d'occupation", "ancienneté dans l'habitation", "expérience des voies", "isolation", "vue des voies", "situation par rapport aux infrastructures", "distances estimées ou réelles par rapport aux voies".

4. Analyse de la gêne totale

Après avoir détaillé les gênes dues à chaque source de bruit, on s'intéresse maintenant à la notion de gêne totale sur la période de 24h. Cette analyse passe essentiellement par l'application de méthodes statistiques de modélisation qui expliquent la gêne totale, soit en fonction de paramètres acoustiques (modèles gêne-niveaux sonores), soit en fonction de l'expression de la gêne propre à chaque source sonore (modèles gêne-gêne) [38]. Dans le premier cas (modèles gêne-niveaux sonores), et dans la mesure où les chapitres précédents ont montré la présence d'interactions et le rôle important de la situation d'exposition, on étudie directement la gêne totale en fonction des situations d'exposition. De plus, afin de mettre en valeur la manière dont les deux sources de bruit interviennent dans l'expression de la gêne totale, on précise l'évolution de la gêne totale en fonction des niveaux routier et ferroviaire, mais à niveau global fixé.

4.1. Relations entre gêne totale et caractéristiques acoustiques

En premier lieu, afin de situer à nouveau l'importance des liaisons entre la gêne totale et les variables acoustiques, on donne les résultats des tests du chi-2 (tableau 18). Le fait qu'ils soient tous significatifs montrent que les niveaux sonores des deux sources et les situations d'exposition jouent un rôle notoire dans l'expression de la gêne totale.

Tableau 18 : Résultats des tests du Chi-2 entre variables acoustiques et gêne totale

Critères	Gêne totale	
	gênées	très gênées
situation d'exposition sonore 3 groupes	**	*
situation d'exposition sonore 5 groupes	**	**
niveau sonore fer	*	**
niveau sonore route	**	**
niveau sonore global	**	**

- test du Chi-2 non significatif

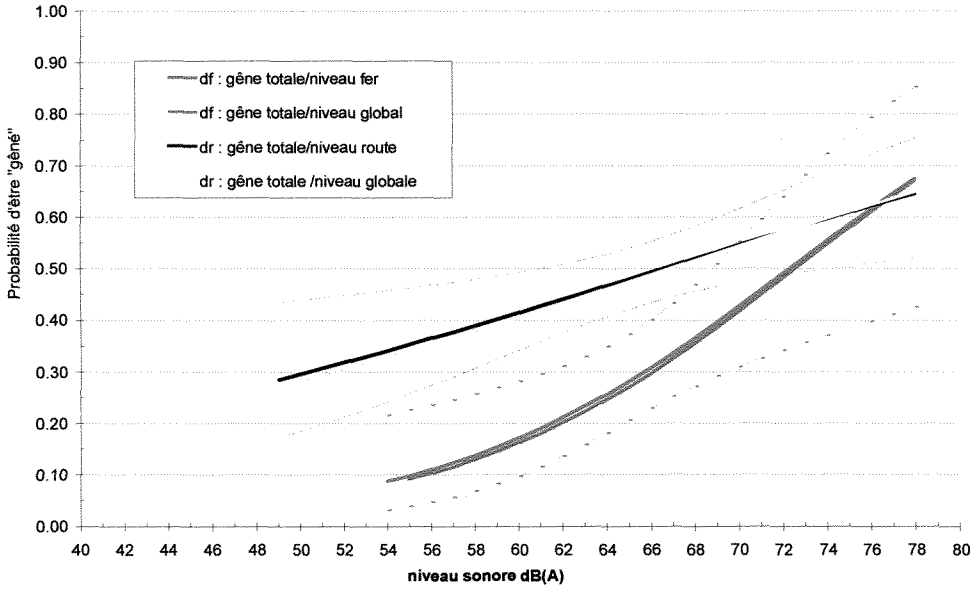
** test du Chi-2 significatif*

*** test du Chi-2 très significatif*

4.2. Gêne totale en fonction de la situation d'exposition au bruit

En situation de dominance, on trace les courbes de gêne totale en fonction du niveau global, du niveau ferroviaire et du niveau routier pour les « gênées » et « très gênées ». Les équations des courbes sont obtenues par régression logistique et sont toutes validées statistiquement.

Figure 36 : Courbes de gêne totale (« gênées ») en fonction des niveaux sonores ferroviaire, routier ou global

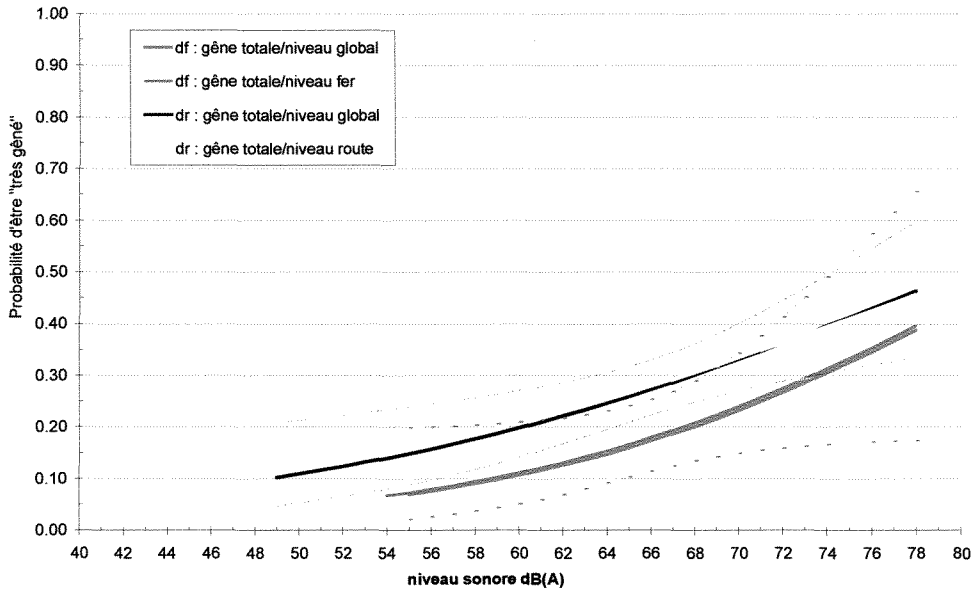


Pour les « gênées » (figure 36), les relations gêne totale-bruit sont significativement différentes suivant le type de dominance sonore (les intervalles de confiance ne se recoupent pas). On retrouve également l'existence d'un bonus ferroviaire.

De plus, pour une situation de dominance donnée (respectivement ferroviaire ou routier), les courbes de gêne totale en fonction du niveau global, et de gêne totale en fonction du niveau sonore de la source correspondante (respectivement ferroviaire ou routière) sont très proches. En situation de dominance, le niveau sonore de la source est donc aussi explicatif de la gêne totale que le niveau sonore global.

Pour les « très gênées » (figure 37), les différences ne sont pas significatives (les intervalles de confiance se recoupent), mais les mêmes tendances apparaissent.

Figure 37 : Courbes de gêne totale (« très gênées ») en fonction des niveaux sonores ferroviaire, routier ou global



Des essais de modèles à deux variables tendent à montrer que pour la situation de dominance routière, l'apport d'une seconde variable ne serait pas négligeable. La gêne totale en situation de dominance routière serait plutôt exprimée en fonction du niveau global et du niveau de la source dominante ou de la différence entre les deux sources de bruit. Cela reste à confirmer pour des analyses complémentaires.

En situation de non dominance, les trois courbes « gênées » ne sont pas significativement différentes (figure 38). Il en est de même pour les « très gênées » (figure 39). En revanche, pour les « gênées », un modèle en fonction des deux variables (niveau global plus niveau d'une des deux sources ou différence de niveau entre les sources) reste à tester car il semble que l'introduction d'une seconde variable apporterait des informations complémentaires.

Figure 38 : Courbes de gêne (« gênées ») en situation de non dominance sonore en fonction du niveau global, ferroviaire ou routier

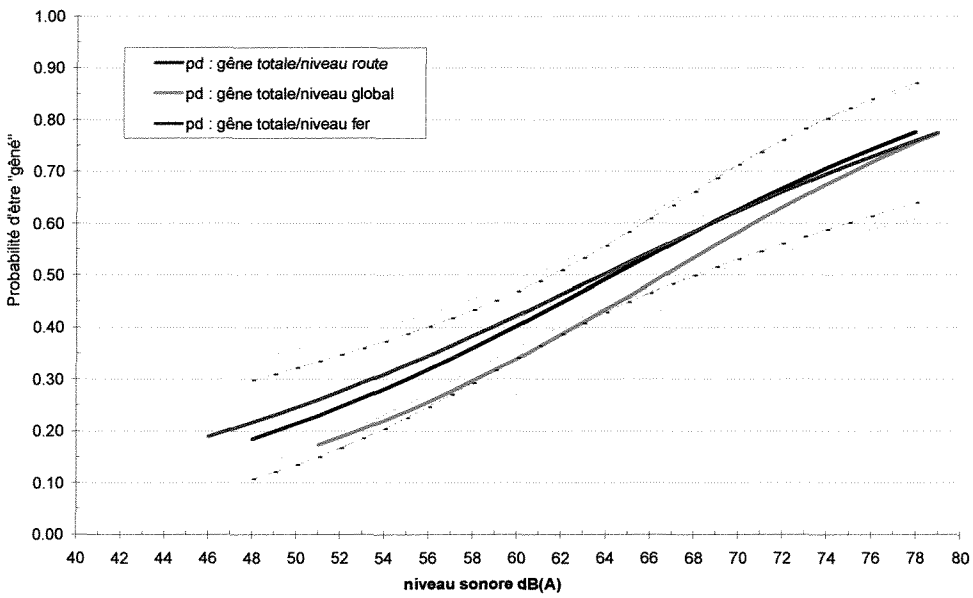
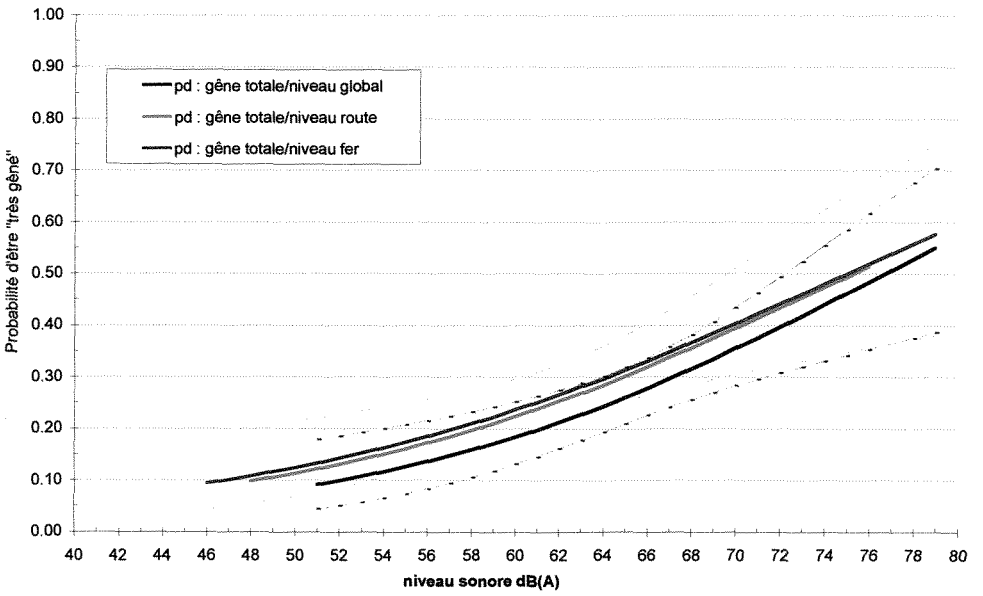


Figure 39 : Courbes de gêne (« très gênées ») en situation de non dominance sonore en fonction du niveau global, ferroviaire ou routier



Afin de préciser le caractère mono-exposé de la situation, en situation de dominance, on compare également la gêne totale exprimée en fonction du niveau ferroviaire (respectivement routier) avec la gêne ferroviaire (respectivement routière) exprimée en fonction du niveau ferroviaire (respectivement routier) pour les trois situations de dominance.

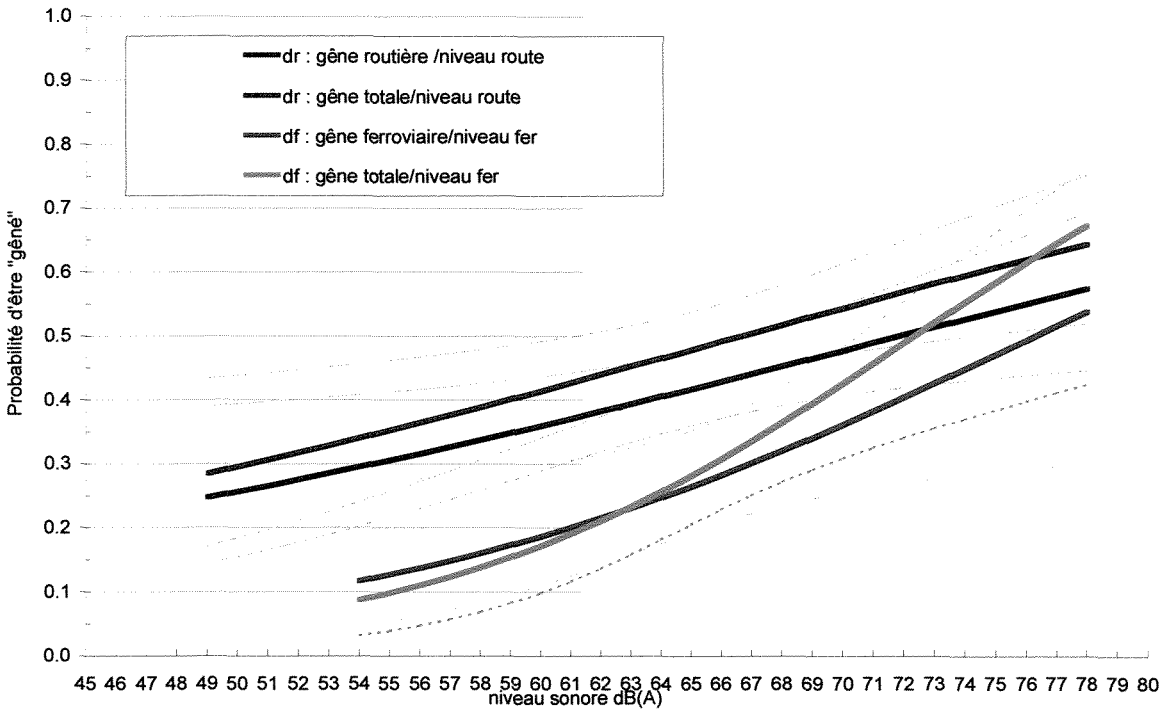
4.3. Comparaison de la gêne totale avec la gêne relative à une source donnée

4.3.1. Situation de dominance (figure 40)

Pour les « gênées », en situation de dominance sonore ferroviaire (respectivement routière), la relation gêne totale - niveau sonore ferroviaire (respectivement routier) n'est pas statistiquement différente de la relation gêne ferroviaire (respectivement routière) - niveau ferroviaire (respectivement routier). On est donc très proche d'une situation de « mono-exposition.

Dans le cas des « très gênées », les résultats sont similaires, mais la différence entre gêne routière et ferroviaire n'est plus statistiquement significative (recouvrement des intervalles de confiance). On note également qu'une fois encore, le terme correcteur en faveur du ferroviaire apparaît de manière assez significative, et pour des niveaux sonores jusqu'à 65-70 dB(A).

Figure 40 : Comparaison des courbes de gêne totale (« gênées ») pour les situations de dominance en fonction du niveau routier ou ferroviaire

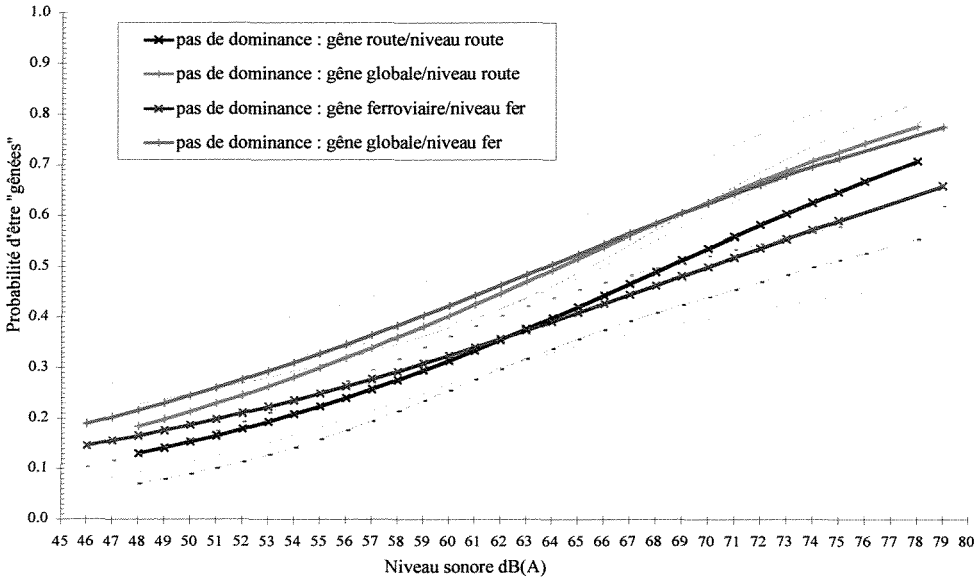


4.3.2. Situation de non-dominance (figure 41)

Dans le cas de situations de non-dominance, le recouvrement des intervalles de confiance ne permet pas d'établir de différences statistiquement significatives.

Les relations gêne totale - niveau sonore routier ou ferroviaire ne sont plus clairement identifiables à une situation de mono-exposition. On se trouve en situation de multi-exposition, et la gêne totale ne semble pas pouvoir être interprétée en fonction d'une seule source sonore.

Figure 41 : Comparaison des courbes de gêne totale (« gênées ») pour les situations de non dominance en fonction du niveau routier ou ferroviaire



4.4. Évolution de la gêne totale en fonction des niveaux sources, à niveau global fixé

Les résultats du chapitre 3 sur les couples d'exposition ont montré l'intérêt d'examiner l'influence des niveaux sonores des sources à niveau global fixé. L'étude est menée pour les 5 classes de niveau global déjà utilisées, et pour une classe fixée, la gêne est étudiée en fonction des contributions routière et ferroviaire.

Classe de niveau sonore global	$Niv_G \leq 5$	$55 < Niv_G \leq 60$	$60 < Niv_G \leq 65$	$65 < Niv_G \leq 70$	$70 > Niv_G$
Effectif	29	97	171	202	174

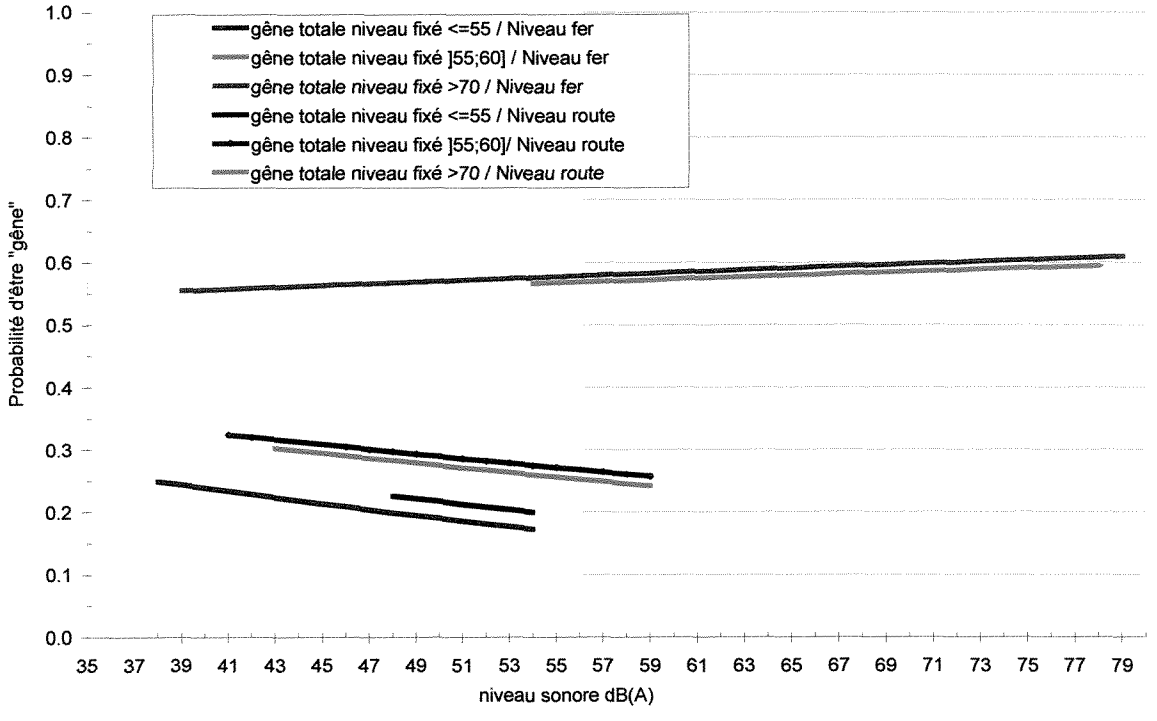
4.4.1. Cas des « gênées »

On relève un comportement différent entre les niveaux sonores élevés et les niveaux faibles d'une part, et les niveaux sonores intermédiaires d'autre part.

Niveaux sonores < 60 dB(A) et >70 dB(A)

Pour les niveaux faibles et forts (figure 42), on note peu d'évolution de la gêne totale en fonction du niveau sonore des sources, quelle que soit la combinaison fer-route. En revanche, la gêne totale augmente avec le niveau global.

Figure 42 : Courbes de gêne totale (« gênées ») pour les niveaux globaux fixés de < 55 dB(A) ou > 70 dB(A) en fonction des niveaux sonores ferroviaire ou routier

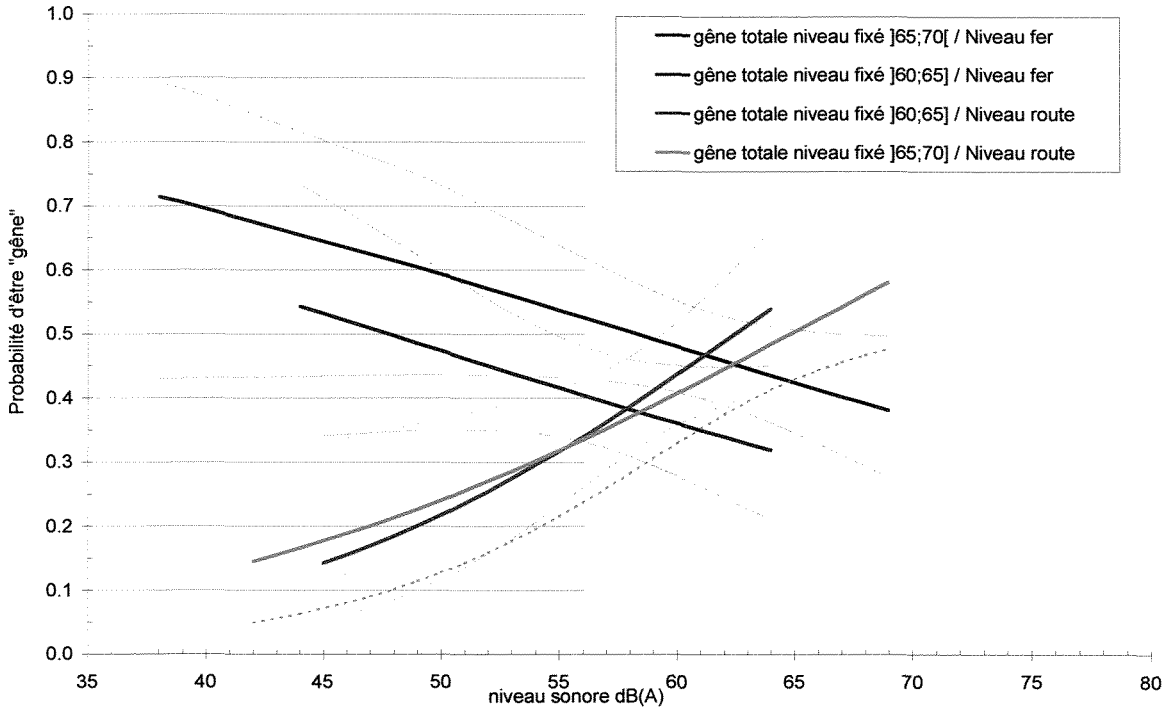


Niveaux sonores compris entre 60 et 70 dB(A)

Pour les niveaux sonores intermédiaires (figures 43 et 44), c'est-à-dire entre 60 et 70 dB(A), on trouve une relation particulière : la gêne totale est alors plus importante lorsqu'il y a prédominance du bruit routier, et plus faible lorsque le bruit ferroviaire prédomine. A faible niveau ferroviaire, correspond une situation de dominance routière, et on pourrait penser que l'importance de la gêne totale à faible niveau ferroviaire peut correspondre à un phénomène

de contamination par le bruit routier, déjà relevé par ailleurs dans ce rapport. De plus, la gêne moins élevée à niveau ferroviaire fort est cohérente avec les résultats de l'AFCM (classe 2), qui donne pour un niveau ferroviaire fort, en dominance ferroviaire, une gêne (aussi bien ferroviaire, routière, que totale) peu élevée.

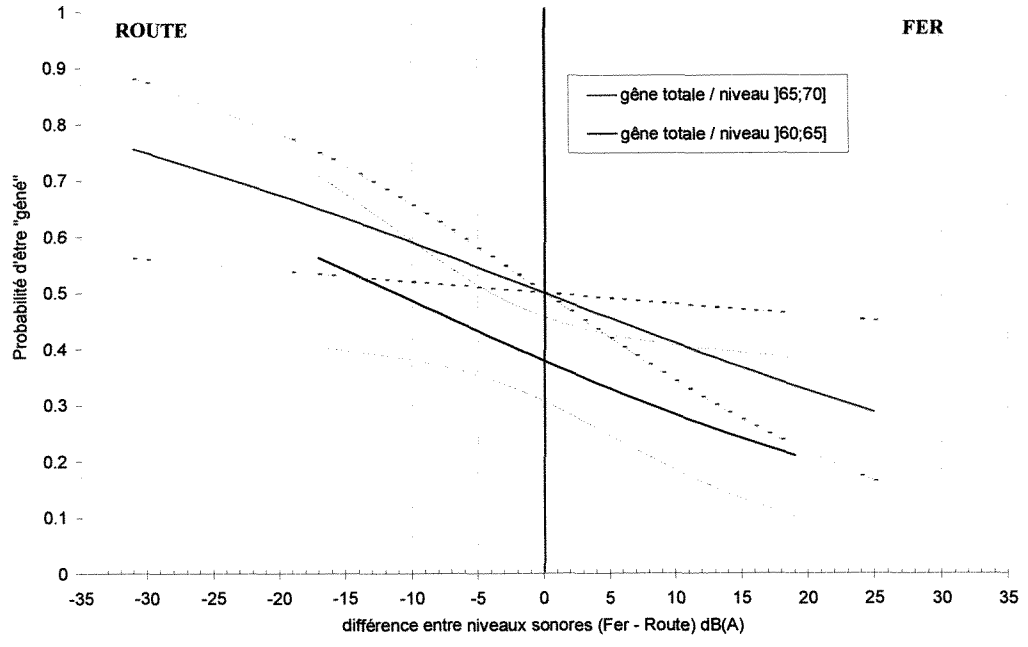
Figure 43 : Courbes de gêne totale (« gênées ») pour les niveaux globaux fixés de]60 ; 65] dB(A)]65 ; 70] dB(A) en fonction des niveaux sonores ferroviaire ou routier



Niveaux sonores compris entre 60 et 70 dB(A) en fonction de la différence Fer-Route

La figure 44 est équivalente à la figure précédente, mais la gêne est cette fois exprimée en fonction de la différence de niveau sonore entre le niveau ferroviaire et le niveau routier, et toujours pour un niveau sonore global fixé. La gêne est alors plus élevée lorsque la contribution routière au niveau global est plus élevée.

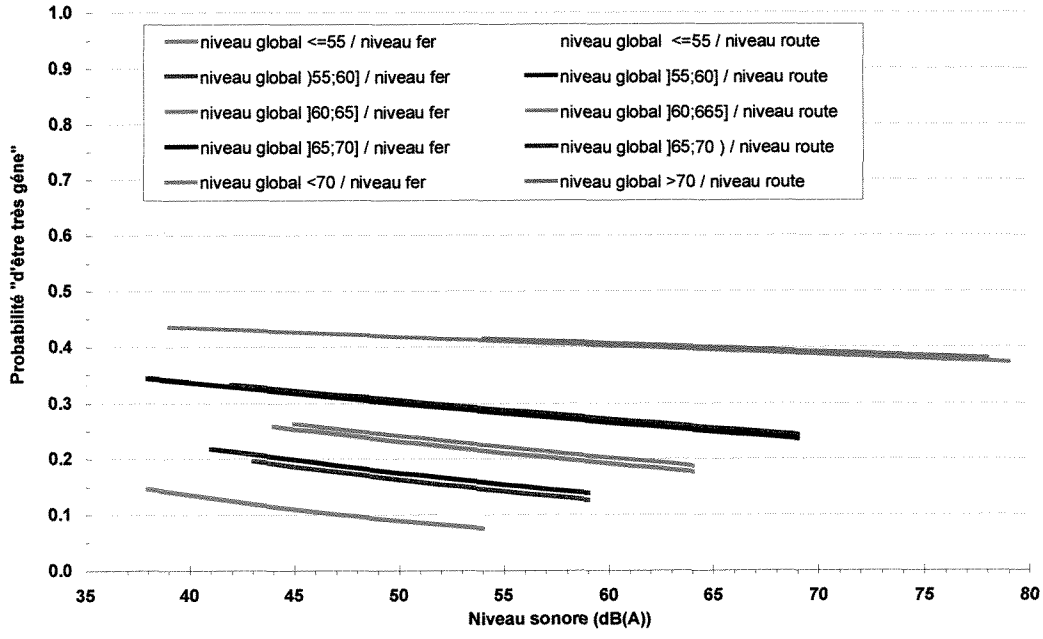
Figure 44 : Courbes de gêne totale, par classe de niveaux sonore global fixé, en fonction de la différence de niveau sonore entre le fer et la route



4.4.2. Cas des « très gênées »

Pour une classe de niveau sonore global donnée, et quel que soit le type de combinaisons bruit routier-bruit ferroviaire, la probabilité d'être « très gêné » est relativement stable (figure 45). Pour une classe de niveau sonore global supérieur, on observe une augmentation de la probabilité d'être très gêné. L'évolution de la probabilité d'être très gêné globalement ne dépend donc que du niveau sonore global, et non du type de combinaison sonore fer-route.

Figure 45 : Courbes de gêne totale (« très gênées ») pour l'ensemble des niveaux globaux fixés, en fonction des niveaux sonores ferroviaire ou routier



Pour les classes extrêmes (< 60 ou > 70 dBA), les modèles dépendent du niveau de bruit ferroviaire ou routier. Pour les classes intermédiaires, ils dépendent de la différence des deux niveaux, ou du niveau routier pour les « gênées », et du niveau routier ou ferroviaire pour les « très gênées ». De plus, les phénomènes mis en évidence sont complexes, et le comportement de la gêne totale dépend des classes de niveaux. Il est donc difficile d'établir un modèle unique pour l'ensemble de la population.

4.5. Modèle gêne-gêne

On cherche maintenant à exprimer une gêne sur 24 h en fonction d'autres notes de gêne, et à comprendre comment les personnes interrogées ont composé leur note de gêne totale en fonction des notes de gêne ferroviaire et routière.

Synthèse des modèles

Si l'on considère l'ensemble de la population enquêtée, les meilleures modèles sont les modèles dits de source dominante, ou les modèles de sommation classique. Pour tenir compte des différences d'exposition sonore de la population enquêtée, on considère maintenant les classes de dominance.

En situation de dominance ferroviaire, une seule variable explicative (niveau fer) est nécessaire. En dominance routière, l'apport d'une deuxième variable est un peu meilleur, mais un modèle à une variable reste suffisant (niveau route). En situation de non-dominance, là encore, l'apport d'une deuxième variable reste faible.

En récapitulatif, les meilleurs modèles retenus sont les suivants (tableau 19).

Tableau 19 : Modèles gêne-gêne

Dominance fer	$N_{totale} = 0.968 \max(N_{fer}, N_{route})$	$N_{totale} = 1.217(N_{fer} + N_{route})/2)$
Dominance route	$N_{totale} = 0.955 \max(N_{fer}, N_{route})$	$N_{totale} = 1.168(N_{fer} + N_{route})/2$
Pas de dominance	$N_{totale} = 0.959 \max(N_{fer}, N_{route})$	$N_{totale} = 1.126(N_{fer} + N_{route})/2$

avec Nfer, Nroute, et Ntotale, les notes de gêne respectivement ferroviaire, routière et totale.

Influence des différentes périodes

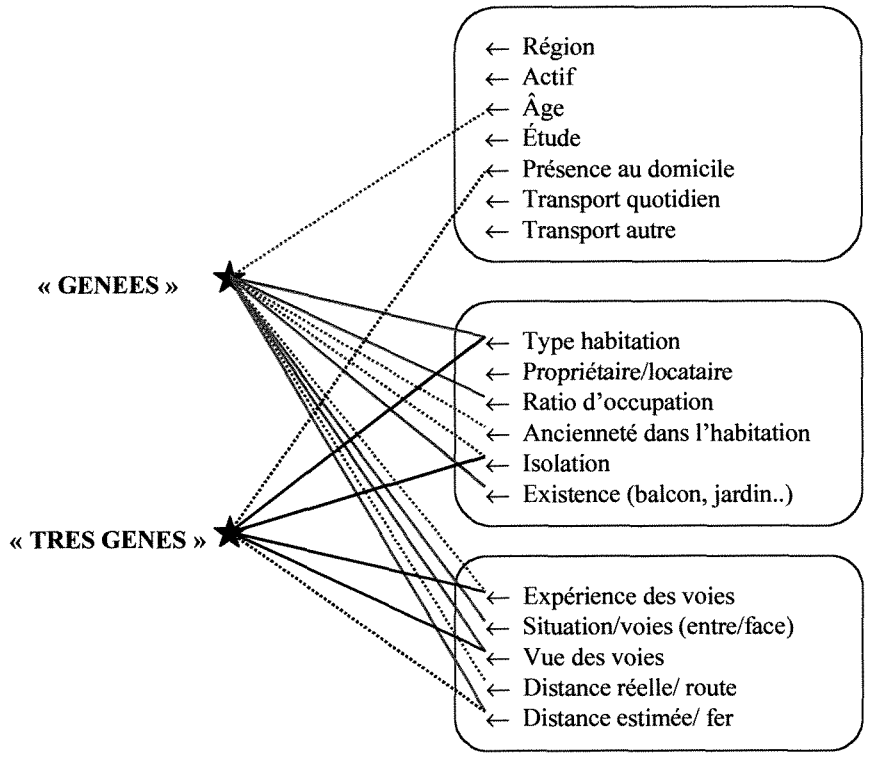
On a testé différentes combinaisons linéaires de la gêne liée aux différentes périodes de la journée, pour exprimer la gêne ferroviaire, la gêne routière et la gêne totale sur 24h. La gêne ferroviaire est principalement caractérisée par la gêne de soirée et de jour. La gêne routière est également caractérisée par la gêne de soirée et de jour, avec un apport plus important de la gêne de jour. Quant à la gêne totale, une utilisation de plus de deux variables ne présente qu'un faible apport. Elle est donc principalement caractérisée, et à parts égales, par la gêne due au bruit du trafic routier de jour, et par celle due au trafic ferroviaire de soirée, ce qui correspond globalement aux périodes de plus fortes expositions routières et ferroviaires (si l'on ne considère pas la nuit) de notre échantillon. Ces différents résultats montrent bien une gêne nocturne plus faible.

4.6. Influence des facteurs non-acoustiques

A l'identique de ce qui est présenté dans le paragraphe 3.4 « Influence des facteurs non-acoustiques explicatifs de la gêne », des liaisons entre facteurs non-acoustiques et gêne totale ont été testées.

Figure 46 : Représentation graphique des tests du Chi-2 entre variables non-acoustiques et gêne totale

- - - - *test du Chi-2 significatif (0.01<=proba.<=0.05)*
_____ *test du Chi-2 très significatif (0.001<=proba.<=0.01)*



Un grand nombre de variables exploratoires caractérisant l'habitation et sa situation par rapport aux voies ferrées sont liées à la gêne totale. Comme pour les gênes relatives à une source donnée, il y a beaucoup plus de relations pour « gênées » que pour « très gênées ».

Parmi les personnes « gênées » ou « très gênées », et par rapport aux « pas gênées », on enregistre des proportions plus importantes de personnes habitant dans un immeuble, ayant un ratio d'occupation ≤ 1, habitant le quartier depuis 4 à 10 ans, qui n'ont pas l'expérience des voies, qui ont vue sur les 2 infrastructures (route et rail), qui sont face à la voie routière, et qui sont à moins de 50m des voies.

Ces variables pourraient là encore être des sources complémentaires d'explication de la gêne totale.

Conclusion générale

1. Principaux enseignements

L'exposition combinée aux bruits provenant d'infrastructures routières et ferroviaires (situation de multiexposition) a conduit à s'interroger sur l'évaluation de la gêne ressentie par les populations riveraines concernées. Outre la question de la caractérisation acoustique de ce type d'exposition (localisation des sources par rapport à l'habitat - phénomènes de masquage), ont été abordées les questions de la comparaison des sources de bruit, de leurs interactions sur la gêne ainsi que de l'évaluation et de la modélisation de la réaction totale aux deux sources de bruit.

Afin de répondre à ces interrogations, l'enquête nationale menée par l'INRETS et la SNCF auprès de 700 riverains exposés à ces deux sources de bruit a permis de mettre en évidence les résultats suivants :

- On constate une influence différente des sources de bruit selon les activités, avec une perturbation assez spécifique du bruit ferroviaire sur la communication (conversations à l'extérieur du logement, ou conversations téléphoniques), alors que le bruit routier est plus perturbant pour les activités à l'extérieur en général, pour l'ouverture des fenêtres, et la nuit. Il est également plus souvent à l'origine de modifications de l'usage des pièces du logement ;

- Le niveau d'exposition, mais aussi la contribution relative des 2 sources de bruit (situation de dominance d'une source sur l'autre source ou de non-dominance) ont un impact direct sur les jugements et la gêne ressentie ;

- La comparaison des relations "niveau d'exposition - niveau de gêne" établies pour chacune des sources de bruit confirme la pertinence d'un « bonus ferroviaire » (à savoir l'existence d'une gêne moins élevée pour le bruit ferroviaire à niveau d'exposition égal), en regard de la gêne due au bruit routier. Ce bonus dépend toutefois de la période considérée (jour, soirée, nuit, 24h) : autour de 2 dB(A) en soirée, de 5 dB(A) le jour, et, dans certaines conditions (dominance), jusqu'à 10 dB(A) sur la période de 24 h si on considère l'indice pondéré LDEN ;

- Bien que délicates à évaluer, des interactions entre la gêne due au bruit routier et la gêne due au bruit ferroviaire ont été mises en évidence :

    - lorsque le bruit reste modéré, la gêne due à une source de bruit spécifique semble liée au niveau sonore de la source elle-même plus qu'à la situation d'exposition (dominance- non-dominance) ou qu'à la combinaison des deux bruits ;

    - en revanche, dans des situations de forte exposition, des phénomènes tels que le masquage du bruit routier par le bruit ferroviaire ou la "contamination" du bruit ferroviaire par le bruit routier apparaissent.

- L'analyse de la gêne totale résultant de l'exposition aux deux sources de bruit confirme l'intérêt du modèle de source dominante : la gêne totale dépend du bruit de la source dominante. Cependant, dans des situations de non-dominance, la gêne totale évolue de façon complexe avec les niveaux sonores. Elle dépend soit du niveau d'une des sources pour les faibles et forts niveaux globaux, soit de la différence entre les niveaux des 2 sources pour des niveaux globaux intermédiaires ;

- La gêne totale sur 24h est très proche de la plus élevée des gênes relatives aux deux sources de bruit, ce qui valide le modèle de gêne maxi. Si on tient compte des différentes périodes (journée, soir, nuit), la gêne totale sur 24h dépend, à parts égales, de la gêne routière de jour et de la gêne ferroviaire de soirée ; la gêne nocturne ne contribuant que très faiblement au niveau de gêne sur 24h ;

- Enfin, l'analyse des variables non-acoustiques explicatives de la gêne, confirme le rôle important des facteurs de situation (vue des deux infrastructures notamment, isolation du logement), d'attitudes (non-expérience du bruit) et dans une moindre mesure des facteurs socio-démographiques (faible ratio d'occupation du logement par exemple).

2. Perspectives de recherche

Ce travail sur la compréhension et l'évaluation de la gêne dans des situations de multiexposition a permis aussi d'identifier un certain nombre de pistes de recherche pour l'avenir.

Il conviendrait notamment d'étudier de façon plus approfondie l'influence de l'évolution du bruit dans le temps qui est différente suivant la source de bruit considérée (plus ou moins continu - intermittent - périodes de calme par exemple), et donc des combinaisons temporelles rencontrées sur le terrain. Mais aussi l'importance du masquage d'une source de bruit par l'autre source (bruit plus ou moins perceptible).

Les interactions entre les sources de bruit et leurs conséquences en termes de contamination d'une gêne ressentie par une autre gêne en fonction des situations de dominance mériteraient des travaux complémentaires.

Enfin, l'étude de la gêne totale devrait être poursuivie, tant du point de vue de la connaissance et de la compréhension des processus psychologiques participant à sa construction (stratégies de moyennage, de sommation, de sommation inhibition, de composante la plus forte etc), que de la mise au point d'outils adéquats permettant son évaluation (échelles fermées, ouvertes, construction et compréhension des questions).

L'ensemble de ces perspectives de recherche pourrait faire l'objet de travaux, soit en s'appuyant sur les données déjà recueillies au cours de cette enquête in situ, soit dans le cadre de recherches nouvelles en laboratoire, en particulier en recourant à la restitution sonore virtuelle. Cette approche expérimentale, toujours utile pour la compréhension de situations complexes, conduirait à proposer aux sujets des "scénarios" présentant des séquences sonores (et éventuellement visuelles) construites à partir de combinaisons variées de bruits routiers et ferroviaires et à recueillir leurs réactions au cours d'entretiens approfondis.

Bibliographie

[1] M. Maurin, J. Lambert, A. Alauzet
Enquête nationale sur le bruit des transports en France. Rapport INRETS n° 71, Juillet 1988.

[2] P. Champelovier, J. Lambert
Gêne due à la mutiexposition au bruit - Analyse bibliographique. Rapport INRETS-LEN 9620 préparé pour la SNCF, Novembre 1996.

[3] C.G. Bottom
A social survey into annoyance caused by the interaction of aircraft noise and traffic noise. Journal of Sound and Vibration (1971) 19 (4), 473-476.

[4] C. G. Rice
Development of cumulative noise measure for the prediction of general annoyance in an average population. Journal of Sound and Vibration (1977) 52 (3), 345-364.

[5] V. Knall & R. Schuemer
The differing annoyance levels of rail and road traffic noise. Journal of Sound and Vibration (1983) 87 (2), 321-326.

[6] I. H. Flindell
Pressure Leq and multiple noise sources : a comparison of exposure-response relationships for railway noise and road traffic noise. Journal of Sound and Vibration (1983) 87 (2), 327-330.

[7] K. Izumi
Annoyance due to mixed source noises - A laboratory study and a field survey on the annoyance of road traffic and railroad noises. Journal of Sound and Vibration (1988) 127 (3), 485-489.

[8] M. Vernet & D. Letisserand
Gêne due au bruit ferroviaire : multiexposition bruit routier/bruit ferroviaire. Rapport INRETS-LESCO 9004, Juin 1990.

[9] G. Haück
Lästigkeitsunterschied zwischen den Geräuschen des verkehrs. Lärmbekampfung 38 (1991), 162-166.

[10] U. Jörg & A. M. Seiler
Résultats d'une enquête relative à la gêne subjective due à l'impact cumulé du bruit du trafic routier et des avions. Méd. et Hyg., 1992, 50, 3383-3385.

[11] J. B. Ollerhead
Predicting public reaction to noise from mixed sources. Internoise 78 Proceedings, pp 579-584.

[12] J. B. Ollerhead
Accounting for time of day and mixed source effects in the assessment of community noise exposure. Asha Report n°10, pp 556-561, 1980.

[13] B. Berglund, U. Berglund, M. Goldstein, T. Lindvall
Loudness (or annoyance) summation of combined community noises. J. Acoust. Soc. Am. 70 (6), 1628-1633, Dec. 1981.

[14] S. M. Taylor
A comparison of models to predict annoyance reactions to noise from mixed sources. Journal of Sound and Vibration (1982) 81 (1), 123-138.

[15] J. Vos
Annoyance caused by simultaneous impulsive, road-traffic, and aircraft sounds : A quantitative model. J. Acoust. Soc. Am. 91 (6), 3330-3345, June 1992.

[16] T. Ronnebaum, B. Schulte-Fortkamp & R. Weber
Synergetic effects of noise from different sources: a literature study. Inter.Noise 96 Proceedings, Book 4, pp. 2241-2246.

[17] C.A. Powell
A summation and inhibition model of annoyance response to multiple community noise sources. NASA Technical Paper 1479, Langley Research Center, Hampton, Virginia, 1979.

[18] H.M. Miedema, T. Gjestland
A noise metric for multi-source noise environments. Inter.Noise 2000 Proceedings, Volume 6, pp 3533-3537.

[19] S. Job & J. Hatfield
Factors contributing to reported reaction to combined noise source. Inter.Noise 2000 Proceedings, Volume 6, pp 3551-3555.

[20] B. Berglund & M.E. Nilsson
Total annoyance and perceptually discernible noise sources. Inter.Noise 2000 Proceedings, Volume 6, pp 3541-3544.

[21] M.U. Möhler et A. Schümer-Kohrs
Etude bibliographique sur l'effet du bruit de trafic ferroviaire seul et comparé à d'autres sources de bruit de trafic. Rapport pour l'ORE, DT 170 (C 163), Utrecht, Avril 1985.

[22] P. Champelovier & J. Lambert
Comparaison de la gêne produite par le bruit ferroviaire à celle produite par le bruit routier - Synthèse bibliographique. Rapport INRETS-LEN 9417 préparé pour la SNCF, Mai 1994.

[23] J. M. Fields
Effect of personal and situational variables on noise annoyance with special reference to implications for en route noise. Report DOT/FAA/EE-92/03, August 1992.

[24] B. Berglund & M.E. Nilsson
Empirical issues concerning annoyance models for combined noises. Inter.Noise 1997 Proceedings, Volume II, pp. 1053-1058.

[25] P. Champelovier, J. Lambert
Gêne due à la multiexposition au bruit des transports : Enquête exploratoire réalisée dans la région Rhône-Alpes. Rapport LEN n° 9710, Mars 1997.

[26] SNCF
Analyse de contenu de l'enquête exploratoire », Compte rendu n° 3, Rapport intermédiaire, SNCF, Avril 1997.

[27] SNCF
Etude des variables d'attitude. Rapport SNCF, mars 2000.

[28] R. Guski, U. Felscher-Suhr, R. Schuemer
The concept of noise annoyance: how international experts see it. Journal of Sound and Vibration (1999) 223(4), 513-527

[29] J.M. Fields and al.
Guidelines for reporting core information from community noise reaction survey. Journal of the Acoustical Society of America (1997) 206(5) 685-695.

[30] ISO/TC43/SC1/WG49
Acoustics - Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. Draft Technical Specification ISO/DTS 15666, 2001-04-06.

[31] CETUR
Indicateur de la gêne due au bruit d'origine ferroviaire. Publication du CETUR 1988.

[32] U. Moehler, M.Liepert, R. Schuemer, B. Griefahn
The effects of determination of acoustic data in field studies. Proceedings of Forum Acusticum, Berlin, March 14-19, 1999.

[33] WG 2 - EU
Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. Revised report April 2001.

[34] H.M.E. Miedema, H. Vos
Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise. Journal of the Acoustical Society of America (1999) 105(6) 3336-3344.

[35] SNCF
Comparaison de la gêne route-rail. Caractéristiques de l'évolution de la gêne due à chaque source de bruit. Rapport SNCF, février 2000.

[36] SNCF
Choix et étude des paramètres explicatifs de la gêne. Rapport SNCF, mars 2000.

[37] SNCF
Etude des interactions entre deux sources de bruit au travers de la gêne exprimée. Rapport SNCF, mai 2000.

[38] SNCF
Modélisation de la gêne sur une période de 24h. Rapport SNCF, juillet 2000.

Annexes

Annexe 1 : La grille d'entretien

Annexe 2 : Fiche descriptive de site d'enquête

Annexe 3 : Le questionnaire d'enquête

Annexe 4 : Codage des modalités des variables explicatives de la gêne

Annexe 1 : La grille d'entretien

GRILLE D'ENTRETIEN

Nous réalisons actuellement une enquête pour l'INRETS, Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité. Le but est de savoir comment les gens perçoivent leur environnement. Nous souhaiterions vous poser quelques questions à ce sujet.

Thème n° 1 : L'ENVIRONNEMENT

1 - Pouvez-vous me parler de votre installation ici ?

- depuis combien de temps ? (dates les plus précises possibles)
- pour quelles raisons ?
- y a-t-il des avantages particulier à habiter ce quartier?
- où habitiez-vous avant ? Bruyant ou calme ?

2 - Quand vous vous êtes installés ici, l'autoroute (ou la route) existait-elle déjà ?

Si oui : Quel était votre sentiment par rapport à la route ?

- *avantage d'accessibilité aux infrastructures routières*
- *craintes / aucune inquiétude par rapport aux nuisances et au bruit*
- *ils avaient des informations ou se sont renseignés*
- *s'il y a eu des évolutions (changement du trafic, protections...), comment sont perçus ces changements*

...

Si non : Saviez-vous que cette route serait construite ?
Pouvez-vous me parler de cette époque ?

- *avantage d'accessibilité aux infrastructures routières*
- *craintes / aucune inquiétude par rapport aux nuisances et au bruit*
- *ils avaient des informations ou se sont renseignés*
- *ils ont pu donner leur avis ou discuter du tracé*
- *s'il y a eu des évolutions (changement du trafic, protections...), comment sont perçus ces changements*

...

SI TRAIN CLASSIQUE :

4 - Quand vous vous êtes installés ici, quel était votre sentiment par rapport à la ligne de chemin de fer ?

- *avantage d'accessibilité aux infrastructures ferroviaires*
- *craintes / aucune inquiétude par rapport aux nuisances et au bruit*
- *ils avaient des informations ou se sont renseignés*
- *s'il y a eu des évolutions depuis votre installation (changement du trafic, protections...), comment sont perçus ces changements ...*

Thème n° 2 :	LE BRUIT ROUTIER

5 - Pouvez-vous me parler du bruit de la circulation routière?

- *caractéristiques du bruit (soudaineté, continuité, intensité...), présence de poids-lourds, de motos*
- *moments de la journée, jours de la semaine*
- *influence de la météo (saison, direction du vent, pluie, ...)*
- *autres influences*
- *le bruit est-il perçu différemment d'une pièce à l'autre?*
- *à l'intérieur et à l'extérieur de l'habitation (jardin, balcon ... y compris espaces verts ...)*

S'il-y-a gêne :

- *type de véhicule particulier (moto, poids-lourds, ...) ?*
- *à quels moments de la journée ?*
- *pour quelles activités ? (conversations, repas, TV, jardin, ...)*
- *réactions comportementales ? (médicaments, fenêtres fermées, utilisation des pièces, ...)*
- *gêné plutôt par le bruit ou les vibrations*
- *le bruit fait sursauter*

Essayer de donner une note de gêne de 1 à 4 :

1 = pas du tout gêné
2 = un peu gêné
3 = assez gêné
4 = très gêné

Thème n°3 :	LE BRUIT FERROVIAIRE

6 - Je vais vous poser exactement les mêmes questions mais pour le bruit ferroviaire

- *caractéristiques du bruit, différences selon les trains (soudaineté, continuité, intensité, ...)*
- *moments de la journée, jours de la semaine, fréquence de passage*
- *influence de la météo (saison, direction du vent, pluie, ...)*
- *autres influences*
- *le bruit est-il perçu différemment d'une pièce à l'autre?*
- *à l'intérieur et à l'extérieur de l'habitation (jardin, balcon ... y compris espaces verts ...)*
- *proximité d'une gare*

- *direction/sens des trains*
- *perception accélération/décélération*
- *estimation du nombre de passages*

S'il-y-a gêne :

- *type de train particulier (TGV orange, bleu, rouge, Fret, Corail, ...) ?*
- *à quels moments de la journée ?*
- *dans quelles activités ? (conversations, repas, TV, jardin, ...)*
- *réactions comportementales ? (médicaments, fenêtres fermées, utilisation des pièces, ...)*
- *gêné plutôt par le bruit ou les vibrations*
- *bruit fait sursauter*

Essayer de donner une note de gêne de 1 à 4 :
1 = pas du tout gêné
2 = un peu gêné
3 = assez gêné
4 = très gêné

Thème n°4 : COMPARAISON DES BRUITS

7 - Même si vous en avez déjà parlé jusque là, entre le bruit de la route et celui du train, l'un d'eux vous paraît-il en moyenne plus élevé ?

- *si oui : un peu plus, beaucoup plus, ...?*
- *selon les moments de la journée (matin, midi, après-midi, soir, nuit, ...) ?*

8 - Trouvez-vous l'un de ces bruits plus gênant que l'autre ?

- *si oui : un peu plus, beaucoup plus, ... ?*
- *selon les moments de la journée (matin, midi, après-midi, soir, nuit, ...) ?*
- *selon les activités (conversations, repas, TV, jardin, lecture, sommeil...) ?*

POURQUOI

- *Est-ce plutôt les caractéristiques, les particularités du bruit (sifflement, grondement, métallique, sourd ...)*
- *vibrations*
- *bruit permanent / intermittent*
- *accélération / freinage, différents types de véhicules...*
- *les moments de gêne.*

9 - Si on devait en supprimer un des deux, lequel choisiriez-vous ?

10 - Pouvez-vous essayer de quantifier la GENE GLOBALE que vous ressentez, c'est-à-dire en prenant en compte les deux sources (Donner une note de gêne de 1 à 4).

a) Pour le JOUR

b) Pour la SOIREE

c) Pour la NUIT

11 - A quoi correspondent les notes que vous venez de donner, que représentent-t-elles, ? Pour les donner, pensez-vous avoir fait plutôt une somme de la note de gêne de chacun des bruit, plutôt la moyenne de ces deux notes, ou les notes globales données sont-elles le reflet de la gêne la plus élevée?

RENSEIGNEMENTS CONCERNANT L'INTERVIEWE

NOM : /_____/ **N° tél. :** /_____/

Adresse : /_____/

Age : /_____/ **ans** **Sexe :** /_____/

Catégorie socioprofessionnelle : /_____/

A quelle période de la journée êtes vous chez vous?

	Rarement	assez souvent	pratiquement toujours
de 0 à 8 heures	❑	❑	❑
de 8 à 18 heures	❑	❑	❑
de 18 à 24 heures	❑	❑	❑

Pour aller travailler ou autres trajets quotidiens, utilisez-vous plutôt

❑	le train	Temps de trajet quotidien /_____/
❑	le métro ou le RER	Temps de trajet quotidien /_____/
❑	le bus	Temps de trajet quotidien /_____/
❑	le vélo	Temps de trajet quotidien /_____/
❑	la voiture	Temps de trajet quotidien /_____/
❑	autres	Temps de trajet quotidien /_____/

Pour vos autres déplacements (week-end, vacances, ...), utilisez-vous

❑	le train	fréquence /_____/_ _ _ _ _ _ _
❑	la voiture	fréquence /_____/_ _ _ _ _ _ _
❑	l'avion	fréquence /_____/_ _ _ _ _ _ _
❑	autres	fréquence /_____/_ _ _ _ _ _

Pour vos week-ends ou vacances, est ce un de vos critères de choix que de rechercher la tranquillité ?

❑ oui ❑ non

Y a-t-il quelqu'un dans votre proche entourage qui travaille pour :

- ❑ les transports aériens
- ❑ les transports ferroviaires
- ❑ les transports routiers

Type de zone :

- ❑ urbain
- ❑ périurbain
- ❑ rural

Type d'habitat :

- ❑ HLM
- ❑ appartement
- ❑ ferme
- ❑ maison individuelle

Statut d'occupation :

- ❑ propriétaire
- ❑ locataire

Résidence :

- ❑ principale
- ❑ secondaire

Isolation individuelle :

- ❑ vitrage épais
- ❑ survitrage
- ❑ double vitrage
- ❑ double fenêtre
- ❑ tentures
- ❑ végétation
- ❑ aucune

Appartenez vous à une association :

- ❑ de lutte contre le bruit
- ❑ pour la protection de l'environnement
- ❑ autre
- ❑ non

A remplir par l'enquêteur seul :

Passage TGV :

fréquence de passage :
niveau de bruit : /_____/

Circulation routière :

❑ faible ❑ importante ❑ intense
niveau de bruit : /_____/

Environnement dans le site :

- ❑ plutôt dégradé
- ❑ plutôt agréable

Annexe 2 : Fiche descriptive de site

FICHE DE SITE

Repérage effectué par :

N° DU SITE :

Localisation : **Carte IGN N°** :	**Type de Zone** :
Nom du site ou Commune :	**Département :**
Nom de la voie routière :	

L'HABITAT

Type :

Localisation :

LES RIVERAINS à ENQUETER

Potentiel repéré	
Noms des rues et numéros repérés, lieu-dit etc.	
Noms des riverains	
Distance approximative à la voie routière	
Distance approximative à la voie ferroviaire	
Autres renseignements	

Annexe 3 : Le questionnaire

SOFRES
16 rue Barbès
92129 Montrouge
cedex

MULTI EXPOSITION

JCO/LR
97054

Format - Code Enquête	Contrat	N° Questionnaire
	45W082	

ZONE A REMPLIR IMPERATIVEMENT PAR L'ENQUETEUR

NOM ET N° DE L'ENQUÊTEUR
E 0 1

N° de feuille de quota (ou feuille de route) | Département | Catégorie d'agglomération

C
C.E. .....
Acc. .....
Rel. .....
C.P. .....

Date d'interview : le ..... / / jour / / mois 1997

Heure début : / / H / /

Numéro du site / / /

Heure fin : / / H / /

INTERROGER DES INDIVIDUS AGES DE 18 ANS ET PLUS

Bonjour,

Nous réalisons une étude portant sur l'environnement dans votre quartier.

Le but de ce travail est d'améliorer, à terme, le cadre de vie des habitants. Pour cela, nous souhaiterions connaître votre opinion à l'aide d'un questionnaire.
Les réponses sont confidentielles. Elles seront traitées statistiquement et utilisées uniquement dans le cadre de ce travail.

Habitez-vous dans ce quartier depuis au moins un an ? ⇨ **MONTRER LE PLAN DETAILLE DU SITE**

- Oui 1
- Non 2 ⇨ **STOP CONTACT**

/ / / / Mr, Mme, Melle — / Nom — Prénom

/ / / / N° — / / / / Rue,Bd,rte — / Nom de la voie ou lieu dit — / / Esc.

/ / / / / / Code postal — / Commune de rattachement postal (le cas échéant)

/ / / / / / / / / / / / / / Téléphone

Q1. Depuis combien d'années habitez-vous dans ce quartier ?
(Si la personne hésite, l'aider et bien noter le nombre d'années)

_____ années

Q2. Parmi la liste suivante, quelles sont les trois raisons principales pour lesquelles vous avez choisi de vivre dans ce logement (ou dans cette maison) ?
Vous me direz en premier celle qui vous parait la plus importante, puis celle qui suit en second, puis celle qui arrive en troisième.

TENDRE LISTE REPONSE Q.2 - NOTER L'ORDRE DES REPONSES - 3 REPONSES MAXIMUM

UNE SEULE REPONSE PAR COLONNE	**1ère réponse**	**2ème réponse**	**3ème réponse**
• Raisons financières	01	01	01
• Raisons professionnelles	02	02	02
• L'environnement, le cadre de vie	03	03	03
• J'y suis né, j'y ai toujours vécu	04	04	04
• Raisons familiales - mariages, héritage	05	05	05
• Qualité du logement	06	06	06
• Le hasard	07	07	07
• La proximité d'infrastructures de transport	08	08	08
• La proximité des commerces, écoles	09	09	09
• Autres raisons *(précisez)*	1 _____ _____	1 _____ _____	1 _____ _____

Q3. De manière très globale, comment jugez-vous votre quartier ?

- Très agréable 1
- Plutôt agréable 2
- Plutôt désagréable 3
- Très désagréable 4

Q4. Y a-t-il quelque chose dans votre environnement qui vous déplaît, que vous aimeriez voir changer en priorité?

TENDRE LISTE REPONSE Q.4 - UNE SEULE REPONSE POSSIBLE

- La pollution 01
- L'esthétique du paysage 02
- Le bruit des infrastructures routières et (ou) ferroviaires 03
- L'insécurité 04

- Les bruits de voisinage 05
- Les commerces 06
- Les activités culturelles 07
- Rien 08
- Autre *(Précisez)* 09

Q5. Diriez-vous du lieu où vous habitez qu'il est ...

... très calme 1
... plutôt calme 2
... plutôt bruyant 3
... très bruyant 4

Q6. Pensez-vous être sensible au bruit en général ?

- Pas du tout 1
- Un peu 2
- Assez 3
- Très 4

Q.6. bis - Avez-vous toujours habité ici ?

- Oui ..... 1 ⇨ **Passer à Q.16**
- Non 2

Q7. Quel est le dernier lieu où vous avez habité avant votre installation ici ?

UNE SEULE REPONSE POSSIBLE

- Une zone rurale (à la campagne) 1
- Une petite ville (moins de 2000 habitants) 2
- Une ville moyenne (plus de 2000 habitants et moins de 100 000 habitants) 3
- Une grande agglomération (plus de 100 000 habitants) 4

Q8. Vous diriez de ce lieu où vous habitiez juste avant votre installation ici, qu'il était :

- Plus bruyant qu'ici 1
- Vous n'avez pas noté de différence entre les deux 2
- Moins bruyant qu'ici 3
- Ne sait pas *(Ne pas suggérer)* 4

Q9. Avant de vous installer ici, avez-vous déjà habité à proximité d'une voie routière (route, rue,...) ?

- Oui 1
- Non ..... 2 ⇨ **Passer à Q.10**

Q.9 bis - S'agissait-il...

PLUSIEURS REPONSES POSSIBLES

.... d'une nationale 1
.... d'une autoroute 2
.... d'un périphérique ou d'une voie rapide 3
.... d'une avenue, d'un boulevard 4
- Autre type de voie ***(Précisez)*** 5

_____

Q10. Avant de vous installer ici, avez-vous déjà habité à proximité d'une voie ferroviaire ?

- Oui 1
- Non ..... 2 ⇨ **Passer à Q.11**

Q.10 bis - Quels types de trains circulaient sur cette voie ferroviaire ?

- TGV 1
- Autre train de voyageurs grandes lignes ou régional 2
- train de banlieue / RER 3
- train de marchandises 4
- Autre ***(Précisez)*** 5

_____

Q11. Lorsque vous êtes venu vous installer ici :

... les voies routière et ferroviaire existaient déjà ..... 1 ⇨ **Passer à Q.14**
... la voie routière seule existait ..... 2 ⇨ **Passer à Q.12**
... la voie ferrée seule existait ..... 3 ⇨ **Passer à Q.13**
... aucune des deux n'était présente ..... 4 ⇨ **Passer à Q.13 bis**

Si 2 en Q.11

Q12. Pouvez-vous me dire en quelle année la <u>voie ferroviaire</u> a été construite (même approximativement) ?

19 ____ ⇨ **Passer à Q.14**

Si 3 en Q.11

Q13. Pouvez-vous me dire en quelle année la <u>voie routière</u> a été construite (même approximativement) ?

19 ____ ⇨ **Passer à Q.14**

Si 4 en Q.11

Q.13 bis - Pouvez-vous me dire en quelle année la voie ferroviaire a été construite (même approximativement) ?

- La voie ferroviaire en 19 ____

Q.13 ter - Pouvez-vous me dire en quelle année la voie routière a été construite (même approximativement) ?

- La voie routière en 19 ____

Q14. Avez-vous eu des hésitations à venir vous installer dans ce logement ?

- Oui ..... 1.
- Non ..... 2. ⇨ **Passer à Q.16**

Q15.Pour quelles raisons avez-vous hésité ?

NE RIEN SUGGERER - BIEN RELANCER

A TOUS

Q16. Lorsque vous êtes dans votre logement <u>fenêtres fermées</u>, pouvez-vous dire si le bruit qui vient de l'extérieur est...

... pas du tout fort ..... 1.
... un peu fort ..... 2.
... assez fort..... 3.
... très fort ..... 4.

Q.16 bis - Lorsque vous êtes dans votre logement <u>fenêtres ouvertes</u>, pouvez-vous dire si le bruit qui vient de l'extérieur est...

... pas du tout fort ..... 1.
... un peu fort ..... 2.
... assez fort..... 3.
... très fort ..... 4.

Q17. Je vais vous lire un certain nombre de phrases. Pour chacune d'elles vous me direz si vous êtes - pas du tout d'accord, plutôt pas d'accord, plutôt d'accord, tout à fait d'accord.

CITER CHAQUE ITEM	**Pas du tout d'accord**	**Plutôt pas d'accord**	**Plutôt d'accord**	**Tout à fait d'accord**
1. J'oublie le bruit des trains.....	1.	2.	3.	4.
2. J'oublie le bruit routier.	1.	2.	3.	4.
3. Ce qui est insupportable, c'est le mélange des deux bruits, celui de la route et celui de la voie ferrée.....	1.	2.	3.	4.
4. Le bruit ferroviaire seul serait tout à fait supportable.....	1.	2.	3.	4.
5. Le bruit routier rend mon environnement insupportable.....	1.	2.	3.	4.
6. Le bruit routier est gênant parce qu'il est continu.	1.	2.	3.	4.
7. Ce sont les bruits du type Klaxons, crissements des freins, ou encore les sirènes des voitures (ou poids lourds) qui me dérangent le plus.....	1.	2.	3.	4.
8. Le bruit routier seul serait tout à fait supportable.	1.	2.	3.	4.
9. Le bruit ferroviaire rend mon environnement insupportable.....	1.	2.	3.	4.
10. Ce sont les bruits de type klaxons, crissements des freins dus aux trains qui me dérangent le plus.	1.	2.	3.	4.

Q18. Je vais vous lire un certain nombre de phrases. Pour chacune d'elles vous me direz si vous êtes - pas du tout d'accord, plutôt pas d'accord, plutôt d'accord, tout à fait d'accord.

CITER CHAQUE ITEM	**Pas du tout d'accord**	**Plutôt pas d'accord**	**Plutôt d'accord**	**Tout à fait d'accord**
1. Le bruit du trafic routier est moins fort que le bruit du trafic ferroviaire.	1.	2.	3.	4.
2. Lorsqu'un train passe on entend moins le bruit de la route.....	1.	2.	3.	4.
3. Le bruit routier masque le bruit des trains.....	1.	2.	3.	4.

Q19. Avez-vous un balcon, une terrasse ou un jardin ?

- Oui ..... 1.
- Non ..... 2. ⇨ **Passer à Q.21**

Q20. Je vais vous citer un certain nombre de situations. Pour chacune d'elles vous me direz si cela vous arrive toujours, occasionnellement, assez souvent, jamais.

CITER CHAQUE ITEM	**Jamais**	**Occasion-nellement**	**Assez souvent**	**Toujours**
1. Le bruit routier m'empêche de profiter pleinement du jardin, du balcon ou de la terrasse.	1	2	3	4
2. Le bruit ferroviaire m'empêche de profiter pleinement du jardin, du balcon ou de la terrasse..	1	2	3	4
3. Sur mon balcon, terrasse ou jardin, mes conversations sont perturbées par le bruit routier..	1	2	3	4
4. Sur mon balcon, terrasse ou jardin, mes conversations sont perturbées par le bruit ferroviaire.	1	2	3	4
5. Je me repose dans le jardin (terrasse ou balcon) à la belle saison.	1	2	3	4

Q21. Lorsque vous êtes à l'intérieur de votre logement, êtes-vous...

... pas du tout gêné par le bruit routier ..... 1.
... un peu gêné par le bruit routier ..... 2.
... assez gêné par le bruit routier ..... 3.
... très gêné par le bruit routier ..... 4.

Q22. Lorsque vous êtes à l'intérieur de votre logement, êtes-vous ...

... pas du tout gêné par le bruit ferroviaire ..... 1.
... un peu gêné par le bruit ferroviaire ..... 2.
... assez gêné par le bruit ferroviaire ..... 3.
... très gêné par le bruit ferroviaire ..... 4.

Q23. Dans l'ensemble, estimez-vous être ...

... plus gêné l'hiver que l'été ..... 1.
... plus gêné l'été que l'hiver ..... 2.
... ou bien votre gêne ne varie pas en fonction des saisons ..... 3.

Q24. Pensez-vous que les conditions météorologiques ont une influence sur le bruit ?

- Oui ..... 1.
- Non ..... 2.
- NSP *(Ne pas suggérer)* ..... 3.

Q25. Ouvrez-vous vos fenêtres aussi souvent que vous le souhaitez ?

- Oui ..... 1. ⇨ **Passer à Q.26 bis**
- Non ..... 2.

Q26. Diriez-vous que ce qui vous empêche d'ouvrir vos fenêtres aussi souvent que vous le souhaitez, c'est...

... le plus souvent le bruit routier ..... 1.
... le plus souvent le bruit ferroviaire ..... 2.
... à cause des deux ..... 3.
... aucune de ces raisons ..... 4.

Q.26 bis - Habitez-vous entre la voie ferrée et la voie routière ?

- Oui ..... 1.
- Non ..... 2. ⇨ **Passer à Q.28**

Q27. Ouvrez-vous plus fréquemment les fenêtres qui donnent...

CITER LES ITEMS - UNE SEULE REPONSE POSSIBLE

- sur la voie ferrée ..... 1.
- sur la route ..... 2.
- ou indifféremment, l'un comme l'autre ..... 3.

A TOUS

Q28. Qu'est ce qui vous paraît le plus gênant dans le bruit en général que vous entendez de chez vous ?

TENDRE LISTE REPONSE Q.28 - NOTER L'ORDRE DES REPONSES, 3 REPONSES MAXIMUM

UNE SEULE REPONSE PAR COLONNE	**1ère réponse**	**2ème réponse**	**3ème réponse**
• Le fait qu'il soit continu	1.	2.	3.
• L'importance du trafic	1.	2.	3.
• Les pics de bruit	1.	2.	3.
• Le fait que le bruit soit imprévisible	1.	2.	3.
• Les vibrations	1.	2.	3.

• Le bruit de fond permanent	1.	2.	3.
• Le fait que le bruit cesse puis reprenne, puis cesse, puis reprenne, etc...	1.	2.	3.
• L'intensité du bruit	1.	2.	3.
• Autres raisons *(précisez)*	1. _____	2. _____	3. _____

Nous vous proposons maintenant une série d'adjectifs pour décrire le bruit.
Tendre liste réponse Q.29 - Q.30. **Les adjectifs sont présentés par paire. Ils peuvent vous paraître inadaptés. L'essentiel est de répondre spontanément. Entre chacun de ces deux adjectifs se trouve une lettre de A à D. Si vous trouvez que c'est l'adjectif de gauche qui convient le mieux pour décrire votre situation vous me direz A. Si vous trouver que c'est l'adjectif de droite vous me direz D. Les lettres B et C servent à nuancer votre jugement.**

En haut de la liste réponse Q.29 - Q.30 se trouve un exemple.

Exemple : « je trouve cette musique très agréable »

Désagréable	A	B	C	D	**Agréable**

Q29. Nous allons tout d'abord parler du bruit de LA VOIE ROUTIERE :
Pour vous, le bruit de la voie routière est...

DEMANDER A L'INTERVIEWE D'UTILISER LA LISTE REPONSE Q.29 - Q.30

Permanent	A	B	C	D	**Intermittent**
Fort	A	B	C	D	**Faible**
Sonore	A	B	C	D	**Étouffé**
Aigu	A	B	C	D	**Grave**
Surprenant	A	B	C	D	**Attendu**
Changeant	A	B	C	D	**Identique**
Excessif	A	B	C	D	**Acceptable**

Q30. Nous allons maintenant parler du bruit de LA VOIE FERROVIAIRE
Pour vous, le bruit de la voie ferroviaire est...

DEMANDER A L'INTERVIEWE D'UTILISER LA LISTE REPONSE Q.29 - Q.30

Permanent	A	B	C	D	**Intermittent**
Fort	A	B	C	D	**Faible**
Sonore	A	B	C	D	**Étouffé**
Aigu	A	B	C	D	**Grave**
Surprenant	A	B	C	D	**Attendu**
Changeant	A	B	C	D	**Identique**
Excessif	A	B	C	D	**Acceptable**

Q31. Quels sont les types de véhicules qui vous gênent le plus ?
TENDRE LISTE REPONSE Q.31 - NOTER L'ORDRE DES REPONSES - TROIS REPONSES MAXIMUM

UNE SEULE REPONSE PAR COLONNE	**1ère réponse**	**2ème réponse**	**3ème réponse**
• Les trains de marchandises	01	01	01
• Les poids lourds	02	02	02
• Les trains de banlieue	03	03	03
• Les vélomoteurs et cyclomoteurs	04	04	04
• Les Motos	05	05	05
• Les trains corail et les trains régionaux	06	06	06
• Les voitures	07	07	07
• Les TGV	08	08	08
• Autres raisons *(précisez)*	09	09	09

Q32. Je vais vous citer un certain nombre de situations. Pour chacune d'elles vous me direz si cela vous arrive jamais, occasionnellement, assez souvent, toujours.

CITER CHAQUE ITEM	**Jamais**	**Occasion-nellement**	**Assez souvent**	**Toujours**
3. Le bruit de la route me gêne la nuit pour m'endormir	1	2	3	4
4. Le bruit routier me réveille la nuit	1	2	3	4
5. A l'intérieur, je dois m'arrêter de parler lorsque le train passe	1	2	3	4
6. Le bruit des trains me gêne la nuit pour m'endormir	1	2	3	4
7. Je monte le son de la télévision ou de la radio lorsqu'un train passe.	1	2	3	4
8. A l'intérieur, mes conversations sont perturbées par le bruit routier	1	2	3	4
9. En général le bruit des trains me gêne quand je cherche à me concentrer	1	2	3	4
10. A cause du bruit routier, je suis obligé de monter le son de la TV ou de la radio	1	2	3	4
11. En général le bruit de la route me gêne quand je cherche à me concentrer	1	2	3	4
12. Le bruit des trains me réveille la nuit	1	2	3	4
13. Mes conversations au téléphone sont perturbées par le bruit routier	1	2	3	4

14. Mes conversations au téléphone sont perturbées par le bruit ferroviaire	1	2	3	4

Q33. En ce qui concerne le bruit global (bruit routier et bruit ferroviaire confondus) que vous entendez à votre domicile diriez-vous que vous êtes...

... pas du tout gêné ..... 1.
... un peu gêné ..... 2.
... assez gêné ..... 3.
... très gêné ..... 4.

Q34. Y a-t-il un moment dans la journée, ou dans la semaine, où vous êtes particulièrement gêné ?

- Oui ..... 1.
- Non ..... 2. ⇨ **Passer à Q.40**

Q35. Quel est le moment où vous êtes particulièrement gêné ?

Q36. Avez-vous une activité particulière à ces moments là ?

- Oui ..... 1.
- Non ..... 2. ⇨ **Passer à Q.38**

Q37. Quelles activités ?

Q38. Cette gêne est-elle plutôt due au bruit routier ?

- Oui ..... 1.
- Non ..... 2.

Q39. Cette gêne est-elle plutôt due au bruit ferroviaire ?

- Oui ..... 1.
- Non ..... 2.

Q40. Je vais vous citer un certain nombre d'adjectifs pour décrire le bruit que vous entendez lorsque vous êtes chez vous.
Pour chacun d'eux vous me direz si vous êtes pas du tout d'accord, plutôt pas d'accord, plutôt d'accord, tout à fait d'accord.
Le bruit que vous entendez de chez vous est...

CITER CHAQUE ITEM	**Pas du tout d'accord**	**Plutôt pas d'accord**	**Plutôt d'accord**	**Tout à fait d'accord**
... énervant	1.	2.	3.	4.
... distrayant	1.	2.	3.	4.
... agressif	1.	2.	3.	4.
... familier	1.	2.	3.	4.
... stressant	1.	2.	3.	4.
... sécurisant	1.	2.	3.	4.

Q41. Si vous repensez aux 12 derniers mois, quelle note donneriez-vous à la gêne ressentie chez vous et provoquée par le bruit du trafic routier pour chacun des moments que je vais vous citer ?
TENDRE LISTE REPONSE Q.41 (LE THEMOMETRE) - VOICI UNE ECHELLE EN 10 POINTS : SI VOUS N'ETES PAS DU TOUT GENE, VOUS DONNEZ LA NOTE 0 ; SI VOUS ETES EXTREMEMENT GENE VOUS REPONDEZ 10 ; LES NOTES INTERMEDIAIRES SERVENT A NUANCER VOTRE JUGEMENT :

CITER CHAQUE ITEM

- En journée, soit de 6h à 19h ..... _____ sur 10
- En soirée, soit de 19h à 22h..... _____ sur 10
- La nuit, soit de 22h à 6h..... _____ sur 10
- Sur l'ensemble des 24 heures..... _____ sur 10

Q42. Si vous repensez aux 12 derniers mois, quelle note donneriez-vous à la gêne ressentie chez vous et provoquée par le bruit du trafic ferroviaire pour chacun des moments que je vais vous cite ?
DEMANDER A L'INTERVIEWE D'UTILISER LA LISTE REPONSE Q.41.
CITER CHAQUE ITEM

- En journée, soit de 6h à 19h ..... _____ sur 10
- En soirée, soit de 19h à 22h..... _____ sur 10
- La nuit, soit de 22h à 6h..... _____ sur 10
- Sur l'ensemble des 24 heures..... _____ sur 10

Q43. En résumé, et toujours en repensant aux 12 derniers mois quelle note donneriez-vous à la gêne ressentie chez vous, bruit routier et bruit ferroviaire confondus pour chacun des moments que je vais vous citer ?
DEMANDER A L'INTERVIEWE D'UTILISER LA LISTE REPONSE Q.41.
CITER CHAQUE ITEM

- En journée, soit de 6h à 19h ..... _____ sur 10
- En soirée, soit de 19h à 22h..... _____ sur 10
- La nuit, soit de 22h à 6h..... _____ sur 10
- Sur l'ensemble des 24 heures..... _____ sur 10

Q44. Avez-vous le sentiment d'être habitué ... ?

	oui	non
… au bruit routier.....	1	2
… au bruit des trains	1	2

Q45. A votre avis, combien de trains passent ici durant 24h (jour+nuit) ? _____

Q46. Avez-vous été contraint de modifier l'usage de certaines pièces à cause du bruit du trafic routier ou du bruit ferroviaire ?

- Oui ..... 1.
- Non ..... 2. ⇨ **Passer à Q.47**

Q.46 bis - Lesquelles ?

TENDRE LISTE REPONSE Q46 BIS - PLUSIEURS REPONSES POSSIBLES

- Chambre 01
- Salon 02
- Salle à manger 03
- Bureau 04
- Cuisine 05
- WC ou salle de bain 06
- Autres *(Préciser)* 07

_____

Q46 ter - Pour quelle(s) raison(s) avez-vous été obligé de modifier l'usage de cette ou de ces pièces ?

NE RIEN SUGGERER - BIEN RELANCER

Q47. De votre logement, pouvez-vous voir ...

	Oui	Non
… la voie routière.....	1	2
… la voie ferroviaire	1	2

Les scénarios

Nous allons vous proposer une série de situations fictives c'est-à-dire qu'elles ont été imaginées, elles n'existent pas dans la réalité. Elles peuvent même vous paraître irréalistes, mais, nous vous demandons de ne pas les refuser d'emblée mais plutôt d'essayer de « jouer le jeu » avec nous.

Imaginez que :

1. *Pour toutes les situations proposées, le quartier, la qualité du logement, l'accès aux transports etc... restent identiques, les mêmes qu'aujourd'hui.*
2. *Les choses qui changent sont le bruit dû à la route, le bruit dû aux trains et le paysage.*
3. *imaginez vos réactions face à ces situations nouvelles.*

SCENARIO I

Q48. Si vous aviez le choix entre ces deux situations laquelle choisiriez-vous ?

LIRE LES 2 SITUATIONS PROPOSEES LENTEMENT ET PRESENTER LA LISTE REPONSE Q.48

SITUATION 1	SITUATION 2
Il y a deux fois plus de trains qui circulent.	Le trafic routier est doublé.
La voie routière a été couverte et vous n'entendez plus le bruit provenant du trafic routier	La voie ferroviaire est enterrée et vous n'entendez plus le bruit provenant du trafic ferroviaire.

Je choisis :

- La situation 1..... 1.
- La situation 2..... 2.

SCENARIO II

Q49. Si vous aviez le choix entre ces deux situations laquelle choisiriez-vous ?
LIRE LES 2 SITUATIONS PROPOSEES LENTEMENT ET PRESENTER LA LISTE REPONSE Q.49

SITUATION 1	SITUATION 2
Il y a deux fois plus de trains qui circulent.	La circulation routière est doublée.
La circulation sur la voie routière est divisée par 2.	Le nombre des trains passant sur la voie ferrée est divisé par 2.

Je choisis :

- La situation 1..... 1.
- La situation 2..... 2.

SCENARIO III

Q50. Si vous aviez le choix entre ces deux situations laquelle choisiriez-vous ?

LIRE LES 2 SITUATIONS PROPOSEES LENTEMENT ET PRESENTER LA LISTE REPONSE Q.50

SITUATION 1	SITUATION 2
Il y a deux fois plus de trains qui circulent.	Le trafic routier double.
Le bruit de la route reste identique.	Le bruit ferroviaire reste identique.

Je choisis :

- La situation 1 ..... 1.
- La situation 2 ..... 2.

Q51. Avez-vous des remarques, des suggestions, des choses à rajouter ?

Renseignements concernant l'interviewé

RS1. Quel est votre âge ..... _____ **ans**

RS2. Sexe de l'interviewé

- Homme ..... 1.
- Femme ..... 2.

RS3. Actuellement, exercez-vous une activité professionnelle ?

TENDRE LISTE REPONSE RS3

- Oui, travaille ..... 1.
- Non, chômeur mais a déjà travaillé ..... 2.
- Non, retraité, pré-retraité, retiré ..... 3.
- Non, chômeur à la recherche d'un premier emploi ..... 4.
- Non, élève ou étudiant ..... 5.
- Non, femme au foyer ..... 6.
- Non, autre sans profession (y compris invalide) ..... 7.

RS3. bis Quelle est (ou était) votre profession?

NOTER EN CLAIR

RS3 ter - Etes-vous ou êtiez-vous un salarié...

	OUI	NON
... de la SNCF	1.	2.
... d'une société d'autoroute	1.	2.
... d'une société de transport	1.	2.

Si codes 1 (travaille) ou 5 en RS3 (élève ou étudiant), poser RS4
Les autres aller en RS6

RS4. Travaillez-vous à domicile ?

- Oui ..... 1.
- Non ..... 2.

RS5. Travaillez-vous de nuit ?

- Oui ..... 1.
- Non ..... 2.
- Parfois ..... 3.

A TOUS

RS6. Quel est votre niveau d'étude (diplôme le plus élevé) ?

- Aucun diplôme ..... 1.
- Certificat d'études ..... 2.
- CAP/BEP ..... 3.
- Baccalauréat ..... 4.
- Etudes Supérieures ..... 5.
- Autre ***(Précisez)*** ..... 6.

RS7. Etes-vous présent à votre domicile <u>tout le temps</u> ?

- Oui ..... 1. ⇨ **Passer àRS.9**
- Non ..... 2.

RS8. Sinon, êtes-vous à votre domicile...

	Jamais	Occasion-nellement	Assez souvent	Toujours
... en matinée	1.	2.	3.	4.
... l'après-midi	1.	2.	3.	4.
... à midi	1.	2.	3.	4.
... en soirée	1.	2.	3.	4.
... la nuit	1.	2.	3.	4.
... le week-end	1.	2.	3.	4.

RS9. Quels modes de transport utilisez-vous pour vos trajets quotidiens en semaine ?

TENDRE LISTE REPONSE RS9 - RS10.

- Voiture en tant que conducteur 01
- Voiture en tant que passager..... 02
- Train 03
- Métro 04
- Bus..... 05
- Autocar..... 06
- 2 roues motorisés 07
- Vélo 08
- A pieds..... 09
- Autre ***(Précisez)*** 1

- Aucun 98

RS10. Quels modes de transport utilisez-vous pour vos autres déplacements (Week-end, vacances...) ?

TENDRE LISTE REPONSE RS9 - RS10.

- Voiture en tant que conducteur 01
- Voiture en tant que passager..... 02
- Train 03
- Métro 04
- Bus..... 05
- Autocar..... 06
- 2 roues motorisés 07
- Vélo 08
- A pieds..... 09
- Autre ***(Précisez)*** 1

- Aucun 98

RS11. Vous habitez...

... un HLM	1.	
... un autre immeuble	2.	
... une maison individuelle en lotissement, hameau, zone pavillonnaire	3.	
... une maison individuelle isolée	4.	⇨ *Passer à RS.12*

RS.11 bis - A quel étage ? _____

A TOUS

RS12. Combien de pièces avez-vous ? ..... _____ **pièces**

RS13. Combien de personnes vivent dans votre foyer (y compris vous-même) ? _____ **personnes**

RS14. Etes-vous...

... propriétaire ..... 1.
... accédant à la propriété ..... 2.
... locataire ..... 3.
... occupant à titre gratuit ..... 4.

RS15. Est-ce votre résidence...

... principale ..... 1.
... secondaire ..... 2.

RS16. Votre habitation dispose-t-elle des équipements d'isolation suivants :
CITER LES ITEMS - PLUSIEUR REPONSES POSSIBLES

- Vitrage épais ..... 1.
- Survitrage ..... 2.
- Double vitrage ..... 3.
- Double fenêtre ..... 4.
- Tentures ..... 5.
- Autre *(Précisez)* ..... 6.

_____

- Aucun 98

RS17. Appartenez-vous à une association de lutte contre le bruit ?

- Oui ..... 1.
- Non ..... 2.

RS18. Appartenez-vous à une association pour la protection de l'environnement ?

- Oui ..... 1.
- Non ..... 2.

RS19. Appartenez-vous à une autre association ?

- Oui ..... 1.
- Non ..... 2. Passer à RS 20

RS.19 bis - Quel est l'objet de l'association à laquelle vous appartenez ?

NE RIEN SUGGERER

RS20. D'après vous, à quelle distance en mètres se trouve votre habitation...

... de la voie routière..... _____ mètres

... de la voie ferrée..... _____ mètres

RS21. Pour chaque type de pièce que je vais vous citer, vous me direz si elle donne sur la voie routière, la voie ferrée ou les deux.

ENQUETEUR : CITER TOUTES LES PIECES

Types de pièces	Sur la voie routière	Sur la voie ferroviaire	Les deux	Ne dispose pas de ce type de pièce
• Votre chambre	1.	2.	3.	4.
• Chambre des enfants ↳ Combien	1.	2.	3.	4.
• Salon	1.	2.	3.	4.
• Salle à manger	1.	2.	3.	4.
• Bureau	1.	2.	3.	4.
• Cuisine	1.	2.	3.	4.
• Jardin	1.	2.	3.	4.
• Autres pièces *(précisez)*	1. _____	2. _____	3. _____	4. _____

RS22. Pour chacune des parties extérieures de votre habitation que je vais vous citer, vous me direz si elle est orientée face à la voie routière, face à la voie ferrée, face aux deux ou si elle est exposée différemment.

CITER CHAQUE ENDROIT

	Face à la voie routière	Face à la voie ferrée	Face aux deux	Exposé différem-ment	N'en dispose pas
• Votre jardin	1.	2.	3.	4.	5.
• Votre balcon	1.	2.	3.	4.	5.
• Votre terrasse	1.	2.	3.	4.	5.

A TOUS

RS23. Avez-vous déjà pensé à quitter le quartier ?

- Oui ..... 1.
- Non ..... 2.

RS24. Prenez-vous des somnifères ou des calmants ?

- Non ..... 1.
- Quelquefois ..... 2.
- Régulièrement ..... 3.

RS25. Utilisez-vous des bouchons d'oreilles pour dormir ?

- Non ..... 1.
- Quelquefois ..... 2.
- Régulièrement ..... 3.

RS26. Accepteriez-vous qu'un technicien effectue une mesure de bruit à votre domicile :

- Oui ..... 1.
- Non ..... 2.

RS27. Avez-vous une préférence horaire ?

_____ h _____

Prendre les coordonnées du répondant
(cartouche en bas de la page 1)
Ne pas oublier le téléphone

Penser à bien situer l'habitation sur le plan détaillé du site joint en inscrivant le n° du questionnaire correspondant

(Si absence de plan, dessiner un croquis de l'habitation pour la situer par rapport aux voies)

A remplir par l'enquêteur seul :

Y a-t-il des signes pouvant laisser à penser que l'interviewé a eu des difficultés à répondre ?

- Non ..... 1.
- oui ..... 2.

(préciser si surdité, problèmes de compréhension, attitude de l'enquêté ...)

Annexe 4 : Codage des modalités des variables explicatives de la gêne

AGE **âge de la personne (5 modalités)** : mise en classes de l'âge déclaré RSQ1

Catégorie		Effectif	%
age1	: 30 ans et moins	94	14
age2	:]30;40]	143	21
age3	:]40;50]	136	20
age4	:]50;65]	165	25
age5	: plus de 65 ans	135	20
VM		0	0

ACTIF **activité de la personne (2 modalités)** : regroupement des réponses à RSQ3 (actif1 si oui (1), actif2 si non(2/3/4/5/6/7))

Catégorie		Effectif	%
actif1	: actif	330	49
actif2	: inactif	343	51
VM		0	0

ETUDE **niveau d'étude de la personne (3 modalités)** : regroupement des réponse à RSQ6 (etude1 si 1, etude2 si 2/3, etude3 si4/5)

Catégorie		Effectif	%
etude1	: aucun diplôme	105	16
etude2	: inférieur au bac	399	60
etude3	: bac ou plus	166	24
VM		3	0

DOMICILE **présence au domicile (2 modalités)** : réponse à la RSQ7

Catégorie		Effectif	%
domicil1	: tout le temps présent	338	50
domicil2	: pas tout le temps présent	334	40
VM		1	0

SDOMICIL **critère synthétique de présence au domicile (3 modalités)** : construit à partir des réponses à RS7 et RS8 (sdom1 si 1 à RSQ7, sdom2 si _ à RSQ8-1 RSQ8-2 RSQ8-3, sdom3 si 1/2 à RSQ8-1 RSQ8-2 RSQ8-3 et les restants)

Catégorie		Effectif	%
sdom1	: toujours présent	338	50
sdom2	: plutôt dans la journée	45	7
sdom3	: plutôt le soir	286	42
VM		4	1

TQUOT **type de transport quotidien (3 modalités)** : regroupement des réponses à choix multiple à RSQ9 (tquot1 si utilise uniquement des modes de transport individuels, tquot2 si utilise les deux modes, tqout3 si utilise uniquement les transports collectifs)

Catégorie		Effectif	%
tquot1	: individuel	584	87
tquot2	: individuel et collectif	37	5
tquot3	: collectif	47	7
VM		5	1

TAUTRES **type de transport pour une utilisation autres que quotidienne (3 modalités)** : regroupement des réponses à choix multiple à RSQ10 (tautre1 si utilise uniquement des modes de transport individuels, tautre2 si utilise les deux modes, tautre3 si utilise uniquement les transports collectifs)

Catégorie		Effectif	%
tautre1	: individuel	539	80
tautre2	: individuel et collectif	28	4
tautre3	: collectif	62	9
VM		44	7

EXTERNE **possession d'un balcon, terrasse ou jardin (2 modalités)** : réponses à Q19

Catégorie	Effectif	%
ext1 : possède une partie extérieure	577	86
ext2 : ne possède pas de partie extérieure	96	14
VM	0	0

HABITAT **type d'habitation (2 modalités)** : regroupement des modalités à RSQ11 (habit1 si 1 ou 2; habit2 si 3 ou 4)

Catégorie	Effectif	%
habit1 : immeuble	141	21
habit2 : maison individuelle	532	79
VM	0	0

PROPRIO **la personne est elle propriétaire ou locataire de l'habitation (2 modalités)** : regroupement des modalités de la question RSQ14 (proprio1 si 1 ou 2; proprio2 si 3 ou 4)

Catégorie	Effectif	%
proprio1: propriétaire	495	74
proprio2: locataire	176	26
VM	2	0

RATIO **ratio d'occupation de l'habitation nbre personnes/nbre de pièces (3 modalités)**

Catégorie	Effectif	%
ratio1 : <=1	123	18
ratio2 :]1;2]	308	46
ratio3 : >2	207	31

ANCIEN **ancienneté dans l'habitation (4 modalités)**

Catégories	Effectif	%
anc1 : 1 à 3 ans	132	20
anc2 : 4 à 10 ans	172	25
anc3 : 11 à 40 ans	322	48
anc4 : plus de 40 ans	47	7
VM	0	0

EXPERIENCE **expérience des voies routières et ferroviaires (5 modalités)** : critère synthétique crée à partir des questions **Q6bis** (exp1 si oui); **Q9** (exp2 si oui); **Q10** (exp3 si oui); Q9+Q10 (exp4 si oui au deux); ni Q9 ni Q10 (exp5 si non au deux)

Catégorie	Effectif	%
exp1 : toujours habité là	95	14
exp2 : expérience voie routière	154	23
exp3 : expérience voie ferroviaire	47	7
exp4 : expérience des deux voies	96	14
exp5 : pas d'expérience	279	42
VM	2	0

ISOLAT **équipement d'isolation (2 modalités)** : regroupement des réponses à RSQ16 (isolat1 si 1/2/3/4/10; isolat2 si 5/6/7/8/9/98)

Catégorie	Effectif	%
isolat1 : a au moins un équipement d'isolation	434	64
isolat2 : pas d'équipement d'isolation	235	35
VM	4	1

VUE **vision possible de la voie ferrée ou routière à partir du domicile (4 modalités)** : critère construit à partir des questions Q47-1 et Q47-2 (tableau croisé)

Catégorie	Effectif	%
vue1 : vue sur la voie routière	76	11
vue2 : vue sue la voie ferrée	33	5
vue3 : vue sur les deux voies	512	76
vue4 : pas de vue sur les voies	49	7
VM	3	0

SITUA **situation réelle de l'habitation par rapport aux deux voies (3 modalités)**

Catégorie	Effectif	%
situa1 : entre les deux voies	208	31
situa2 : face à la voie ferrée	132	20
situa3 : face à la voie routière	333	49
VM	0	0

DROUTE **distance estimée par rapport à la voie routière (3 modalités)** : mise en classes des réponses à RSQ20-1

Catégorie	Effectif	%
droute1 : <50m	378	56
droute2 : [50;200m[	193	29
droute3 : 200m et plus	96	14
VM	6	1

DFER **distance estimée par rapport à la voie ferrée (3modalités)** : mise en classes des réponses à RSQ20-2

Catégorie	Effectif	%
dfer1 : <50m	284	42
dfer2 : [50;200m[	255	38
dfer3 : 200m et plus	126	19
VM	8	1

DROUTE **distance réelle par rapport à la voie routière (3 modalités)**

Catégorie	Effectif	%
droute1 : <50m	405	60
droute2 : [50;200m[	216	32
droute3 : 200m et plus	52	8
VM	0	0

DFER **distance réelle par rapport à la voie ferrée (3modalités)**

Catégorie	Effectif	%
dfer1 : <50m	260	39
dfer2 : [50;200m[	370	55
dfer3 : 200m et plus	43	6
VM	0	0

région **regroupement des sites enquêtées en deux régions (2 modalités): 1.nord 2.sud**

Catégorie	Effectif	%
region1	316	47
region2	354	53
VM	8	0