

**Analyse des impacts du bruit sur la qualité de vie et la santé
des citoyens habitant aux abords de l'Autoroute 73- Québec**

**Rapport préparé par
Chantal Laroche, Ph.D.
Membre de l'Ordre des orthophonistes et audiologistes du Québec
Membre de l'Ordre des orthophonistes et audiologistes de l'Ontario
Professeure titulaire
Programme d'Audiologie et d'Orthophonie
École des Sciences de la Réadaptation
Faculté des Sciences de la Santé
Université d'Ottawa**

**Pour
Maître Michel Chabot
Gravel Bernier Vaillancourt**

13 mars 2013

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1.0 Mandat.....	2
2.0 Méthodologie	2
3.0 Revue de littérature scientifique concernant le bruit routier	4
3.1 Problématique générale du bruit	4
3.2 Problématique du bruit routier	6
3.3 Effets sur le bien-être et la santé	9
3.3.1 La gêne (nuisance) due au bruit	9
3.3.2 Impact du bruit sur la communication, l'attention et les émotions.....	15
3.3.3 Impact du bruit sur le sommeil.....	17
3.3.4 Autres effets sur la santé et la qualité de vie.....	21
3.4 Les plaintes causées par le bruit.....	24
3.5 Politique du bruit routier du ministère des Transports du Québec (MTQ)	24
3.6 Autres réglementations et lignes directrices concernant le bruit routier	29
4.0 Analyse des données acoustiques et des simulations sonores ainsi que des Commentaires recueillies auprès des citoyens	30
4.1 Analyse des données acoustiques et des simulations sonores.....	30
4.1.1 Analyse des mesures acoustiques et des indicateurs.....	30
4.1.1.1 Analyse du tableau 3	35
4.1.1.2 Analyse des figures affichant l'évolution du LAeq,1 min	36
4.1.1.3 Conclusion sur les données acoustiques.....	42
4.1.2 Analyse des simulations sonores	43
4.1.3 Conclusion sur les simulations sonores.....	47
4.2 Propos recueillis lors d'une visite des lieux le 24 septembre 2012.....	48
5.0 Analyse du rapport de DESSAU- 28 février 2013.....	57
6.0 Le bruit causé par l'Autoroute 73 a-t-il un impact sur la qualité de vie et la santé des résidents?.....	68

1.0 Mandat

Maître Michel Chabot de la firme Gravel Bernier Vaillancourt de Québec a approché l'auteure de ce rapport en juillet 2011 afin qu'elle se prononce sur les impacts du bruit émis par l'autoroute 73 (Charlesbourg) sur la santé et la qualité de vie des résidents habitant aux abords de cette autoroute. Ce rapport d'inscrit dans le cadre du recours collectif autorisé par la cour d'Appel (Arrêt C.A. Charles Carrier et autres c. PGQ (200-09-007063-107). Le mandat est le suivant :

À la lumière des simulations sonores et des mesures de bruit effectuées par Vinacoustik et DESSAU en juin 2012 et des données scientifiquement reconnues portant sur les effets du bruit sur le bien-être et la santé des humains, analyser si le bruit causé par l'Autoroute 73 constitue une nuisance, c'est-à-dire s'il est susceptible de troubler la paix, la tranquillité, le confort, le repos et le bien-être et s'il peut affecter la santé des personnes habitant aux abords de cette autoroute.

2.0 Méthodologie

Aux fins du mandat, l'auteure de ce rapport a franchi les étapes suivantes :

1. Analyser la littérature scientifique portant sur la problématique du bruit environnemental et plus particulièrement du bruit routier, les effets du bruit routier sur la qualité de vie et la santé, les plaintes causées par le bruit, les réglementations et les lignes directrices adoptées dans diverses juridictions provinciales, nationales et internationales concernant le bruit routier et son contrôle;
2. Visiter le voisinage de l'autoroute 73 et rencontrer des résidents habitant aux abords de cette autoroute afin de bien comprendre la problématique;
3. Analyser les données recueillies en juin 2012 et compilées par les firmes Vinacoustik Inc. et DESSAU et qui sont reproduites dans le rapport de Vinacoustik (2012);
4. Déterminer si le bruit perçu aux abords de l'autoroute 73 est susceptible de créer une nuisance au point de perturber la qualité de vie et d'affecter la santé des résidents habitant aux abords de cette autoroute.

Afin de bien camper la problématique du bruit routier, la prochaine section (Section 3) portera sur la revue de littérature qui s'intéresse aux effets du bruit sur la qualité de vie et la santé des individus qui y sont exposés ainsi qu'aux politiques ou lignes directrices provinciales, nationales et internationales propres aux bruits routiers. La littérature consultée vise à faire le bilan des 20 dernières années, en se concentrant particulièrement sur les écrits récents qui reflètent l'avis d'experts de renommée internationale sur le sujet (Mestre et al., 2011; WHO, 2011; Committee on Technology for a Quieter America, 2010; Actes de congrès de l'International Committee on Biological Effects of Noise (ICBEN), 2008 et 2011). La section 4 portera sur l'analyse des simulations sonores et des données acoustiques recueillies par Vinacoustik et DESSAU et présentera les commentaires colligés par l'auteure du présent rapport au moment de sa rencontre avec des citoyens. Enfin, la section 5 fera la synthèse des résultats afin de déterminer si l'ambiance sonore qui prévaut le long de l'autoroute 73 s'apparente à ce qui est documenté dans la littérature, si elle constitue une nuisance qui compromet la paix, la tranquillité, le confort, le repos, le bien-être et si elle peut affecter la santé des personnes habitant à proximité de cette autoroute.

3.0 Revue de la littérature scientifique concernant le bruit routier

3.1 Problématique générale du bruit

Le bruit est souvent décrit comme un son indésirable. Même à niveau modéré, il peut produire des effets psychologiques, sociaux et physiologiques (WHO, 2000). Le bruit agit directement sur le corps humain, dans des lieux et à des moments précis. Tous les documents récents qui portent sur les effets du bruit l'associent à un agent pollueur ou à un agresseur environnemental (par ex. WHO, 2000; European Commission, 2004; OMS, 2000a; OFEFP, 2005; Department of Health and Ageing, 2004; Committee on Technology for a Quieter America, 2010; WHO, 2011).

Depuis plusieurs années, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2000a et 2000b) produit des documents vulgarisés qui s'adressent aux collectivités locales. Dans ces documents, on précise qu'« un environnement sonore sain devrait donner à tous la meilleure qualité de vie possible, et permettre de combiner différentes activités, certaines demandant le silence, d'autres produisant du bruit, l'objectif étant que chacun puisse vivre, se reposer, dormir, travailler ou jouer de la musique sans préjudice pour les autres. Un environnement sain relève donc du devoir de tout un chacun autant que de la société dans son ensemble. »

Selon l'OMS (2000a), l'Europe s'est donné comme but de contrôler l'environnement sonore des collectivités dans une perspective de développement durable. Toujours selon l'OMS, la pollution sonore n'est pas acceptable, car elle implique des effets sur le bien-être et la santé, à la fois directs et cumulatifs (ex. gêne, effets physiologiques associés au stress, interférence avec la communication, le repos et le sommeil), des effets sur les générations futures (ex. détérioration de l'environnement résidentiel) et des effets socioculturels (ex. isolement social, voisinage détérioré, valeur foncière diminuée). La pollution par le bruit a longtemps été considérée comme une simple question d'acoustique. Dans le cadre de politiques environnementales visant un développement durable, cette vision limitée est maintenant révolue et la pollution par le bruit est désormais considérée comme une question de santé et de bien-être. Il faut que l'environnement sonore favorise le bien-être et la santé plutôt que de les mettre en danger. Du côté de l'Australie (Department of Health and Ageing, 2004), on ajoute que les critères de bruit utilisés depuis plusieurs années ont été établis en fonction de niveaux de bruit que l'on était en mesure de respecter près des infrastructures de transport, mais que ces niveaux ne sont pas nécessairement

adéquats pour préserver le bien-être et la santé des personnes (ex. effets sur le sommeil, la relaxation et la communication).

Un des indicateurs de niveau de bruit est le niveau continu équivalent de bruit pondéré ($L_{Aeq,T}$) qui représente une forme de moyenne de bruit sur une période de temps T. Le ministère des Transports du Québec (MTQ) utilise le $L_{Aeq,24h}$ pour rendre compte des niveaux sonores auxquels sont exposés les riverains sur une période de 24 heures et tente de le relier au niveau de gêne ressenti par ces derniers. Plusieurs documents (p. ex. OMS, 2000b; European Commission, 2004; Berger et al. 2000; Committee on Technology for a Quieter America, 2010; Mestre et al., 2011) précisent qu'un indicateur tel que le $L_{Aeq, T}$ ne peut à lui seul rendre compte de tous les effets du bruit sur l'homme (p.ex. interférence avec la communication ou le sommeil) lorsqu'il est calculé sur une période de temps trop longue. Par exemple, lorsque des événements sonores intermittents ou isolés (ex. passages de camions lourds pendant la nuit) sont intégrés sur une longue période, on noie alors la contribution de ces événements. C'est pourquoi la norme ISO 1996 (2003) souligne l'importance de tenir compte de façon spécifique de ces événements isolés ou intermittents. Le $L_{Aeq, T}$ calculé sur une trop longue période comporte en fait plusieurs lacunes qui sont connus et documentés depuis plus de 20 ans (Committee on Technology for a Quieter America, 2010; Mestre et al., 2011) :

- C'est un concept abstrait qui n'est aucunement lié à l'expérience des individus au moment où ils perçoivent le bruit. L'oreille humaine ne perçoit pas une moyenne de bruit sur 24 heures, mais bien toutes les variations instantanées du niveau sonore de ce bruit, les plus faibles comme les plus intenses;
- Il est insensible aux événements isolés, très forts;
- Un petit nombre d'événements forts peuvent avoir le même $L_{Aeq,T}$ que plusieurs événements faibles; ainsi les impacts de deux environnements sonores sont décrits comme égaux alors que leurs effets peuvent être très différents;
- Il est insensible au temps de la journée; par exemple, du bruit tôt en soirée n'a pas le même effet que tôt le matin;
- La pondération A qui est censée représenter la sensibilité de l'oreille aux différentes tonalités du bruit ne reflète pas les résultats d'études cumulés depuis 40 ans;
- C'est souvent une mesure de niveau sonore extérieur qui ne reflète pas nécessairement ce qui est entendu à l'intérieur d'une résidence;

- Ne prend pas en compte les autres caractéristiques du bruit (ex. tonalité, taux d'augmentation de la sonie) qui peuvent influencer la gêne et le sommeil;
- L'échelle logarithmique à laquelle réfère le concept du $L_{Aeq,T}$ est très difficile à comprendre pour les néophytes;
- Il est insensible aux facteurs psycho-socio-démographiques (p.ex. jugements et attitudes par rapport au bruit) qui expliquent bien plus que les facteurs acoustiques la variance dans les réactions des populations.

Le $L_{Aeq,T}$ est donc trop réducteur et il faut souvent utiliser des critères supplémentaires afin d'obtenir une image plus complète de l'effet du bruit sur les personnes (Mestre et al., 2011). De nouvelles normes (p. ex. ISO DTS 15666-2003, ISO 1996-2003) et directives (p.ex. Commission européenne, 2002) sont donc apparues au cours des dix dernières années pour mieux rendre compte des effets du bruit sur les personnes. Par ailleurs, un groupe d'experts se réunit à tous les congrès internationaux en acoustique afin de faire progresser ce dossier vers des indicateurs de bruit qui sont davantage en lien avec les effets ressentis (dernière réunion du TSG9 tenue à New York le 19 août 2012). En fait, on sait depuis près de 60 ans (Stevens et al., 1955) que des facteurs non-acoustiques influencent les réponses des communautés au bruit et qu'il faut, au minimum, prendre en considération les variations temporelles et spectrales du bruit (Committee on Technology for a Quieter America, 2010).

On se doit aussi de mentionner que les outils de mesure ont beaucoup évolués au cours des 20 dernières années, qu'ils sont beaucoup plus sophistiqués et permettent d'avoir accès à des données qui décrivent en détails l'évolution sonore dans le temps (Committee on Technology for a Quieter America, 2010). La mesure des L_{Aeq} courts (p. ex. sur des périodes de quelques secondes) est un exemple de procédure qui permet de suivre l'histoire temporelle des bruits et de mieux comprendre les effets sur le bien-être et la santé.

3.2 Problématique du bruit routier

Le bruit des véhicules routiers est sans contredit la source de bruit la plus envahissante (« pervasive ») (Bowlby, 1998; Sandberg, 2001) et causant le plus de gêne (Calixto et al., 2003; Licitra et Paviotti, 2004). Au Canada, les travaux de Michaud et al. (2005; 2008) ont démontré que le bruit routier est la source sonore qui dérange le plus souvent les citoyens qui ont répondu à

un sondage qui portait sur leur appréciation de leur environnement sonore. Selon ces études, 6.7% des canadiens seraient fortement dérangés par le bruit routier. Parmi les gens vivant à moins de 30 mètres d'une route à grande circulation, 15 à 18% d'entre eux se disaient fortement dérangés par le bruit routier.

Dans un document grand public accessible sur internet, Santé Canada (2012) cite les études de Michaud et al. et précise que le bruit commence à déranger fortement les gens lorsque les niveaux sonores à l'extérieur de leur domicile atteignent 55 dBA. On ajoute dans ce même document, que les niveaux sonores typiques sur l'accotement d'une autoroute sont de 80 à 90 dBA.

Voici des faits qui caractérisent ce type de bruit et qui permettent de mieux comprendre son impact sur les gens qui y sont exposés :

- Les véhicules routiers pris individuellement sont moins bruyants que les avions ou les trains, mais le nombre élevé de ces véhicules à proximité des récepteurs sensibles outrepassent largement leur plus bas niveau sonore. Selon l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), il y aurait 4 fois plus de gens exposés au bruit d'autoroute qu'au bruit des avions et 8 fois plus qu'au bruit des trains (Waitz, 2007).
- À 80 km/h et plus, le bruit des camions est environ 10 dB plus fort que celui des véhicules légers. Le niveau du bruit de trafic est fortement influencé par le mélange de camions et d'automobiles.
- Aux vitesses enregistrées sur les autoroutes, la principale source de bruit est l'interaction entre les pneus et la chaussée; donc même si une voiture est électrique, elle émet du bruit par son contact avec la chaussée.
- Le flux de véhicules et la quantité de véhicules lourds influencent significativement le bruit routier; une multiplication par 10 du nombre de véhicules à l'heure augmente le niveau sonore de 10 dB et double la perception subjective de ce bruit.
- Le gradient d'inclinaison de la route influence le niveau de bruit routier.
- La propagation du bruit autoroutier (avec grand débit de circulation) est de type linéaire ce qui implique que le niveau sonore décroît seulement de 3 dB par dédoublement de distance comparativement à une source ponctuelle (p.ex. un moteur industriel) qui décroît de 6 dB par dédoublement de distance. Ainsi, si le niveau sonore est de 80 dBA à 15 mètres d'une autoroute, il sera de 77 dBA à 30 mètres, 74 dBA à 60 mètres, ainsi de suite, dans une situation où tous les autres facteurs énumérés au prochain alinéa sont neutres.
- Les autres facteurs qui influencent la propagation sont : le vent, l'absorption atmosphérique et du sol, la distance de la source, la température, le taux d'humidité, les obstacles, la présence de pluie ou de neige. En ce qui a trait à la température, on

se doit d'insister sur le phénomène d'inversion qui fait que durant la nuit, les ondes sonores sont rabattues vers les quartiers résidentiels à cause du gradient de température (voir Figure 1). Ce phénomène peut s'étendre sur des centaines de mètres et expliquer pourquoi les gens éloignés de l'autoroute se plaignent de l'entendre davantage au levée et au coucher du soleil (Daigle, 2007).

- Le même phénomène d'ondes sonores rabattues vers les résidences se produit lorsqu'on est en présence d'un vent porteur (i.e. en direction du récepteur). C'est pourquoi on suggère de faire les mesures de bruit dans cette direction. (Berger et al., 2000)
- La qualité de la fenestration des résidences aura un impact sur la quantité de bruit qui pénétrera à l'intérieur des résidences.

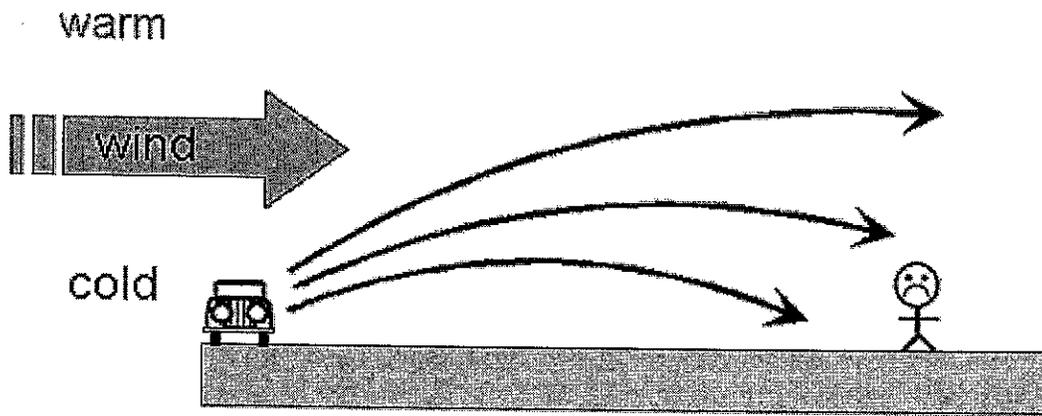


Figure 1. Effet du vent et de la température sur la propagation du son durant la nuit

Ainsi, de multiples facteurs doivent être pris en considération quand vient le temps d'évaluer l'impact du bruit routier sur la qualité de vie et la santé des citoyens qui y sont exposés. Si on se confine dans un modèle simple de propagation sonore, on se convainc que le bruit sera moins intense, et donc moins nuisible, pour les citoyens habitant plus loin de l'autoroute. Les modèles de propagation plus complexes qui intègrent l'effet de la température, du vent, des obstacles, de l'élévation des résidences par rapport à l'autoroute, etc. peuvent au contraire démontrer que certains effets non négligeables peuvent être ressentis par ces citoyens, particulièrement le soir et la nuit.

3.3 Effets sur le bien-être et la santé

Il ne fait plus aucun doute que le bruit a des effets sur la qualité de vie et sur la santé des gens. Tous les documents qui portent sur la problématique du bruit le soulignent (voir liste de références). Socialiser avec les amis ou les voisins est plus difficile quand il y a du bruit. Toutes les communications, si minimales soient-elles, peuvent être perturbées par le bruit (Riediker & Koren, 2003). Le sommeil et le repos sont aussi largement affectés par le bruit. La gêne due au bruit est l'effet le mieux connu et documenté. Des effets sur la santé (p. ex. problèmes cardiovasculaires) sont aussi démontrés. Miedema (2001) a présenté une revue exhaustive des effets du bruit lors du Congrès Inter-Noise 2001 qui réunissait un grand nombre d'experts internationaux des effets du bruit environnemental. Cette excellente revue des effets du bruit sur la santé et le bien-être est reprise dans les paragraphes suivants afin de bien comprendre l'impact sur les citoyens exposés et démontrer que les effets sont connus depuis beaucoup plus de 10 ans. Plusieurs autres sources documentaires plus récentes sont aussi citées dans cette section.

3.3.1 La gêne (nuisance) due au bruit

La gêne (nuisance) due au bruit est le phénomène le plus documenté dans le domaine des effets du bruit (Miedema, 2001; WHO, 2000; Stansfeld et al., 2000). L'OMS (2000a) définit la gêne comme « un sentiment de déplaisir associé à un agent ou une condition dont un individu ou un groupe sait ou croit qu'ils ont un effet nocif ». Plusieurs termes sont associés au déplaisir qu'une personne peut ressentir (OMS, 2000a): colère, déception, mécontentement, retrait, sentiment d'impuissance, dépression, anxiété, distraction, nervosité et épuisement. L'OMS ajoute que le fait d'avoir des gens qui rapportent une gêne importante au bruit indique qu'il y a un problème de santé publique, même si la gêne n'est pas considérée comme une maladie. La directive européenne (Commission européenne, 2002) souligne de son côté que la nuisance causée par le bruit environnemental provoque des effets néfastes sur la santé humaine et ces effets doivent être évités ou réduits.

Plusieurs études ont tenté de mettre en relation les niveaux sonores avec le degré de gêne. Plusieurs courbes ont été suggérées, mais elles ne permettent que d'expliquer environ 20 à 25% de la variance du degré de gêne dans les études épidémiologiques (Fields, 1998). Plusieurs

facteurs acoustiques, personnels et socio-démographiques entrent en jeu pour expliquer la réaction des populations au bruit.

Parmi les facteurs acoustiques, on retrouve : le niveau moyen, la durée, la fréquence, la distribution temporelle, le nombre d'événements et le niveau maximal. Par exemple, on sait que les bruits intermittents, avec composantes tonales ou de type impulsionnel provoquent plus de gêne que des bruits continus de même niveau sonore.

Plusieurs facteurs personnels sont identifiés dans la littérature : la sensibilité au bruit, le peur de la source de bruit, la capacité de composer avec le bruit, l'état émotif et psychologique. Sur la base de plusieurs études, Miedema (2007) a estimé que 25% de la population est sensible au bruit et que 10% y est très sensible. Ainsi, plus de 1/3 des gens se déclarent sensibles au bruit et auront tendance à déclarer plus de nuisance que la population moins sensible à des niveaux sonores identiques. Job (1999) ajoute que la reconnaissance que certaines personnes sont plus sensibles au bruit que d'autres ne peut être négligée et que cela démontre une variabilité inter-individuelle normale et attendue, comme dans n'importe quelle autre sphère de la perception humaine.

La capacité de faire face au problème de bruit réfère à la croyance et la confiance qu'un individu a de gérer le problème. Si cette personne a le sentiment qu'elle peut contrôler le bruit ou que celui-ci est prévisible, la nuisance pourrait diminuer (Guski, 1999). Dans les cas où la personne ne peut contrôler le bruit, elle pourra avoir recours à des comportements tels fermer les fenêtres, augmenter le volume de la télévision, ne pas utiliser les aires extérieurs de sa résidence, déménager ou se désengager d'une relation (WHO, 2000).

Parmi les facteurs socio-démographiques, on note l'âge, le revenu et le niveau d'éducation. Les jeunes et les personnes âgées seraient moins dérangés par le bruit, alors que les gens avec un niveau d'éducation élevée seraient plus sensibles. On ne peut oublier de mentionner qu'un bruit subi plutôt que choisi et le caractère imprévisible d'un bruit viennent augmenter le sentiment de gêne. Enfin, les craintes des citoyens que le bruit va augmenter dans le futur sont aussi citées comme facteur pouvant aggraver la nuisance (Guski, 1999).

Miedema (2001) présente un tableau synthèse de plusieurs études qui démontrent qu'une gêne sévère commence à apparaître lorsque le niveau de bruit intégré sur l'ensemble du jour et de la nuit (L_{DN}) atteint 42 dBA. L'indicateur L_{DN} intègre une correction de 10 dBA pour les niveaux de bruit la nuit. Cette valeur de 42 dBA est souvent citée et a été adoptée par l'OMS dans son document sur le fardeau de la maladie (WHO, 2011). L'étude de Miedema a aussi permis de confirmer ce que plusieurs experts affirment depuis plusieurs années à l'effet qu'à même $L_{Aeq, T}$, le bruit aérien est plus gênant que le bruit routier qui lui est plus gênant que le bruit ferroviaire. Ainsi, les courbes utilisées pendant plusieurs décennies (mieux connu sous le nom de courbes de Schultz) pour prédire la gêne des communautés s'avèrent inefficaces et empreint d'une trop grande variabilité pour prédire les réactions pour un mode de transport particulier. La figure 2 présente un grand nombre de données, incluant les données de Schultz, qui démontrent à quel point il est difficile d'estimer le pourcentage de gens très dérangés par le bruit généré par différents moyens de transport. Par exemple, pour une dose de bruit (représentée ici par un moyenne jour et nuit : DNL) de 65 dBA, le pourcentage de gens très dérangés (« highly annoyed ») se situe entre 0 et 50%.

Devant un tel constat d'échec de ces courbes dose-réponse, plusieurs organismes et experts suggèrent, afin de protéger la qualité de vie avec une marge de sécurité adéquate, d'opter pour un niveau moyen jour-soir-nuit (« day-evening-night »; L_{DEN}) de 55 dBA, même si tous sont conscients que le L_{DEN} ne permet pas de prédire tous les effets ressentis par les populations exposées au bruit, particulièrement pour l'interférence avec la communication et le sommeil (Committee on Technology for a Quieter America, 2010; OMS, 2000; EPA, 1974). Le tableau 1 présente les pourcentages de personnes fortement dérangées par le bruit routier pour différentes tranches de L_{DEN} . À 55 dBA, le pourcentage se situe entre 3 et 8%, alors qu'il est de 13 à 20 % pour 65 dBA. Si on ajoute les gens dérangés par le bruit à ceux fortement dérangés, on obtiendrait des pourcentages de l'ordre de 18% pour un L_{DEN} de 55 dBA et de 35% pour 65 dBA.

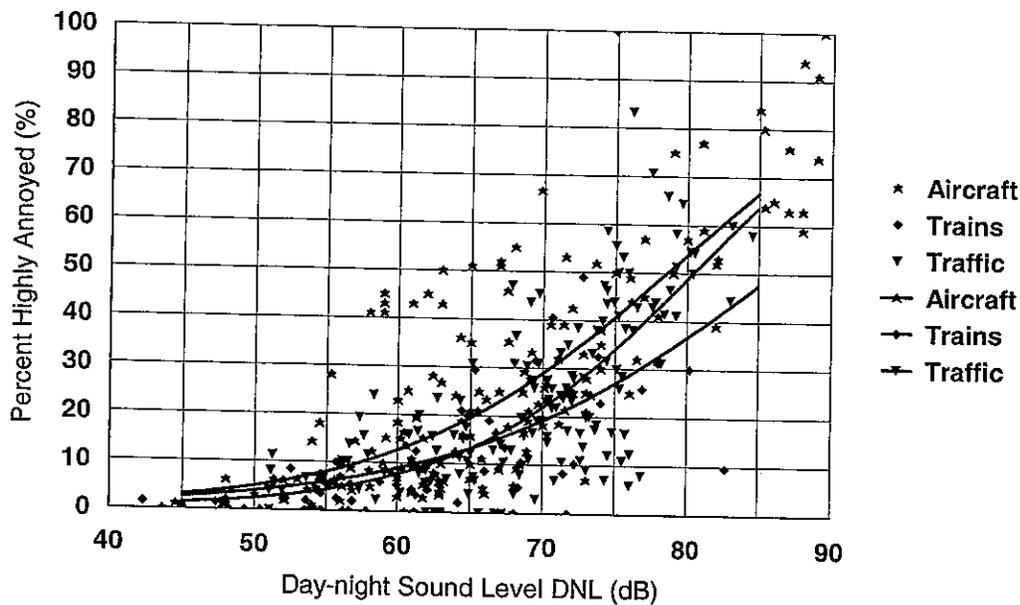


Figure 2. Compilation de données d'enquête incluant les données de Schultz mettant en relation le niveau moyen jour-nuit et le pourcentage de personnes fortement dérangées (Tiré de Schomer, 2002)

Tableau 1. Pourcentage de personnes fortement dérangées par le bruit routier en fonction du niveau moyen jour-soir-nuit (L_{DEN}). Les pourcentages sont donnés pour la valeur médiane de l'étendue (par exemple, pour l'étendue de 55 à 59 dBA, la valeur médiane est de 57 dBA; pour la colonne moins de 55 dBA, la valeur retenue est de 48 dBA) (Tiré de WHO, 2011)

L_{DEN}	% fortement dérangées
Moins de 55 dBA	2.8
55-59 dBA	8.2
60-64 dBA	13
65-69 dBA	20
70-74 dBA	30.3

Dans une session portant sur le bruit communautaire au congrès ICBEN 2008, Brown et Van Kamp (2008) ont rappelé que les courbes doses-réponses couramment utilisées dans la littérature et les normes expriment en fait la réponse humaine à des expositions aux bruits stables, constants et non-changeants dans le temps. Pourtant, les individus sont très souvent exposés à des situations où les niveaux de bruit changent en fonction du temps, sur de plus ou moins longues

périodes. Il est maintenant clairement démontré que la réponse humaine à des changements inclut en partie, un effet de changement, et en partie, un effet d'exposition. L'effet de changement se manifeste par une réponse qui dépasse les prédictions (réponse de débordement : traduction libre de « excess response ») et qui perdure dans le temps.

Lorsqu'on parle de changement, il peut s'agir d'un changement dû à l'élimination/ajout d'une source sonore ou l'augmentation/abaissement de son niveau. Les auteurs parlent alors d'un changement de type 1. Les changements de type 2 réfèrent à des interventions visant à réduire la propagation de la source, sans changer le niveau sonore à la source (ex. mur anti-bruit).

Les auteurs ont révisé une multitude d'études portant sur les effets de changement. Une de ces études récentes basées sur un grand nombre de données (Breugelmans et al., 2007) démontre une réponse de débordement (« excess response ») significative pour le groupe de gens qui ont subi une augmentation de leur exposition au bruit aux abords de l'aéroport Schipol (Pays-Bas). Ce type de réponse coïncide avec les résultats de plusieurs études récentes et une synthèse de 1997 (Horonjeff & Robert, 1997).

Lorsqu'on se concentre sur les études portant sur des changements de type 1 pour le bruit routier, il ressort clairement que les répondants qui ont vu leur exposition au bruit augmenter ont rapporté significativement plus de gêne que ce qui aurait été prédit par les études portant sur les bruits stables, alors que ceux qui ont eu une baisse de leur exposition ont rapporté moins de gêne que ce qui aurait été prédit.

Selon les auteurs, il est très important de considérer cette réponse de débordement lorsque vient le temps d'implanter de nouvelles sources de bruit dans l'environnement ou de modifier certaines sources. L'utilisation des courbes que l'on retrouve dans la littérature ne prend aucunement en compte ce phénomène et mène très souvent à des sous-estimations des réactions.

Miedema (2001) présente un cadre d'analyse des effets du bruit qui est reproduit à la page suivante (Figure 3). Les effets aigus et chroniques y sont présentés. Son cadre d'analyse est enrichi d'explications sur les façons dont le bruit interfère avec les activités ou l'état des gens. Il

s'agit de l'impact du bruit sur la communication, l'attention, l'éveil et les émotions. Ces effets peuvent se manifester séparément ou conjointement.

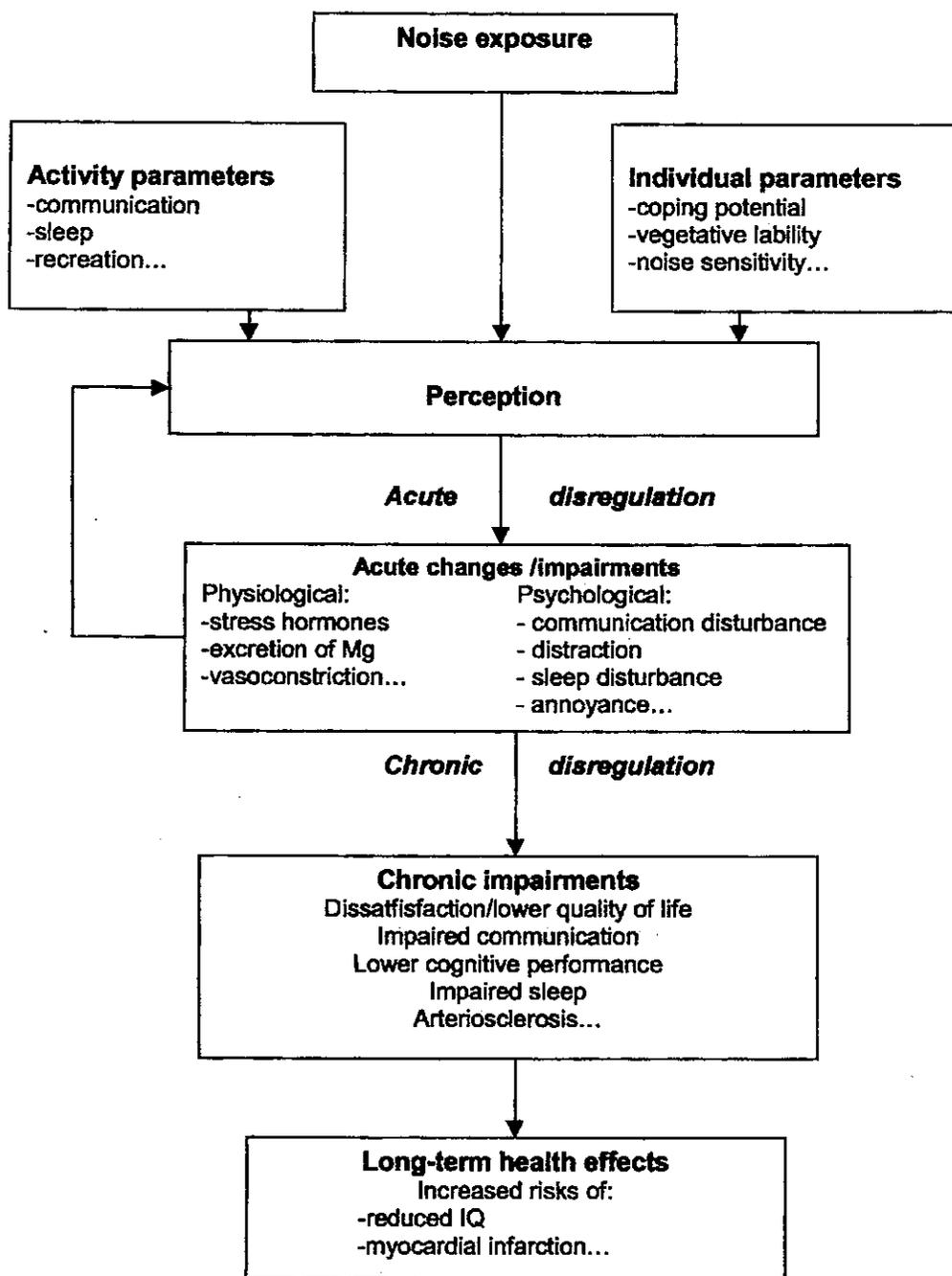


Figure 3. Cadre d'analyse pour l'étude des effets du bruit sur le bien-être et la santé (tiré de Miedema, 2001)

En résumé, pour éviter toute gêne dans la population exposée au bruit environnemental, il faudrait limiter le L_{DEN} à 42 dBA. En pratique, cette limite est difficilement atteignable aux abords des infrastructures routières. Plusieurs organismes nationaux (p.ex. Santé Canada, 2012) et internationaux (p.ex. Committee on Technology for a Quieter America, 2010; OMS, 2000) conviennent qu'une limite de 55 dBA (L_{DEN}) serait acceptable et limiterait le pourcentage de gens fortement dérangés entre 3 et 8%. L'OMS précise que la limite de 55 dBA ($L_{Aeq,16h}$ et non pas L_{DEN}) représente le début d'une gêne sévère, alors que la gêne modérée débiterait à 50 dBA. Dans sa politique sur le bruit routier MTQ (1998), le ministère des Transports reconnaît qu'une limite de 55 dBA ($L_{Aeq, 24h}$) est un niveau acceptable pour les zones sensibles soit les aires résidentielles, institutionnelles et récréatives.

Il est important de préciser que le 55 dBA ($L_{Aeq, 24h}$) préconisé par le MTQ ne se compare pas directement au 55 dBA (L_{DEN}) des autres organismes cités. En effet, les niveaux de bruit le soir et la nuit sont corrigés de +5 et +10 dB respectivement dans le calcul de l'indicateur L_{DEN} pour rendre compte d'une plus grande sensibilité à ces périodes de la journée. Ainsi, une valeur de 55 dBA exprimée en $L_{Aeq, 24h}$ peut se traduire par un L_{DEN} largement supérieur (jusqu'à 6 dB), surtout si les niveaux de nuit sont aussi élevés que le jour. Dans ce cas précis, le L_{DEN} serait de 61 dBA et dépasserait significativement la recommandation de 55 dBA.

3.3.2 Impact du bruit sur la communication, l'attention et les émotions

Il est bien connu que le bruit affecte la communication entre les gens. Le bruit peut noyer les paroles échangées entre deux personnes ou masquer des informations auditives importantes provenant de l'extérieur (exemple : avertisseurs sonores). Ce faisant, le bruit peut donc affecter la compréhension des communications échangées entre les personnes. De nombreuses études ont porté sur cet effet et toutes convergent vers un niveau de bruit entre 35 et 40 dBA comme seuil minimal à partir duquel le confort acoustique et la compréhension de la parole se dégradent chez les adultes. Chez les jeunes enfants en période d'apprentissage de la langue, ce seuil est de 35 dBA. C'est d'ailleurs cette limite de 35 dBA que l'OMS (WHO,2000) a retenu pour assurer une bonne intelligibilité de la parole et une nuisance modérée à l'intérieur des domiciles. Si ce niveau de 35 dBA est dépassé, il faut alors hausser la voix ou se rapprocher de l'interlocuteur

afin de maintenir une bonne communication. Miedema (2001) reproduit dans son article un tableau tiré de la norme ISO 9921 (1996) qui présente les niveaux de bruit nécessaires pour maintenir une conversation adéquate. Par exemple, pour une conversation à voix normale de très bonne qualité à 2 mètres, le niveau de bruit ne doit pas dépasser 42 dBA. Entre 42 et 54 dBA, le locuteur haussera graduellement le niveau de sa voix pour continuer à se faire comprendre. Le niveau de la voix sera qualifié d'élevé lorsque le bruit aura atteint 48 dBA. Lorsque le bruit atteint 54 dBA, le locuteur doit alors forcer sa voix pour maintenir la même qualité de communication. Si la distance entre le locuteur et le récepteur augmente (par ex. 4 mètres), le niveau de bruit ne devra pas excéder 48 dBA et le locuteur devra parler très fort pour encore une fois maintenir la qualité de la communication. Compte tenu de l'interférence que le bruit peut avoir sur la communication, Miedema (2001) déclare que le bruit qui masque la parole peut mener à des conséquences sociales. Les gens limitent leur conversation ou simplifient leurs messages quand il y a du bruit à cause de l'inconfort ou de l'impossibilité de communiquer. L'écoute de la télévision ou de la musique est aussi compromise lorsque le bruit ambiant est trop élevé.

Dans la vie de tous les jours, il est essentiel d'être attentif pour exécuter certaines activités mentales. Par exemple, lire, calculer ou se souvenir requièrent de l'attention. Or, le bruit peut perturber ces activités en attirant l'attention d'une personne sur le bruit plutôt que sur l'activité à accomplir ou en sollicitant l'attention de la personne pour tenter de « bloquer » le bruit. Dans ces cas, le bruit affecte la personne dans les activités qui requièrent de l'attention. Certaines personnes peuvent réussir à exécuter des activités mentales malgré la présence du bruit, mais cela peut entraîner un coût physiologique (ex. fatigue accrue, effets cardiovasculaires) que tous ne sont pas toujours prêts à payer. Miedema (2001) conclut que dans la vie de tous les jours, la conséquence la plus importante du bruit sur l'attention est que les personnes choisissent d'exécuter des activités mentales moins exigeantes ou d'éviter tout simplement de telles activités.

Normalement, lorsqu'on entend un son, on lui attribue un sens. Certains sons ont une connotation émotive ou affective, d'autres sont neutres. Selon Miedema (2001), il y a trois types d'associations entre le bruit et les réponses négatives affectives/émotionnelles : 1) peur/fuite ou colère/combat qui réfère à la peur que les gens peuvent ressentir à l'égard du bruit (ex. survol des

avions) ou à la colère et l'action de se battre (associée à une réaction innée ou primitive); 2) irritation/colère associée à l'interférence que le bruit peut causer lors d'une activité (ex. masquage de la parole); 3) inquiétude face à l'impact du bruit sur l'environnement qui peut même être ressentie lorsque la source de bruit n'est pas active et expliquer, en partie, la sensibilité des gens au bruit.

Les effets secondaires des différentes manifestations énoncées précédemment se traduisent en réactions de stress. Le bruit est l'une des sources de stress les plus répandues. Les stressors ambiants sont caractérisés comme étant chroniques, évalués négativement, non urgents, physiquement perceptibles et impossibles à changer malgré les efforts isolés des individus. Le concept du bruit comme un stressor environnemental est couramment utilisé dans la littérature. Pourquoi associe-t-on le bruit à la santé? La gêne associée au bruit peut perturber le sommeil, la relaxation, la lecture, les études et l'écoute de la musique ou de la télévision. Ces activités demandent de la concentration ou procurent une forme de récupération. La gêne due au bruit demande des efforts cognitifs additionnels pour se concentrer ou nuit à la récupération du stress ou de la fatigue, ce qui entraîne un fonctionnement psychophysologique plus élevé (Wallenius, 2004). Ouis (2001) a quant à lui établi que la gêne que les humains perçoivent quand ils sont confrontés au bruit est la manifestation extérieure de stress la plus commune. Ainsi, lorsqu'on s'intéresse au bruit comme stressor environnemental, la gêne et l'interférence sur les activités sont des mesures de stress plus appropriées que la simple mesure des niveaux de bruit. Plus récemment, van Kamp (2008) a elle aussi conclu que l'exposition à long terme au bruit influence la réponse au stress et le bien-être psychologique.

3.3.3 Impact du bruit sur le sommeil

Il est aussi bien connu que le bruit a un impact sur le sommeil. Pendant le sommeil, l'humain ne peut pas se fermer les oreilles et couper le lien avec l'environnement sonore, comme il le fait avec ses paupières. Le bruit peut réveiller, ce qui a un impact direct sur la qualité du sommeil et le repos. Comme le sommeil est nécessaire pour une récupération physiologique et mentale, il ne fait aucun doute que le bruit peut interférer avec cette fonction vitale et provoquer de la fatigue, de l'irritabilité, une diminution de la motivation et de la concentration, une augmentation de la distraction et un état dépressif (WHO, 2009). La figure 4 a été présentée par les plus

éminents chercheurs internationaux du domaine des effets sur le sommeil (Basner et al., 2011) lors du dernier congrès de l'ICBEN.

10th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN) 2011, London, UK

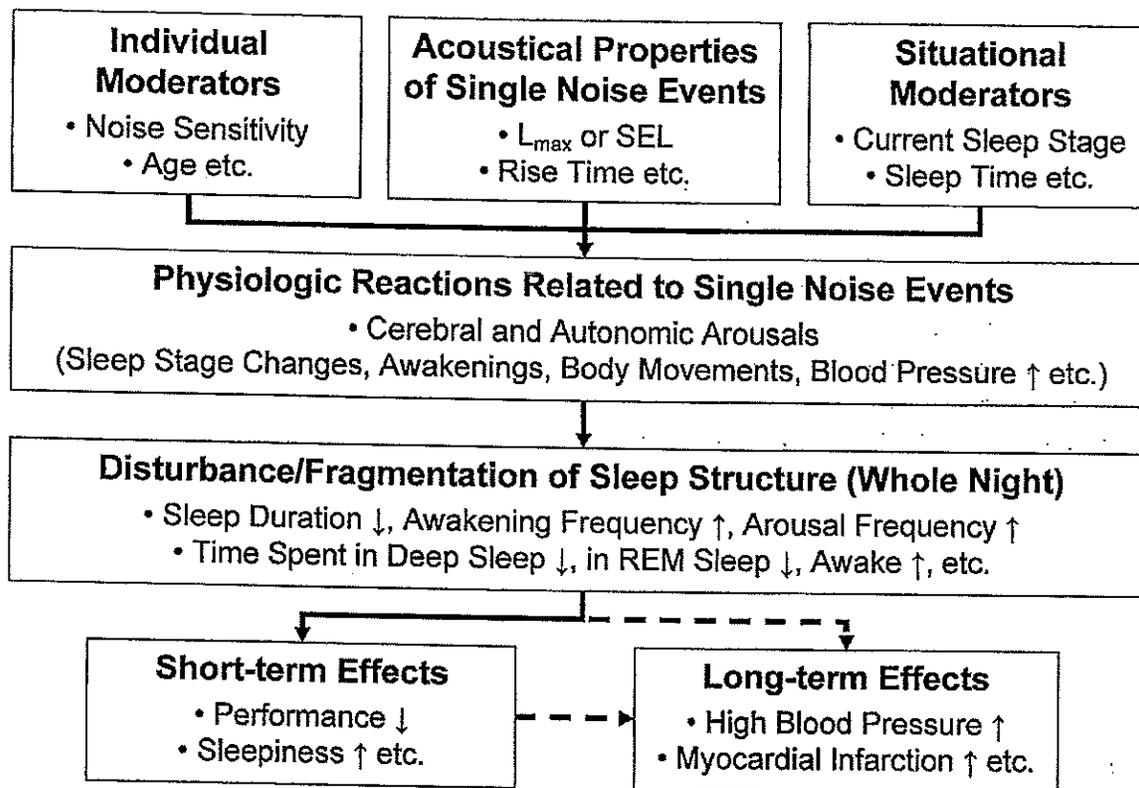


Figure 1: Flow chart on the effects of traffic noise on sleep. L_{max} = maximum sound pressure level, SEL = single event level.

(Reprinted from Appl Acoust 71(6) 2010, 518-22, Basner M, Müller U, Griefahn B, Practical guidance for risk assessment of traffic noise effects on sleep, Copyright 2010, with permission from Elsevier)

Figure 4. Effets du bruit routier sur le sommeil.

Ainsi, on note des effets immédiats durant le sommeil qui provoquent des effets physiologiques mesurables (p.ex. augmentation de la fréquence cardiaque, augmentation de la tension artérielle, de la vasoconstriction, des changements dans la respiration, modifications des fonctions endocriniennes, des réponses métaboliques et inflammatoires). Ces effets immédiats peuvent être objectifs ou subjectifs.

Du côté objectif, on retrouve :

- Raccourcissement du temps de sommeil, car plus longue durée d'endormissement, réveils nocturnes prolongés et réveils prématurés sans ré-endormissement subséquent (p.ex. bruit en fin de nuit);
- Perturbation de la structure du sommeil, principalement réduction de la durée du sommeil profond;
- Augmentation des mouvements du corps.

Du côté subjectif, on réfère au fait que la personne puisse rapporter d'elle-même une mauvaise qualité du sommeil, une difficulté à s'endormir, des éveils et un réveil matinal prématuré.

En plus des effets immédiats du bruit sur le sommeil, la littérature présente des preuves à l'effet qu'il y aurait un impact à court terme (appelés effets du lendemain), par exemple, une plus grande fatigue, un besoin de sieste, une mauvaise humeur, une diminution de la concentration, une moins bonne performance lors de tâches complexes. On enregistrerait aussi des effets biochimiques tels que l'augmentation des hormones de stress (noradrénaline, adrénaline, cortisol). (OMS, 2000a)

À plus long terme, l'OMS (2000a) rapporte « qu'une perturbation fréquente de la durée physiologique programmée du sommeil est potentiellement néfaste pour la santé. Les phases d'éveil induites par le bruit sont anormales et doivent être estimées comme un risque pour la santé si elles deviennent chroniques ». De plus, la diminution du temps total de sommeil serait associée à l'obésité, l'hypertension, le diabète et la mortalité toutes causes (Perron et al., 2012).

Plusieurs personnes rapportent s'habituer au bruit la nuit. En fait, il y aurait une habitude subjective qui se traduirait par moins d'éveils, mais l'évaluation de la qualité du sommeil, l'humeur et la performance ne seraient pas vraiment influencés par cette habitude psychologique. De plus, des études récentes ont démontré que l'augmentation de la fréquence cardiaque et la réactivité vasomotrice ne présentent pas d'habitude pendant la nuit ou après plusieurs jours d'exposition (Muzet, 2007).

Les niveaux de bruit qui provoquent des effets sur le sommeil (ex. réveils, perturbation des stages du sommeil, rythme cardiaque) sont très bas (niveau intérieur entre 30 dBA $L_{Aeq, nuit}$; et L_{Amax} de 45 dB) (WHO, 2000). Sur la base d'un grand nombre d'études, il a été démontré que les altérations de la structure du sommeil dépendent du nombre d'événements sonores, du niveau sonore maximal de chaque événement, le moment où se produisent les événements et les périodes d'accalmie entre ceux-ci (WHO, 2009). Plus il y a d'événements bruyants perturbateurs, plus il y a de risque d'éveils nocturnes qui peuvent se transformer en éveils prolongés et même prématurés. Muzet (2006) a clairement démontré que les périodes en début de nuit et juste avant le réveil le matin sont plus sensibles aux perturbations sonores.

Sur la base des connaissances acquises depuis plusieurs années, des experts de l'OMS ont enrichi les valeurs guides suggérées plus haut (WHO, 2009). En effet, plusieurs études concluent que la seule utilisation de l'indicateur $L_{Aeq,T}$ ne traduit pas bien la perturbation du sommeil due au bruit, et qu'une mesure plus efficace devrait aussi prendre en compte le niveau (L_{Amax}) et le nombre d'événements sonores ponctuels (les pics de bruit) (EPA, 1999; Brown et Rutherford, 1991; Vallet et al. 1983; Griefahn & Muzet, 1978; Ohrstrom et Bjorkman, 1988; Ohrstrom et Rylander, 1982; WHO, 2009), particulièrement dans les cas où le bruit du trafic est intermittent. Parmi les indicateurs pratiques, faciles d'utilisation, et faciles à comprendre, l'OMS (WHO, 2009) a choisi le $L_{nuit, extérieur}$, en complément des indicateurs proposés en 2000 (WHO, 2000), et a suggéré les valeurs guides suivantes :

- Moins de 30 dB : aucun effet biologique substantiel n'est attendu;
- 30-40 dB : effets immédiats et indésirables chez les groupes vulnérables commencent à apparaître, mais effets modestes dans les pires cas;
- 40-55 : augmentation rapide des effets indésirables sur la santé; groupes vulnérables plus sévèrement affectés; un grand nombre de personnes doivent avoir recours à des adaptations pour composer avec le bruit la nuit;
- Plus de 55 dB : effets indésirables sur la santé fréquents et pourcentage élevé de personnes hautement dérangées et avec un sommeil perturbé; situation considérée dangereuse pour la santé publique; risque accru de maladies cardiovasculaires.

Devant ces constats, l'OMS recommande une valeur de $L_{\text{nuit,extérieur}}$ de 40 dBA en façade des résidences pour protéger la santé publique. Cette valeur représente le niveau le plus bas produisant un effet indésirable observé pour le bruit nocturne. Dans des situations exceptionnelles où la valeur de 40 dBA ne peut être atteinte à court terme, l'OMS recommande une valeur intérimaire de 55 dBA en façade. Le groupe d'experts de l'OMS insiste sur le fait que cette valeur ne représente pas une valeur santé et que les groupes vulnérables ne sont pas protégés à ce niveau. Elle doit donc être considérée sur une base temporaire. Les groupes vulnérables incluent les enfants, les personnes âgées, les travailleurs de nuit ou à horaire variable, les personnes sensibles au bruit, les femmes enceintes, les personnes avec des problèmes de santé chronique ou mentale et les individus qui ont des troubles du sommeil.

En plus de l'OMS, l'organisme de normalisation américain ANSI s'est intéressé à la problématique du bruit nocturne et a publié une norme (ANSI S12.9-2008) qui permet d'estimer le nombre de personnes réveillées par ce type de bruit. En plus du $L_{\text{nuit, extérieur}}$, cette norme suggère de considérer le SEL pondéré A qui est une mesure de l'énergie sonore d'un événement condensé sur une seconde.

3.3.4 Autres effets sur la santé et la qualité de vie

Depuis la parution du document de l'OMS en 2000 (WHO, 2000), cet organisme n'a pas cessé de mener ou de faire réaliser des études sur les effets du bruit sur la santé. On trouve un nombre imposant de rapports récents sur le site internet de l'OMS (www.who.org.int). L'OFEFP (2005) a préparé un tableau des méfaits qui peuvent être causés par le bruit. Ce tableau est reproduit ci-après comme Tableau 2.

Tableau 2. Principaux effets du bruit (tiré de OFEFP, 2005)

Effets physiologiques	Effets psychologiques
Lésions auditives	Gêne
Troubles des fonctions végétatives	Stress, nervosité, tension
Problèmes cardiovasculaires	Abattement
Augmentation de la pression sanguine	Troubles de la communication
Diminution de la profondeur du sommeil	Baisse de productivité
Maux de tête	Irritabilité

	Symptômes psychosomatiques
Effets sociaux	Effets économiques
Difficultés de communication	Niveau des loyers et des prix des immobiliers
Jugement porté sur les autres	Coûts de la protection contre le bruit
Diminution de l'esprit d'entraide	Coûts de la santé
Agressivité	Pertes de production
Ségrégation sociale (ghettos de bruit)	Coûts de l'aménagement du territoire

Suite à une étude européenne majeure portant sur la gêne due au bruit et la survenue de maladies (étude LARES), des chercheurs ont démontré que les législateurs, le public ainsi que les experts sous-estiment encore les impacts du bruit sur la santé dans les quartiers résidentiels (Nieman et al., 2007). Selon ces auteurs, le bruit peut affecter le système neurologique directement ou indirectement à travers des expériences subjectives (gêne, nuisance). Les effets se traduisent par des réactions végétatives telles qu'une réduction de la résistance de la peau ou un changement dans la fréquence des battements cardiaques, ainsi que des modifications dans la concentration des hormones, soit l'adrénaline, la noradrénaline et le cortisol dans les fluides corporels. De cette façon, les processus métaboliques, la régulation des fonctions corporelles vitales et le système immunitaire peuvent être affectés.

Selon ces auteurs, le bruit n'est pas seulement un stimulus physique, mais aussi une expérience individuelle qui revêt un caractère émotionnel. Le fait d'avoir de la difficulté à faire face (« to cope with ») au bruit peut mener à des réactions neuro-endocriniennes et des maladies du système de régulation. Les effets d'un stress permanent associé au bruit peuvent se manifester 10 à 15 ans plus tard dans les différents systèmes fonctionnels.

En conclusion, les résultats de l'étude LARES (portant sur le bruit routier et le bruit de voisinage) menée à travers l'Europe, confirme, sur une base épidémiologique, une augmentation du risque suite à une exposition chronique au bruit. Cette exposition chronique ne serait pas seulement associée à un risque de maladies cardiovasculaires, mais aussi à un risque de maladies respiratoires (comme la bronchite), ainsi que l'arthrite et les migraines. Sur la base de ces

résultats, les auteurs insistent sur l'urgence d'agir pour réduire le bruit dans les quartiers résidentiels à des niveaux acceptables.

Les auteurs mentionnent enfin qu'on pourrait penser qu'une partie de la solution réside dans le recours à des mesures d'atténuation du type isolation acoustique par de meilleures fenêtres, mais cela ne résout pas le problème de gêne ressentie à l'extérieur des résidences. Comme le disent les auteurs, « vivre dans un aquarium » n'est pas ce qui est recherché par la population. Selon leurs données, la gêne ressentie à l'extérieur des domiciles est aussi importante que la gêne ressentie à l'intérieur.

Dans un document très exhaustif publié récemment par l'OMS (WHO, 2011) et portant sur le fardeau de la maladie, il a été démontré que chaque année, les européens perdent 1 million d'années de vie en santé à cause de l'incapacité ou la maladie causée par le bruit routier. Par exemple, selon l'OMS, 1.8% des infarctus dans les pays européens riches seraient attribuables au bruit de trafic routier supérieur à 60 dBA. Exprimé en risque relatif, on obtient une valeur de 1.015 pour la tranche de 60 à 64 dBA (L_{DEN}), 1.067 pour 65-69 dBA, 1.16 pour 70-74 dBA et 1.3 pour les L_{DEN} supérieurs à 75 dBA (Bruitparif, 2011).

Dans une publication mise en ligne le 19 décembre 2012 (Davies & van Kamp, 2012), on rapporte de récents résultats d'études de cohorte portant sur le lien entre le bruit routier et les maladies cardiovasculaires. Ces études s'intéressaient aussi à l'interaction entre la pollution du bruit et la pollution de l'air, mais il a été démontré que chacune avait un effet indépendant sur les maladies cardiovasculaires. En résumé, toutes les études récentes démontrent un risque accru de maladies cardiovasculaires lorsque les gens sont exposés au bruit routier. Plus particulièrement, Beelen et al. (2009) ont calculé un risque relatif ajusté de 1.25 (IC à 95% : 1.01-1.53%) pour des L_{DEN} supérieurs à 65 dBA, pour toutes les maladies cardiovasculaires confondues. Ainsi, il y aurait 25% plus de chance de développer une maladie cardiovasculaire lorsqu'on habite le long d'un axe routier qui génère plus de 65 dBA (en valeur L_{DEN}).

3.4 Les plaintes causées par le bruit

Pendant longtemps, les plaintes causées par le bruit ont porté principalement sur le bruit généré par les moyens de transport. Selon l'OMS (2000a), le nombre de plaintes ne traduit pas le portrait exact de la situation. Dans les enquêtes sociales, parmi les gens les plus perturbés par le bruit, seulement 15 à 25 % portent effectivement plainte. L'OMS ajoute que les plaintes reçues représentent souvent « la simple partie émergente de l'iceberg ». Il est important de préciser que ce n'est pas récent que des plaintes soient formulées à l'égard du bruit environnemental. Déjà en 1974, l'EPA (Environmental Protection Agency) prédisait les réactions des gens en fonction de l'augmentation du niveau de bruit moyen nuit et jour (appelé aussi L_{DN}) selon le Tableau 3 suivant :

Tableau 3. Réactions attendues de la communauté en fonction du changement des niveaux sonores moyens jour-nuit (L_{DN}) lors de l'ajout d'une source sonore (EPA, 1974)

Changement du niveau moyen en dBA	Réaction des citoyens
- 5	Aucune plainte
0	Plaintes sporadiques
+ 5	Plaintes importantes
+14	Chances d'action en justice
+21	Action vigoureuse

Cavanaugh et Tocci (1998) rapportent des données plus récentes qui vont dans le même sens que l'EPA. Si l'ajout d'une nouvelle source de bruit fait augmenter le niveau de bruit moyen de plus de 10 dB, il en résulte une réaction très forte des citoyens, et souvent des actions en justice.

3.5 Politique du bruit routier du ministère des Transport du Québec (MTQ)

Au Québec, le MTQ utilise l'indicateur $L_{Aeq,24h}$ et fixe le seuil d'intervention à 65 dBA (MTQ, 1998). Il mettra en œuvre des mesures d'atténuation dans les zones sensibles où ce seuil est atteint, à la condition que le niveau soit abaissé d'au moins 7 dBA suite aux mesures correctrices. Dans la politique sur le bruit routier, on retrouve une section portant sur les responsabilités du ministère des Transport concernant les nouvelles routes ou la reconstruction de routes :

« Lorsque l'impact sonore de la construction de nouvelles routes ou de la reconstruction de routes ayant pour effet d'en augmenter la capacité ou d'en changer la vocation sera jugé significatif, le ministère des Transports verra à mettre en œuvre des mesures d'atténuation du bruit dans les zones sensibles établies comportant des espaces extérieurs requérant un climat sonore propice aux activités humaines. » (p. 9)

Le ministère précise dans une note de bas de page que « les aires récréatives de même que les aires résidentielles et institutionnelles déjà construites ou pour lesquelles un permis de construction a été délivré avant l'entrée en vigueur de la présente politique » font parties des zones sensibles.

Dans ces cas, on utilise une grille qui évalue l'impact sonore avec comme point de référence 55 dBA qui est considéré comme ayant un impact nul. Le but ultime est de ramener le niveau sonore le plus près possible de 55 dBA. Le MTQ précise qu'un impact sonore est considéré comme étant significatif lorsque la variation entre le niveau sonore actuel et le niveau sonore projeté (horizon 10 ans) aura un impact moyen ou fort selon la grille d'évaluation qui se trouve en annexe. Selon cette grille, plus le niveau sonore actuel est élevé, moins la différence entre celui-ci et le niveau sonore projeté doit être grande pour générer un impact sonore significatif nécessitant la mise en œuvre de mesures d'atténuation. Tel que présenté dans la grille, « pour un niveau sonore actuel entre 45 et 51 dBA, l'augmentation du niveau sonore devra varier de 11 à 5 dBA avant de générer un impact sonore significatif. Entre 52 et 61 dBA, l'augmentation devra être de 4 dBA; à 62 dBA, l'augmentation devra être de 3 dBA; entre 63 et 69 dBA, l'augmentation devra être de 2 dBA; et, à partir de 70 dBA, une augmentation de 1 dBA suffira pour mettre en œuvre des mesures d'atténuation de bruit. » L'origine des valeurs qui permettent d'identifier si l'impact est moyen ou fort n'est pas expliquée dans le document du MTQ. On peut donc se questionner sur la validité scientifique de telles valeurs. Par ailleurs, l'incertitude associée aux mesures de bruit étant souvent de l'ordre de $\pm 2-3$ dB, il devient difficile de départager entre une augmentation réelle des niveaux de bruit et l'erreur de mesure. Ainsi pour les valeurs supérieures à 63 dBA, bien malin sera celui qui pourra déclarer qu'une augmentation de 1 ou 2 dB est bien réelle.

Il est aussi prévu dans la politique du MTQ de mettre en œuvre les mesures d'atténuation si au cours des 5 années suivant la construction, un impact significatif se manifestait. Si l'impact se produisait plus tard, « les espaces nécessaires pour mettre en œuvre ces mesures d'atténuation devront être réservés, et celles-ci le seront l'année suivant le moment où l'impact significatif aura été observé ». On suppose que cette approche vaut aussi lors de l'élargissement d'une autoroute. On peut donc se demander si au moment d'élargir l'autoroute en 2006, le MTQ a appliqué cette portion de sa politique, en réservant des espaces nécessaires pour les mesures d'atténuation. Les mesures de bruit menées en 2007 (soit une année après l'élargissement de l'autoroute) par DESSAU SOPRIN tendent à démontrer que le seuil de 65 dBA-24h était dépassé à 9% des points de mesure le long de l'autoroute et que des mesures d'atténuation auraient dû être mises en place. Par ailleurs, une étude de bruit datant de 1987 et citée dans la Requête introductive d'instance en recours collectif (200-06-00115-090, daté du 12 août 2011) démontrait des niveaux $L_{Aeq,24h}$ entre 55 et 68 dBA. Ainsi, avant même l'adoption de la politique sur le bruit routier en 1998, les niveaux sonores dépassaient le seuil d'intervention de 65 dBA-24h à certains points de mesure.

Comme il a déjà été mentionné, la politique du bruit routier du MTQ date de 1998. Un rapport d'experts a été produit en 2006 (Leroux et al., 2006) à la demande du ministère des Transports. Ce rapport recommandait de revoir l'indicateur $L_{Aeq, 24h}$, compte tenu de sa faiblesse à rendre compte des effets ressentis par les riverains d'infrastructures routières, particulièrement les effets sur le sommeil. Depuis 2006, il n'y a pas eu de modifications à la politique, ce qui laisse croire que les recommandations faites par le groupe d'experts n'ont pas eu l'effet escompté. Il est aussi important de noter que d'autres rapports d'experts ont été déposés au ministère des Transports entre les années 1997 et 1999 (André et al., 1997; André et al., 1999). Sur le site internet du ministère des Transports, on y lit pour le projet de 1999 :

« Le rapport constitue un guide pratique accessible et pertinent pour les projets majeurs comprenant une problématique de bruit d'origine routière en milieu résidentiel de moyenne et de haute densité. Il s'agit d'une approche qui prend en compte l'équité dans la répartition des effets, le caractère singulier de chaque cas, l'environnement dans son ensemble (approche intégrée qui optimise le bilan environnemental, et non seulement l'atténuation sonore) dans un cadre participatif

(participation des citoyens tant à la définition du problème qu'à la recherche de solutions). »

Les experts insistent sur l'importance de l'implication des citoyens (approche participative) dans toutes les étapes du processus qui visent à améliorer une situation qui engendre une nuisance chez ces derniers. Les auteurs réitèrent aussi les limites associées à l'utilisation simple d'un niveau sonore pour prédire les réactions des citoyens.

Il faut aussi ajouter que l'utilisation de la mesure $L_{Aeq,24h}$ a très souvent été contestée lors des commissions du BAPE, (ex. prolongement de l'autoroute 73 vers Stoneham (BAPE, 1988, rapport no. 28, annexe 3, texte de J.G. Migneron relaté en p. 5.17), construction du tronçon de l'autoroute 50 entre Lachute et Mirabel (BAPE, 1990, rapport no. 35, p. 4.21). Dans le premier cas, l'expert mandaté par la Commission affirmait : «...cette évaluation ne tient pas compte de la dynamique des niveaux de bruit. Ceci serait particulièrement vrai durant la nuit lorsque le passage d'un seul camion, alors que le bruit de fond est très bas, produit une pointe sonore très perturbante. Comme le souligne M. Migneron, « nul ne perçoit dans son environnement le niveau théorique et continu de $L_{eq}(24h)$. Les bruits perçus sont des événements sonores continuellement fluctuants dans le temps et d'inégales importances. De plus, lorsque l'on écoute une route la nuit, on a déjà oublié le niveau de bruit qu'elle pouvait générer le jour». Dans le cas de la 50, le rapport souligne ceci : «Cependant, la commission tient à souligner que si l'intensité sonore se mesure facilement, son impact sur les résidents s'évalue beaucoup plus difficilement. En effet, si l'intensité du bruit est en dessous de 55 décibels (sur 24h), cela ne veut pas dire que ce bruit ne sera pas incommodant».

On peut citer plusieurs autres exemples du BAPE. Lors de la demande d'implantation de voies réservées sur l'estacade située à l'ouest du Pont Champlain dans la région de Montréal (BAPE, 1992, rapport no. 54, p. 114), la commission a fait la recommandation suivante : «Pour corriger les lacunes de ces méthodes qui sont habituelles et acceptées par les experts du domaine du bruit, la commission estime qu'il y aurait lieu de faire évoluer les techniques dans le sens de la mesure des bruits instantanés, qui sont ceux qui inquiètent la population».

En 2001, la commission qui s'est penchée sur le projet de construction de l'axe McConnell – Laramée par le MTQ (BAPE, 2001, rapport no. 152, p. 94) mentionnait que «le ministère des Transports se réfère constamment à la notion de $L_{eq}(24h)$. Or, plusieurs décrets demandent de distinguer le niveau de bruit en période diurne et en période nocturne. Par exemple, le décret 615-2000 exige de la Ville de Brossard la détermination du $L_{eq}(1h)$ à l'heure de pointe et du $L_{eq}(1h)$ le plus faible de la journée. Le $L_{eq}(24h)$ étale les pointes et atténue la perception de la dynamique du bruit. Or, la référence à d'autres mesures du L_{eq} , par exemple le $L_{eq}(nocturne)$, semble souhaitée par d'autres organismes dont l'Organisation mondiale de la santé». En conséquence (BAPE, 2001, rapport no. 152, p. 106), «La commission est d'avis que l'étude du climat sonore devrait prendre en considération toutes les circonstances d'une journée. Elle considère que la méthode de calcul du climat sonore utilisée par le promoteur (le MTQ) ne peut fournir un niveau acceptable pour justifier des décisions touchant l'implantation d'un axe routier majeur en zone résidentielle. Elle estime que le promoteur doit refaire l'étude d'impact sur le climat sonore en tenant compte des niveaux de 24h, de 1h, ainsi que des plages 22h-6h et 6h-22h et des pointes de bruit». La commission conclut donc que «L'utilisation de la mesure $L_{eq}(24h)$ est nettement insuffisante pour parvenir à une gestion fine du bruit. Il faut disposer du $L_{eq}(nocturne)$ et, possiblement, d'autres mesures de référence comme $L_{eq}(1h)$, L_{95} , L_{50} ». La même commission (BAPE, 2001, rapport no. 152, p. 94) ajoute que «La politique (sur le bruit routier) du ministère des Transports ne tient pas compte de la perception du bruit. Or, dans la gestion du risque, les phénomènes de perception font maintenant partie intégrante des éléments à considérer. (...) Si le promoteur n'intègre pas la perception, il risque de s'enfermer dans une impasse entre la mesure technico-scientifique du risque et la perception des citoyens».

Ainsi, tous ces exemples du BAPE qui ont siégé entre 1988 et 2001 et qui sont tirés du rapport de Leroux et al. (2006) démontrent clairement que les limites de bruit imposées par les instances légales ne disent pas tout et qu'il faut aller au-delà du L_{Aeq} pour bien comprendre les réactions des citoyens au bruit. Le ministère des Transports étant directement impliqué dans les audiences du BAPE était certainement très conscient de ce fait, et ce avant la parution de sa politique sur le bruit routier en 1998 et bien avant 2006, moment où l'autoroute 73 a été élargie.

3.6 Autres réglementations et lignes directrices concernant le bruit routier

La tendance ailleurs au Canada (Ontario, Alberta, Colombie-Britannique) est d'utiliser le $L_{Aeq,24h}$ pour évaluer les niveaux sonores associés aux autoroutes. Le niveau d'intervention de 65 dBA semble être utilisé dans ces provinces. Toutefois, une atténuation minimale de 5 dB (plutôt que 7 dB au MTQ) est requise pour aller de l'avant avec des mesures d'atténuation du bruit.

Aux États-Unis, on a recours au L_{DN} ainsi qu'au L_{eq} (peak hour). Les valeurs limites sont de 65 dBA et 67 dBA pour le L_{DN} et L_{eq} (peak hour), respectivement.

Les pays de la communauté européenne sont tenus de mesurer le L_{DEN} et le L_{Nuit} mais peuvent ajouter d'autres indicateurs tels que le L_{max} (Commission européenne, 2002). Les valeurs limites de L_{DEN} varient d'un pays à l'autre passant de 50-60 dBA au Danemark, 57-65 dBA en France, 60 dBA en Autriche à 55-70 dBA en Italie.

Ainsi, il n'y a pas une seule approche ou une seule valeur d'intervention qui fait l'unanimité internationalement. Des considérations économiques et politiques sont au cœur de cette problématique. Toutefois, quand on considère les effets sur la santé et la qualité de vie des citoyens habitant aux abords des autoroutes qui ont des coûts sociaux énormes (WHO, 2011) en terme de perte d'années de vie en santé, il devient difficile pour les agences gouvernementales de se cacher derrière des considérations de coûts élevés du contrôle du bruit et de s'acharner à conserver une politique sur la gestion du bruit routier qui est décriée depuis plus de 20 ans par les experts.

4.0 Analyse des données acoustique et des simulations sonores ainsi que des commentaires recueillies auprès des citoyens

4.1 Analyse des données acoustiques et des simulations sonores

La firme Vinacoustik a procédé à des relevés de bruit à différents points de mesure du côté nord de l'autoroute 73, les 14 et 15 juin 2012. DESSAU, dont les services ont été retenus par le Procureur général du Québec, était responsable des relevés du côté sud, les 11 et 12 juin 2012. Toutes les données sont colligées dans un rapport produit par Vinacoustik qui sera déposé en février 2013. Ces relevés ont servi à calibrer un modèle de propagation sonore, Nord2000 Road (inclus dans le logiciel SOUNDPLAN 7.1) que Vinacoustik utilise depuis de nombreuses années, car il inclut plusieurs fonctionnalités que le logiciel TNM 2.5, recommandé par le MTQ, n'a pas. Entre autres, le modèle Nord2000 Road tient compte des conditions météorologiques (p.ex. vitesse et direction des vents) et est plus récent que le logiciel TNM 2.5. L'ensemble des données (mesures acoustiques et simulations sonores) permettront de déterminer, à la section 5, si les niveaux sonores auxquels sont exposés les citoyens habitant à proximité de l'autoroute 73 sont susceptibles de provoquer des effets sur leur qualité de vie ou leur santé.

4.1.1 Analyse des mesures acoustiques et des indicateurs

Le tableau 3 présente une synthèse des mesures acoustiques ainsi que les calculs d'indicateurs supplémentaires nécessaires pour établir un lien avec des effets potentiels sur la santé et la qualité de vie. Les données fournies par les firmes d'experts impliquées dans les mesures de bruit pour ce dossier sont généralement le $L_{Aeq,24h}$ et les $L_{Aeq,1h}$ par point de mesure ainsi que les figures présentant l'évolution des $L_{Aeq,1min}$ dans le temps sur une période de 24 heures (voir Annexe 5 du rapport de Vinacoustik). Ces figures ont permis de faire l'estimation du niveau moyen jour-soirée-nuit (L_{DEN}) du niveau moyen de nuit (L_N) ainsi que du $L_{Aeq,1h-min}$ et du $L_{Aeq,1h-max}$.

La valeur de L_{95} (i.e. le niveau sonore dépassé 95% du temps) a aussi été fournie par Vinacoustik pour certains points de mesure pour lesquels il pouvait y avoir contribution de sources sonores non associées à l'autoroute 73 (p.ex. points S2, S6, S7, S9, S13, N3, N8, N12, N14, N15). Dans la plupart de ces cas, il y avait un ou plusieurs événements sonores de hauts niveaux qui

pouvaient influencer significativement le $L_{Aeq,24h}$. En choisissant le L_{95} pour exprimer la contribution de l'autoroute 73, Vinacoustik suppose que le bruit résiduel sans les autres sources sonores est associé à l'autoroute en arrière-plan. Il semble que ce choix du L_{95} a permis de mieux valider le modèle de propagation sonore à certains points de mesure. L'auteure du présent rapport désire apporter quelques précisions face au choix de cet indicateur (L_{95}) dans la situation présente :

- Lors de sa visite des lieux le 24 septembre 2012, l'auteure du présent rapport a clairement entendu l'autoroute de tous les endroits (1^{ère} rangée de maisons jusqu'aux maisons les plus éloignées) qui sont inclus à l'intérieur du quadrilatère faisant l'objet du recours collectif. Le vent soufflait du sud-ouest et de l'ouest lors de cette visite. Dans cette condition météorologique, il n'est pas étonnant que le bruit de l'autoroute fût audible partout dans la zone d'étude. On verra plus tard dans ce rapport, que lors des mesures de juin 2012, les vents venaient du nord-est ou de l'est, et le bruit de l'autoroute n'était audible que pour quelques rangées de maison. Les citoyens rencontrés en septembre 2012 ont corroboré le fait qu'ils entendent normalement clairement l'autoroute, jour et nuit, et que les conditions qui prévalaient lors des mesures en juin 2012 étaient anormales.
- Le L_{95} rapporté par Vinacoustik à chacun des points de mesure est toujours plus bas que le L_{nuit} d'environ 2.7 dB en moyenne. Comme il est peu probable que le niveau sonore moyenné pendant la nuit (L_{nuit} , 23h-7h) soit associé à des événements sonores locaux autres que l'autoroute 73 (p.ex. entretien paysager, passages fréquents de voitures sur des rues résidentielles durant la nuit), le $L_{Aeq,24h}$ réel associé à l'autoroute 73 est certainement plus élevé que le L_{nuit} et donc du L_{95} .
- Le type de variations sonores que l'on voit la nuit sur les figures affichant l'évolution temporelle des niveaux sonores (voir Annexe 5 du rapport de Vinacoustik), ressemble très souvent à celles notées le jour, soit des variations fréquentes de minute en minute. Ce type de variations est davantage associé au bruit d'autoroute qu'à d'autres sources sonores locales, à moins d'être sur une route avec une haute densité de circulation jour et nuit, ce qui ne semble pas le cas de la majorité des points de mesure. Ainsi, si

on excluait les montées exagérées du niveau sonore (p.ex. vers 10h au point N3, entre 9h et 16h30 au point N4 (aménagement paysager), entre 13h et 14h au point N7, entre 19h et 20h au point N8, entre 16h et 21h au point S2, entre 13h et 14h au point S5, entre 12h et 13h30 au point S9, entre 11h et 12h au point S10, autour de 14h au point S13), on pourrait recalculer le $L_{Aeq, T}$, en excluant ces périodes non typiques du bruit d'autoroute.

- Le comptage des véhicules a été fait entre 10h et 11h lors des deux périodes de mesures, pour se conformer aux procédures d'évaluation du MTQ. On peut se questionner si ce comptage sur une période d'une heure reflète bien la réalité à laquelle les citoyens sont exposés. Aux dires de plusieurs citoyens rencontrés le 24 septembre 2012, la présence des camions se fait beaucoup sentir durant toute la journée, mais particulièrement très tôt le matin. Ainsi, si le comptage des voitures et des camions avait été fait durant toute la journée (incluant la nuit), on aurait vraisemblablement obtenu des valeurs supérieures au $L_{Aeq, 24h}$ calculés, car comme il a été mentionné à la section 3.2, les camions circulant à des vitesses supérieures à 80 km/h génèrent en moyenne des niveaux sonores 10 dB plus élevés que les voitures. Pour s'en convaincre, on peut faire quelques calculs en simulant des pourcentages de voitures et de camions sur des périodes de 24 heures. Supposons que 100% de voitures génère 60 dBA, 24h et que les camions produisent des niveaux sonores 10 dB plus élevés que les voitures. Ainsi,

- 90% de voitures et 10% de camions donneraient 62.8 dBA, 24h
- 80% de voitures et 20% de camions donneraient 64.5 dBA, 24h
- 70% de voitures et 30% de camions donneraient 65.7 dBA, 24h

Si on retient le scénario 80%-20% ou 70%-30%, on aurait entre 4.5 et 5.7 dB de plus en $L_{Aeq, 24h}$. Ceci aurait pour effet de faire passer le degré de gêne à une catégorie supérieure, comme de moyenne (60 dBA) à forte (65 dBA), selon les critères du MTQ.

Quoiqu'il en soit, l'impact d'avoir choisi le L_{95} pour les points de mesure situés aux 2^e et 3^e rangées de maison et le comptage entre 10h et 11h le matin pour calibrer le modèle de

propagation sonore va vraisemblablement dans le sens de sous-estimer les $L_{Aeq,24h}$ réels auxquels les citoyens de ces rangées de maison sont exposés pour toutes les raisons énumérées plus haut. Il est vrai qu'il est plus difficile de savoir quelle est la contribution unique de l'autoroute 73 aux points de mesure plus éloignés de l'autoroute, lorsqu'il y a des sources sonores locales, mais on sait que la « vraie » valeur de niveaux sonores n'est certainement pas plus basse que le L_{nuit} et qu'elle se situe probablement entre le L_{95} et le $L_{Aeq,24h}$ rapportés au tableau 3. C'est pourquoi il y a des astérisques à côté de certaines valeurs de $L_{Aeq,24h}$.

Pour faciliter l'analyse de l'impact du bruit sur la qualité de vie et la santé des citoyens à la section 5, un code de couleurs a été établi en fonction des deux effets documentés dans la littérature qui sont les plus fréquents, soit la gêne (nuisance) et l'interférence avec le sommeil. Pour ce qui est des effets sur la santé (p.ex. maladies cardiovasculaires) et de l'interférence avec la communication, ils seront abordés à la section 5.

En premier lieu, ce seront les données présentées au tableau 3 qui seront discutées. Par la suite, les figures présentant l'évolution des $L_{Aeq,1\text{ minute}}$ sur des périodes de 24 heures (voir Annexe 5 du rapport de Vinacoustik) seront analysées et discutées.

Tableau 3. Données fournies par Vinacoustik et DESSAU ($L_{Aeq,24h}$, $L_{Aeq,1h}$, L_{95}) et estimées par l'auteur de ce rapport (L_{nuit} , L_{DEN}) aux points de mesure du côté sud et nord de l'autoroute 73.

Point	Adresse	$L_{Aeq,24h}$	$L_{Aeq,1h}$	L_{95}	$L_{Aeq,1h-min}$	$L_{Aeq,1h-max}$	L_{nuit} (23h-7h)	L_{DEN}	$L_{Aeq,24h}^*$ L_{DEN}
11-12 juin 2012									
S1	6521-6523 de la Mirande				63	73			3.5
S2	6560 de la Mirande	60.2*	53.8	49.4	46	72	51	61.3	1.1
S3	6420 Clairbonne		52.2						
S4	7375 ave. Doucet		69		57	68			3.5
S5	7281 ave. Doucet	55.2*	56.8	50.1	46	63	50.5	58.3	3.1
S6	7245 ave. Verchère	48.2	51.8	43.7	43	54	46.5	53	4.8
S7	7013 ave. Du Mont-Clair	49.8	50.9	46.4	47	52	49.1	55.5	5.7
S8	7535 rue Doucet		67		56	67			3.5
S9	7041 ave. Du Mont-Clair	56.8*	53.5	47.8	46	68	48.5	58.2	1.4
S10	7030 ave. Du Mont-Clair	52.8	49		41	65	46.2	54.9	2.1
S11	7665 ave. Doucet		67.2		58	68			3.1
S12	7640 ave. Beaudry	54.3	55.2	49.7	47	57	51	58.4	4.1
S13	7670 ave. Paiement	57.1*	56.5	45.7	46	68	48.7	58.9	1.8
14-15 juin 2012									
N1	8255 de Colombelles				61	68			3.1
N2	8220 de Colombelles	52.1	52.7		47	59	48.9	56	3.9
N3	8235 ave. Trudelle	54.7*	50.3	45.6	45	65	49.1	57.3	2.6
N4	8490 ave Trudelle		63.1		51	76	52.8		0.9
N5	580 de Chantelle	50.5	49.6	45.9	45	54	48.7	55.2	4.7
N6	8575, ave. Trudelle		62.5						
N6a	8515, ave. Trudelle		66.3						
N7	8585 de Choiseul	63.5	49.6		47	77	51.9		
N8	8490 de Chambéry	55*	48.9	43	43	67	46.8		
N9	8685 ave Trudelle		67.5		60	69			3.6
N10	8670 ave Trudelle	58.6	58.5		53	62		62.6	4
N11	8620 ave Jacques-Prévert	50	51.6	48.4	46	53	49.8	56	6
N12	8630 ave de Beauvoir	48.2	48	42.7	42	53	45.9	52.6	4.4
N13	8825 rue Trudelle		64.5						
N14	995 rue Nanteuil	54.9*	54.2	51	48	61	50.7	58.2	3.3
N15	8896 Marsan	52.5	62.9	43.5	43	63	49.5	56.7	4.2
N16	9155 rue Trudelle		57.1						
N17	9475 ave Grondin	52.2	44.1		41	63	44.6	53.9	1.7
N18	9395 ave Trudelle	56.3	57.7		49	58	52.5	59.9	3.6

4.1.1.1 Analyse du tableau 3

Les valeurs $L_{Aeq,24h}$ qui dépassent le seuil d'intervention de 65 dBA utilisé par le MTQ ont été surlignées en rouge. Celles qui dépassent le critère de 55 dBA que le MTQ (ainsi que Santé Canada et l'OMS) considère acceptable pour les zones sensibles ont été surlignées en jaune.

Pour les valeurs de nuit (L_{nuit}), celles qui sont en rouge sont celles qui dépassent le critère de 55 dBA pour lequel, selon l'OMS (WHO, 2011), des effets indésirables sur la santé sont fréquents et le pourcentage de personnes hautement dérangées est élevé et leur sommeil est perturbé. La situation est alors considérée dangereuse pour la santé publique et présente un risque accru de maladies cardiovasculaires. Les valeurs en jaune sont celles où on note une augmentation rapide des effets indésirables sur la santé (entre 40-55 dBA), les groupes vulnérables sont plus sévèrement affectés et un grand nombre de personnes doivent avoir recours à des adaptations pour composer avec le bruit la nuit.

Quatre des 12 relevés de $L_{Aeq, 24h}$ du côté sud dépassent la limite de 65 dBA (65.1 à 71.1 dBA) et quatre dépassent la limite de 55 dBA (55.2 à 60.2 dBA), pour un total de 8 points de mesure sur 12, soit 67%. Du côté nord, le même ratio est noté avec 6 points de mesure au-dessus de 65 dBA (64.5 à 67 dBA) et 6 points au-dessus de 55 dBA (55 à 63.5 dBA), sur un total de 18 points de mesures, soit encore une fois 67%.

Comme il a été mentionné à la section 3, l'indicateur utilisée dans plusieurs pays est le L_{DEN} et non pas le $L_{Aeq, 24h}$ qui ne pondère pas selon le moment de la journée. Il est possible d'estimer le L_{DEN} à partir des données présentant les valeurs de $L_{Aeq, 1h}$ pour chacun des points de mesure (cinq L_{DEN} n'ont pas pu être estimés, car nous ne disposons pas des $L_{Aeq, 1h}$ pour la durée de 24 heures). Ces valeurs se retrouvent à l'avant dernière colonne du tableau 3.

Pour le côté sud, seule une valeur de L_{DEN} tombe sous la barre du 55 dBA, pour donner 92% des points supérieurs à 55 dBA. Il y a toujours quatre valeurs au-delà de 65 dBA, mais elles oscillent entre 68.6 et 74.5 dBA, soit 3 à 3.5 dBA de plus que le $L_{Aeq, 24h}$. Du côté nord, ce sont 11 valeurs sur 13 qui sont au-delà de 55 dBA, soit 85%, et trois de ces valeurs sont au-delà de 65 dBA. Encore une fois, le L_{DEN} est supérieur au $L_{Aeq, 24}$ de 1 à 5 dB.

Pour les données de nuit du côté sud, quatre valeurs L_{nuit} sont largement au-dessus de 55 dBA (61.4 à 67,1) et les 8 autres valeurs dépassent la limite 40-55 dBA (46.2 à 51 dBA), pour un total de 100% des valeurs. Du côté nord, trois valeurs dépassent la limite de 55 dBA (55.4 à 63.4 dBA), alors que les 15 autres se situent dans la tranche 40-55 dBA (44.6 à 52.5 dBA), pour un total de 100% des valeurs.

4.1.1.2 Analyse des figures affichant l'évolution du $L_{\text{Aeq,1min}}$ sur une période de 24h

Les tableaux 4 et 5 présente l'analyse fine de l'évolution des niveaux de bruit ($L_{\text{Aeq,1min}}$) qui apparaissent à l'Annexe 5 du rapport de Vinacoustik, pour chacun des points de mesures, d'abord pour les points sud suivis des points nord. Des commentaires sont faits, entre autres, sur le type de patron, les variations des niveaux sonores et la montée des niveaux à la fin de la nuit.

Tableau 4. Commentaires associés à l'analyse fine de l'évolution des niveaux de bruit ($L_{\text{Aeq,1min}}$) à chacun des points de mesure sud

Point de mesure	Commentaires
S1	Patron en V Jour : Peu de variations (70-75 dBA) Nuit : Grandes variations (52-76 dBA) Montée du $L_{\text{Aeq,1h}}$ de 9 dB entre 4h et 7h
S2	Jour : Grandes variations le jour (52-82 dBA) (16h-20h : travaux de menuiserie à proximité. Principalement scie circulaire et perceuse électrique. Nuit : Variations de 15 dB entre 3h et 5h
S4	Patron en V Semblable à S1 Jour : Peu de variations (65-70 dBA) Nuit : Très grandes variations (42-75 dBA) Montée du $L_{\text{Aeq,1h}}$ de 11 dB entre 3h et 7h
S5	Patron en V Jour : Variations d'environ 5 dB (50-55-60) (13h : voix de l'opérateur qui fait des tests avec l'enregistreuse sonore; 13h35 : voix des gens discutant à proximité) Nuit : Variations d'environ 5-7 dB (43-50-55) Montée du $L_{\text{Aeq,1h}}$ de 7 dB entre 3h et 7h

S6	Patron plus aléatoire Jour et nuit : Variations 10-13 dBA, surtout entre 4h et 13h Montée du $L_{Aeq,1h}$ de 16 dB entre 3h et 5h
S7	Jour : variations d'environ 10 dB entre 11h et 19h (11h : passage d'avion) Nuit : Peu de variations
S8	Patron en V Jour : Variations d'environ 5 dB (65-70 dBA) Nuit : Grandes variations (44-73 dBA) Montée du $L_{Aeq,1h}$ de 10 dB entre 3h et 7h
S9	Pas beaucoup de variations (sauf à 12h35 : Chien qui aboie et 13h02 : Moto à faible cylindrée), mais patron en V typique du bruit d'autoroute
S10	Jour : Variations entre 10 et 15 dB (sauf de 11h à 12h : travaux d'entretien paysager, principalement tondeuse à gazon) Nuit : Variations entre 10 et 15 dB (même 20 vers 5h) Montée du $L_{Aeq,1h}$ de 12 dB entre 3h et 7h
S11	Similaire à S8, S4 et S1 Jour : Peu de variations le jour (65-70 dBA) Nuit : Grandes variations la nuit (40-67 dBA) Montée du $L_{Aeq,1h}$ de 8 dB entre 4h et 7h
S12	Jour : Variations d'environ 10 dB (parfois 15 dB) Nuit : Variations d'environ 10 dB (parfois 15 dB) Montée du $L_{Aeq,1h}$ de 8 dB entre 3h et 7h
S13	Jour : Variations d'environ 10 dB Nuit : Variations d'environ 10 dB Bel exemple où un seul événement (possiblement non-relié à l'autoroute) autour de 14h a fait monter le $L_{Aeq, 24h}$

Tableau 5. Commentaires associés à l'analyse fine de l'évolution des niveaux de bruit ($L_{Aeq,1min}$) à chacun des points de mesure nord

N1	<p>Patron en V Jour : variations d'environ 5 dB (65-70 dBA) Nuit : Variations pouvant atteindre 20 dB (47-67 dBA), descend rarement sous 55 dBA Montée du $L_{Aeq,1h}$ de 7 dB entre 4h et 7h</p>
N2	<p>Jour : Variations d'environ 10 dB (47-57 dBA), mais pics jusqu'à 69 dBA durant le jour (travaux d'entretien paysager, principalement tondeuse à gazon et trimeur) Nuit : Variations d'environ 3 dB pendant la nuit, mais pics jusqu'à 59 et 64 dBA Montée du $L_{Aeq,1h}$ de 7 dB entre 3h et 7h</p>
N3	<p>Jour : Variations d'environ 5 dB mais pics jusqu'à 74 dBA (de 9h44 à 10h04 : travaux d'entretien paysager, principalement tondeuse à gazon) Nuit : Variations d'environ 5 dB mais pics jusqu'à 60 dBA Montée du $L_{Aeq,1h}$ de 9 dB entre 3h et 5h</p>
N4	<p>Jour : Variations entre 5 et 15 dB, et pics jusqu'à 87 dBA (aménagement paysager entre 9h et 17h) Nuit : Variations d'environ 5-10 dB, et pics jusqu'à 57 dBA Montée du $L_{Aeq,1h}$ de 7 dB entre 3h et 7h</p>
N5	<p>Patron assez variable Jour : Variations pouvant atteindre 20 dB (pics jusqu'à 64 dBA) Nuit : Variations d'environ 10 dB la nuit (pics jusqu'à 55 dBA)</p>
N7	<p>Très peu d'écart entre le $L_{Aeq, 24h}$ (52.2 dBA) et L_{nuit} (51.9 dBA) Jour : Pics pouvant atteindre 86 dBA (entre 13h37 et 13h43 : bruit d'un petit moteur avec voix de gens et musique) Nuit : pics jusqu'à 66 dBA Montée du $L_{Aeq,1h}$ de 10 dB entre 3h et 5h</p>
N8	<p>Peu de variations entre le jour et la nuit, sauf en soirée où le niveau monte à 71 dBA (À 19h35 : passage d'avion; de 19h30 à 20h00 : Travaux d'entretien paysager (tondeuse et autres))</p>
N9	<p>Jour : variations d'environ 5 dB (65-70 dBA) Nuit : Variations d'environ 15 dB (53-67 dBA), descend rarement sous 55 dBA Montée du $L_{Aeq,1h}$ de 6 dB entre 4h et 7h</p>

N10	Jour : Variations d'environ 5 dB (sauf quelques pics jusqu'à 73 dB) Nuit : Variations d'environ 10 dB Montée du $L_{Aeq,1h}$ de 8 dB entre 3h et 7h
N11	Peu d'écart entre $L_{Aeq,24h}$ (50 dBA) et L_{nuit} (49.8 dBA), mais patron temporelle très différent de N10 Trois montées-descentes entre 23h et 7h
N12	Jour : Grandes variations (40-67 dBA) Nuit : Grandes variations (40-54 dBA) Montée du $L_{Aeq,1h}$ de 7 dB entre 2h et 7h
N14	Jour : variations d'environ 13 dB l'après-midi (55-68 dBA) (14h11 : voix des gens; 15h09 : avion au loin; 17h05 : tondeuse, avion et rafale de vent; 18h45 : avion, bruit d'impact non identifié suivie d'une sirène de police) Nuit : Variations d'environ 5 dB (jusqu'à 13 dB) (41-54 dBA)
N15	Jour : Grandes variations (25 dB) (45-70 dBA) Nuit : Grandes variations de 20 dB (40-60 dBA) Trois montées-descentes la nuit
N17	Jour : très grandes variations (30 dB) durant la journée (43-74 dBA) (18h45 : passage d'avion et voix des gens; 11h06 : passage d'avion) Nuit : Variations d'environ 5 dB la nuit (40-45 dBA) avec des pics à 50 dBA Montée du $L_{Aeq,1h}$ de 6 dB entre 3h et 7h
N18	Jour : Variations d'environ 10-15 dB (53-68 dBA) Nuit : Variations d'environ 15 dB (42-57 dBA) Montée du $L_{Aeq,1h}$ de 9 dB entre 4h et 7h

L'analyse des figures qui présentent l'évolution des niveaux sonores de minute en minute permet de mieux apprécier la dynamique du bruit pendant la journée, le soir et la nuit. Les mesures prises entre le 11 et le 12 juin du côté sud et du 14 au 15 juin du côté nord ne représentent qu'un exemple de l'évolution du bruit aux abords de l'autoroute 73. Il ne faut pas conclure que la situation est identique tous les jours. Toutefois, ce portrait de la situation qui prévalait au moment des mesures permet de voir qu'il y a bien plus qu'une valeur $L_{Aeq,24h}$ qui se cache derrière ces figures. En fait, les valeurs sont présentées de minute en minute, mais l'oreille humaine perçoit des variations encore plus fines, soit de l'ordre des millisecondes. Il faut donc garder en tête que les $L_{Aeq,1min}$ ne permettent pas de savoir exactement quelle a été la variation

réelle du niveau sonore, et surtout quelle était l'ampleur des variations que l'oreille aurait réellement perçue. Cette précision est importante, car pour bien cerner les effets sur le sommeil, il faut connaître le nombre d'événements, le niveau maximum atteint lors de ces événements et le niveau de bruit résiduel qui règne sans l'ajout des événements individuels. Malgré cette limite, les figures permettent de dégager les constats suivants :

- Les points de mesure de la première rangée de maison présentent un patron en V (S1, S4, S8, S11, N1, N4, N9, N10, N18) qui se caractérise par des niveaux sonores généralement moins variables le jour que la nuit. Ceci peut s'expliquer par un flot plus constant de véhicules durant la journée. Les variations durant la nuit sont toutefois très importantes, atteignant parfois près de 25 dB. Même si on exclut les fortes variations associées aux autres sources que l'autoroute 73 (ex. tondeuse), il persiste des augmentations significatives du niveau sonore pendant le jour ou la nuit qui sont fort probablement associées à des passages de véhicules lourds.
- Les niveaux sonores montent rapidement (7 à 16 dB) entre 3h et 7h le matin, même à des points de mesure plus éloignés de l'autoroute (p.ex. S6, S10). Cette montée des niveaux sonores pourraient s'expliquer par l'augmentation graduelle du nombre de véhicules qui prennent la route aux petites heures du matin, dont des véhicules lourds qui émettent des niveaux sonores beaucoup plus élevés que les voitures. Les maisons plus éloignées (p. ex. S7, S10, S12, S13, N5, N12, N15, N17) malgré qu'elles soient exposées à des $L_{Aeq,24h}$ plus bas, subissent des variations de niveaux sonores le jour ou la nuit qui peuvent atteindre 10 dB, parfois même 15 dB.
- Certains événements de courtes durées peuvent influencer significativement le $L_{Aeq,24h}$. Par exemple, un événement de 87 dBA vers 14h au point S13 a fait monter le $L_{Aeq,24h}$ à 56 dB alors qu'il n'aurait été que d'environ 50 dBA sans cet événement. L'analyse de l'évolution temporelle permet de comprendre ce qui s'est passé alors que la simple valeur du $L_{Aeq,24h}$ ne permet pas d'appréhender de telles particularités.
- Les $L_{Aeq,1h}$ (lignes rouges sur les figures) ne permettent pas d'apprécier à sa juste valeur la dynamique des niveaux sonores. Par exemple, entre 1h et 3h du matin, les $L_{Aeq,1h}$ semblent assez stables, mais on peut voir des variations entre 15 et 25 dB, de minute en minute (p. ex. S1, S4, S8, S11, S12, N1, N7, N9, N10, N15, N18).

- À même $L_{Aeq, 24h}$ et L_{nuit} , on peut avoir des variations de niveaux sonores très différentes d'un point à l'autre.
 - Ex. S9 vs S13 :
 - S9 (56.8; 48.5) : entre 50-55 dBA le jour (si on exclut les pics à 75 et 85 dBA) et 44-56 dBA la nuit
 - S13 (57.1; 48.7) : entre 45-70 dBA le jour et 41-58 dBA la nuit
- Ex. S5 vs S12
 - S5 (55.2; 50.5) : petites variations de moins de 5 dB le jour et environ 5 dB la nuit
 - S12 (54.3; 51) : variations d'environ 8-10 dB le jour et la nuit
- Ex. N3 vs N8 :
 - N3 (54.7, 49.1 dBA) : entre 45-60 dBA le jour (si on exclut les pics à 74 dBA) et 40-60 dBA la nuit. Hausse du bruit entre 10h et 11h
 - N8 (55, 46.8 dBA) : entre 45-60 dBA le jour et 40-53 dBA la nuit). Hausse du bruit entre 19h et 20h (tondeuse)
 - Les hausses marquées du bruit sont arrivées à deux moments différents, soit vers 10h et vers 19h.

Combinée au Tableau 3, l'analyse fine de l'Annexe 5 fournie par Vinacoustik et les tableaux 4 et 5 permettent de mieux comprendre les effets du bruit sur les activités des citoyens, car on a un portrait détaillé de l'évolution du bruit dans le temps. Le $L_{Aeq, 24h}$ ne donne qu'une moyenne qui ne dit rien sur l'origine des sources sonores (autoroute vs autres sources sonores) et n'a rien à voir avec ce que les gens perçoivent au moment où ils tentent de faire leurs activités quotidiennes telles que dormir, écouter la télévision, prendre un repas sur leur patio à l'extérieur, etc.

4.1.1.3 Conclusion sur les données acoustiques des 11-12 juin et 14-15 juin 2012

En résumé, on a vu au Tableau 3 que 67% des valeurs du côté sud et nord dépassent la limite de 55 dBA qui représente le début d'une gêne sévère selon l'OMS et Santé Canada et une limite acceptable pour le MTQ pour les zones sensibles. Exprimé en L_{DEN} , ce sont plutôt 92% des valeurs du côté sud et 85% de ceux du côté nord qui dépassent la limite de 55 dBA suggérée par le Committee on Technology for a Quieter America (2010). Pour certains points de mesure, l'analyse de l'évolution temporelle a permis de constater que des sources sonores autres que l'autoroute ont contribué au $L_{Aeq,24h}$. Cela démontre que tout indicateur qui intègre l'énergie sonore sur une longue période (tel que le $L_{Aeq,24h}$ ou le L_{DEN}) ne permet pas de se prononcer sur l'impact d'une source sonore en particulier sur la qualité de vie et la santé des citoyens.

Il est aussi démontré au Tableau 3 que les L_{nuit} sont tous supérieurs à 40 dB, limite prescrite par l'OMS (WHO, 2009) pour ne pas créer de perturbations du sommeil dans l'ensemble de la population. On a aussi constaté que l'évolution des niveaux sonores dans le temps est très variable d'un point de mesure à l'autre et que deux points de mesure peuvent avoir le même $L_{Aeq,24h}$, mais des patrons temporels différents. Les variations des niveaux sonores mesurés sur 1 minute sont de l'ordre de 10 à 25 dB dans bien des cas, autant le jour que la nuit. Ces variations seraient encore plus importantes si les mesures avaient été prises sur des périodes plus courts (i.e. de l'ordre de 125 msec), de façon à avoir une meilleure idée des L_{max} qui sont un indicateur de la perturbation du sommeil.

Maintenant qu'on a fait une analyse de l'allure temporelle des variations des niveaux sonores aux différents points de mesure, on peut se pencher sur les simulations sonores qui visent à établir un portrait plus général de la situation qui prévaut à ces points de mesure, en tenant compte de plusieurs facteurs tels que la vitesse et l'orientation des vents, la température, le flot de circulation à différents moments de la journée, le pourcentage de véhicules lourds, la topographie du terrain, etc. Nous allons assez rapidement constater que les facteurs énumérés ici, particulièrement l'orientation des vents, rendent la situation encore plus inquiétante. En effet, lors des mesures du mois de juin 2012, les vents soufflaient du NE, alors que, selon les statistiques d'Environnement Canada, le vent prédominant en été dans cette région est

normalement du sud, sud-ouest ou de l'ouest, i.e. que le vent souffle de l'autoroute 73 vers le côté nord.

4.1.2 Analyse des simulations sonores

La consultation des figures 13 et 15 du rapport de Vinacoustik qui présentent les estimés des niveaux de bruit exprimés en $L_{Aeq,24h}$ pour des vents nord-est (4.5 km/h) et sud-ouest (13.6 km/h) respectivement, permet de démontrer l'importance de considérer la vitesse et la direction des vents lorsqu'on tente de comprendre les effets du bruit sur les citoyens. Il est clair que les vents sud-ouest favorisent la propagation sonore vers la zone étudiée et que la grande majorité des résidences sont exposés à des $L_{Aeq,24h}$ supérieurs à 55 dBA. Il est important de préciser que les citoyens ont rapporté aux responsables des mesures de bruit (Vinacoustik et DESSAU) que le vent ne soufflait pas dans la direction habituelle lors des mesures des 11-12 juin et 14-15 juin 2012. Ce commentaire répété à plusieurs reprises par les citoyens confirme les données d'Environnement Canada et donne du poids au choix de la firme Vinacoustik de faire les simulations, non pas seulement avec un vent nord-est de 4.5 km/h (présent lors des mesures), mais aussi avec un vent nul (qui est peu probable, mais qui montre une situation neutre) et un vent sud-ouest de 13.6 km/h, qui représente la vitesse moyenne des vents sur tous les mois de l'année. Afin de quantifier l'effet des vents et démontrer à quel point ce facteur est déterminant, on a qu'à reprendre les points de mesure initiaux et à comparer les différentes valeurs calculées de $L_{Aeq,24h}$ associées aux simulations avec les vents nord-est et sud-ouest.

Le tableau 6 présente d'abord les $L_{Aeq,24h}$ mesurés qui intègrent le bruit émis par l'autoroute 73 et, pour certains points de mesure (ceux avec un astérisque), d'autres sources sonores telles que les tondeuses. Il faut rappeler que le vent soufflait du nord-est à 4.5 km/h en moyenne, lors des mesures. La deuxième colonne affiche les $L_{Aeq,24h}$ calculés à l'aide du modèle de propagation sonore Nord2000 Road qui se concentre uniquement sur le bruit émis par l'autoroute 73, en intégrant le vent qui soufflait lors des mesures, i.e. nord-est, et celui qui souffle normalement sur cette région, soit un vent sud-ouest à une vitesse de 13.6 km/h, selon les statistiques d'Environnement Canada. Les valeurs ont aussi été calculées par Vinacoustik en fonction du décompte général des véhicules fourni par le MTQ pour l'année 2011, mais en y ajoutant une répartition par type de véhicules basée sur les comptages faits entre 10h et 11h. Comme il a été

mentionné précédemment, les mesures effectuées les 11-12 juin et les 14-15 juin 2012 ne sont qu'un portrait d'une journée qui n'est pas nécessairement typique de ce à quoi sont exposés les citoyens à l'année longue, et principalement l'été lorsqu'on devrait normalement ouvrir les fenêtres. C'est pourquoi les ingénieurs ont recours à des modèles de propagation sonore qui visent à donner une estimation la plus juste possible des niveaux sonores moyens sur une longue période. Même si l'auteure du présent rapport persiste à dire qu'un $L_{Aeq,24h}$ ne représente pas fidèlement les effets que le bruit peut avoir sur les différentes sphères d'activités des citoyens, voici les constats que l'on peut tirer du tableau 6.

- Du côté sud, les $L_{Aeq,24h}$ associés au vent sud-ouest de 13.6 km/h sont de 0.8 à 17.2 dB (moyenne de 9.3 dB) plus élevés qu'avec le vent nord-est de 4.5 km/h. Du côté nord, la différence oscille entre 2.7 et 20.3 (moyenne de 11.5 dB). Les différences moyennes de 9.3 et de 11.5 dB sont majeures, surtout si l'on considère qu'une augmentation de 10 dB est normalement associée au doublement de la sensation de la force sonore. Ainsi, avec un vent sud-ouest (qui souffle normalement sur la zone étudiée selon Environnement Canada), les citoyens perçoivent, en moyenne, le bruit comme étant deux fois plus fort. Au point N17 où la différence atteint 20.3 dB, le bruit serait perçu 4 fois plus fort avec un vent sud-ouest que nord-est. Ces résultats donnent raison aux citoyens qui affirmaient avec véhémence que les vents qui soufflaient les 11-12 juin et 14-15 juin 2012 n'étaient pas représentatifs de ce à quoi ils sont habituellement exposés.
- La différence entre les vents sud-ouest et nord-est démontre à quel point ce facteur déjoue les prédictions basées strictement sur la distance entre les résidences et l'autoroute. En effet, pour les points les plus éloignés de l'autoroute, on note des différences entre 12.9 et 20.3 dB du côté nord et entre 8.6 et 17.2 dB du côté sud. La différence est plutôt de l'ordre de 2.7 à 11.4 dB pour les résidences près de l'autoroute (1ère rangée de maisons) du côté nord et de 0.8 à 9.2 dB du côté sud. Comme il a été démontré à la section 3.2, le facteur vent fait en sorte que le bruit est rabattu sur les maisons plus éloignées de l'autoroute et que les résidents peuvent subir des conséquences bien plus importantes que ce qu'un simple modèle de propagation démontrerait.

Tableau 6. Comparaison des $L_{Aeq,24h}$ mesurés et des $L_{Aeq,24h}$ calculés avec un vent nord-est (NE) de 4.5 km/h et sud-ouest (SO) de 13.6 km/h

Point	Adresse	$L_{Aeq, 24h}$ mesuré (NE)	$L_{Aeq,24h}$ calculé (DJME 2011-NE)	$L_{Aeq,24h}$ calculé (DJME 2011-SO)	Différence SO-NE
11-12 juin 2012 (lundi-mardi)					
S1	6521-6523 de la Mirande		72.5		0.8
S2	6560 de la Mirande	60.2*	51.1	61.8	10.7
S3	6420 Clairbonne		48.6	58.8	10.2
S4	7375 ave. Doucet		61.9		7.2
S5	7281 ave. Doucet	55.2*	49.8		15.3
S6	7245 ave. Verchère	48.2	44.4	51.6	7.2
S7	7013 ave. Du Mont-Clair	49.8	40.6	49.2	8.6
S8	7535 rue Doucet		61.2		9.2
S9	7041 ave. Du Mont-Clair	56.8*	47.6	53.9	6.3
S10	7030 ave. Du Mont-Clair	52.8	41.5	50.6	9.1
S11	7665 ave. Doucet		64		6.2
S12	7640 ave. Beaudry	54.3	47.8	60.2	12.4
S13	7670 ave. Paiement	57.1*	43.5	60.7	17.2
14-15 juin 2012 (jeudi-vendredi)					
N1	8255 de Colombelles		69.2		2.7
N2	8220 de Colombelles	52.1	51.4	59.5	8.1
N3	8235 ave. Trudelle	54.7*	44.8	58.7	13.9
N4	8490 ave Trudelle		54.6		10
N5	580 de Chantelle	50.5	43.7	57.4	13.7
N6	8575, ave. Trudelle		63.5		7.1
N7	8585 de Choiseul	63.5	50.6	59.7	9.1
N8	8490 de Chambéry	55.7	41.5	54.4	12.9
N9	8685 ave Trudelle		67.2		4.5
N10	8670 ave Trudelle	58.6	59.1		4.2
N11	8620 ave Jacques-Prévert	50	49.7	63.3	13.6
N12	8630 ave de Beauvoir	48.2	39.9	58.3	19.4
N13	8825 rue Trudelle		59.1		11.4
N14	995 rue Nanteuil	54.9*	48.9	62.0	13.1
N15	8896 Marsan	52.5	43.9	58.6	14.7
N16	9155 rue Trudelle		54.7		12.9
N17	9475 ave Grondin	52.2	43.9	63.6	20.3
N18	9395 ave Trudelle	56.3	49.1	63.7	14.6

Maintenant que la démonstration de l'importance des vents a été faite, on peut se pencher sur les données associées au vent sud-ouest et souligner les points suivants :

- Pour les points de mesure du côté sud, on note cinq points (sur 13, donc 38%) pour lesquels les $L_{Aeq,24h}$ calculés sont supérieurs à 65 dBA. Quatre autres points (31%) sont supérieurs à 55 dBA (58.8 à 61.8 dBA). Enfin, quatre points (S6, S7, S9, S10) sont inférieurs à 55 dBA. Parmi ces quatre points, seul S9 était supérieur à 55 dBA lors des mesures, à cause d'un événement sonore intense entre 13h et 14h. Au total, on a donc 69% des $L_{Aeq,24h}$ calculés qui dépassent la limite de 55 dBA.
- Du côté nord, direction dans laquelle souffle normalement le vent sud-ouest, on note que 7 des 18 points (donc 39%) sont supérieurs à 65 dBA, alors que 56% des autres points dépassent 55 dBA (57.4 à 63.7 dBA). Seul un point se trouve sous la barre du 55 dBA. Il s'agit du point N8 qui semblait contaminé par un événement sonore plus intense entre 19h et 20h lors des mesures. Au total, on a donc 95% des points qui dépassent la limite de 55 dBA. Lors des mesures, 67% des points étaient supérieurs à 55 dBA. Le plus grand nombre de points supérieurs à 55 dBA s'explique principalement par la direction du vent sud-ouest qui a été intégré au modèle de propagation sonore.

L'analyse qui précède ne concerne que les 13 points de mesure au nord et les 18 points de mesure au sud. À partir de la carte de bruit apparaissant à la figure 15 du rapport de Vinacoustik, les ingénieurs ont fait une projection pour l'ensemble des bâtiments contenus dans le quadrilatère qui fait l'objet du recours collectif (voir rapport de Vinacoustik). Selon leurs calculs, 19% des bâtiments se trouveraient dans la zone supérieure à 65 dBA alors que 85% (incluant le 19% précédent) dépasseraient la limite de 55 dBA jugée acceptable par l'OMS, Santé Canada et le MTQ.

Selon l'auteur du présent rapport, cet estimé est conservateur pour les raisons suivantes :

- Vinacoustik précise dans son rapport que les $L_{Aeq,24h}$ calculés avec le modèle de propagation l'ont été en supposant une répartition de véhicules circulant sur l'autoroute 73 qui a été déterminée entre 10h et 11h les 11-12 et 13-14 juin 2012, car les données de comptage n'étaient pas disponibles au MTQ pour chaque type de véhicules. On a vu à la

section 3.2 que les camions qui circulent à plus de 80 km/h génèrent environ 10 dB de plus que les voitures. Par ailleurs, le rapport de DESSAU (2007) fait état de différents pourcentages de voitures et de camions lourds qui auraient été fournis par le MTQ pour des calculs faits en 2006. Si un pourcentage plus élevé de camions lourds avait été introduit dans le modèle de propagation utilisé par Vinacoustik, on aurait sans aucun doute obtenu des valeurs supérieures à ce qu'on retrouve au tableau 6. Comme il a été démontré à la page 32 du présent rapport, le $L_{Aeq,24h}$ peut facilement être 5 dB plus élevé s'il y a près de 30% de camions qui circulent sur l'autoroute.

- Sur la base des données de comptage fournies par le MTQ entre 2006 et 2011, Vinacoustik démontre que le $L_{Aeq,24h}$ n'aurait pas augmenté significativement durant cette période. Encore une fois, le fait d'avoir utilisé une grande majorité de véhicules automobiles dans la simulation ne rend possiblement pas compte de la contribution réelle des camions lourds. Selon les citoyens rencontrés le 24 septembre 2012, le nombre de camions aurait augmenté depuis 2006.

4.1.3 Conclusions sur les simulations sonores

Ainsi, en utilisant un modèle de propagation sonore (Nord2000 Road) validé à plusieurs occasions au niveau international (voir p.23-24 du rapport de Vinacoustik) et qui prend en compte la vitesse et la direction du vent (ce que le logiciel TNM 2.5 suggéré par le MTQ ne fait pas), et en sachant que les calculs de $L_{Aeq,24h}$ sont possiblement sous-estimés, on réussit à démontrer que la grande majorité des citoyens habitant à proximité de l'autoroute 73 (soit plus de 85% des bâtiments) sont exposés à des niveaux sonores qui dépassent la valeur acceptable de 55 dBA-24h pour limiter la gêne sévère. Ceux dont la résidence est située à la première rangée le long de l'autoroute 73 sont les plus exposés avec des $L_{Aeq,24h}$ calculés allant de 68 à 74 dBA (et possiblement jusqu'à 5 dB de plus si on intégrait un plus grand nombre de passages de camions dans la simulation). Les gens habitant la 2^e et 3^e rangées de maisons sont exposés à des $L_{Aeq,24h}$ moins intenses, mais ces derniers peuvent tout de même atteindre 66 dBA (et possiblement jusqu'à 5 dB de plus si on intégrait un plus grand nombre de camions lourds). Contrairement à la croyance populaire, la distance de l'autoroute n'est pas le seul critère qui permet de prédire le niveau d'exposition. La topographie (p.ex. maison située en hauteur) et l'effet d'écran de

bâtiments influencent aussi les niveaux sonores. Comme on l'a démontré précédemment, la vitesse et la direction du vent sont parmi les facteurs les plus déterminants dans l'estimation des niveaux d'exposition sonore. L'utilisation d'un logiciel qui ne prend pas en compte ces derniers facteurs, comme le TNM 2.5, risque de sous-estimer significativement les niveaux sonores.

4.2 Propos recueillis lors d'une visite des lieux le 24 septembre 2012

L'auteure du présent rapport s'est rendue le 24 septembre 2012 à l'intérieur du quadrilatère faisant l'objet du recours collectif pour d'une part, entendre le bruit qui prévaut dans cette zone et d'autre part, rencontrer des citoyens habitant cette zone. Elle était accompagnée de M. Maurice Filion et M. Réal Maltais lors de cette visite qui s'est échelonnée de 10h30 à 18h45.

Le tableau 7 fait état des propos recueillis lors de cette visite. Treize résidences ont été visitées. Il ne s'agit pas d'une enquête de perceptions exhaustive, mais les commentaires des résidents rencontrés corroborent la liste d'effets indésirables que l'ensemble de la communauté qui a déposé le recours collectif a produite dans le cadre de la requête introductive d'instance déposée le 12 août 2011. Cette liste contenait les éléments suivants :

- Ne plus jouir de leur terrain extérieur pour pratiquer des activités usuelles estivales qui sont caractéristiques des quartiers résidentiels;
- Renoncer à plusieurs activités estivales telles que la baignade, les repas au grand air, la réception d'invités, en raison du bruit incessant de l'autoroute 73;
- Devoir élever exagérément le ton (i.e. crier) pour entretenir une conversation à l'extérieur;
- Garder les fenêtres fermées afin de ne pas être importunés par le bruit de l'autoroute;
- Être perturbés dans leur sommeil depuis plusieurs années;
- Subir un bruit ambiant élevé comparable à un bourdonnement intense et constant, à l'intérieur et à l'extérieur de leur domicile;
- Devenir agressifs et impatients à cause de la pollution sonore.

À cette liste s'ajoute des éléments tirés du tableau 6 qui méritent d'être mis en évidence afin de démontrer les efforts déployés par les citoyens pour contrer les effets du bruit, l'impuissance et le désarroi de ces derniers et dans un cas particulier, l'impact tragique qu'aurait pu avoir le bruit émanant de l'autoroute.

- Plusieurs résidents ont acheté leur résidence sans remarquer les niveaux sonores qui auraient pu provoquer des nuisances. Des résidents ont acheté leur maison en hiver alors que les fenêtres étaient fermées. Une autre résidente a acheté sous pression en 2007 en plein boom immobilier où il ne fallait pas tarder à faire une offre d'achat. Cette résidente avait tout de même pris la peine de vérifier auprès de la ville de Québec et du ministère des Transports qui l'avaient tous deux rassurée que des mesures d'atténuation sonore étaient prévues à leur plan triennal respectif, avant de déposer son offre d'achat. Quelques jours après avoir complété la transaction immobilière, elle apprenait que ces mesures d'atténuation avaient été retirées des plans triennaux.
- Plusieurs résidents de la rue Trudelle ont érigé des murs anti-bruit à leurs propres frais, en espérant régler le problème. Certains notent une légère différence, mais pour la plupart, la longueur du mur et les matériaux utilisés ne sont pas suffisants pour atténuer significativement le bruit.
- Un résident a acheté sa maison en septembre 2011. Il a rapidement constaté que le bruit de l'autoroute l'envahissait au point qu'il a l'impression d'avoir tout le temps ce bruit dans la tête. Il a fait changer ses fenêtres de chambre en optant pour du triple vitrage. Il a noté une légère amélioration, mais sa conjointe se réveille encore souvent la nuit. Ce même résident a demandé un permis à la ville pour subdiviser son grand terrain et le vendre pour la construction d'une autre maison, mais la ville lui a refusé prétextant que « l'emplacement pour un tel projet est inapproprié considérant la proximité de l'autoroute Laurentienne... ». Découragé et impuissant face à la situation, ce résident a remis sa maison en vente, un an après l'avoir achetée.
- Plusieurs résidents rapportent porter des bouchons pour dormir la nuit.
- Des résidents ont souligné être réveillé par le bruit tôt le matin.

- Certains résidents rapportent s'habituer au bruit, d'autres pas, mais comme il a été mentionné plus haut, les gens peuvent se convaincre qu'ils y arrivent, mais physiologiquement, le corps réagit toujours;
- Une résidente n'utilise pas sa cour arrière. Elle préfère s'asseoir sur son balcon à l'avant. Cette même résidente précise qu'elle est contente d'aller travailler le matin pour fuir le bruit.
- Certains résidents ont tenté d'ajouter dans leur cour des fontaines d'eau ou des haut-parleurs pour diffuser de la musique dans l'espoir de masquer le bruit de l'autoroute, en vain. Une résidente dit avoir opté pour un climatiseur pour éviter d'ouvrir les fenêtres l'été.
- Une résidente a rapporté avoir vécu une situation traumatisante alors que sa fille de 3 ans est tombée dans la piscine à l'été 2008, sans qu'elle ne l'entende à cause du bruit de l'autoroute. Pourtant, elle n'était qu'à quelques mètres d'elle. C'est en se retournant pour voir où était sa fille qu'elle l'a aperçue flottant à la surface de l'eau et qu'elle a pu la récupérer à temps.

Tous ces commentaires et anecdotes sont tout à fait typiques de ce qu'on relève dans la littérature sur les effets du bruit. Les gens tentent souvent en premier lieu d'attirer l'attention des différents paliers gouvernementaux (municipal et provincial) en leur soumettant la problématique qu'ils vivent, sous forme d'appels téléphoniques ou de plaintes formelles. Lorsqu'ils constatent, comme l'a fait plusieurs résidents qui ont porté plainte depuis les années '80, que personne ne donne suite à leurs doléances ou que les différents paliers de gouvernement se relancent la balle, ils tentent de trouver des solutions pour tenter de contrer les effets du bruit (p.ex. fermeture des fenêtres, port de bouchons la nuit, utilisation de sons masquants tels que la musique, augmentation du volume de la télévision, déménagement, etc.). Toutefois, le simple fait de ne pas sentir l'appui des autorités, de ne pas avoir le contrôle sur la source de bruit, de constater que les efforts qu'ils consacrent à combattre le bruit ne sont pas aussi efficaces qu'ils l'espéreraient, d'avoir peur que le bruit augmente avec le flot de circulation, de devoir vivre comme dans un « aquarium », de ne pas jouir de leur propriété comme on s'y attendrait dans un quartier résidentiel, de ne pas bénéficier d'un

sommeil réparateur, d'avoir à crier pour communiquer, d'être agressifs et impatients, mènent ces gens vers une frustration qu'ils ne peuvent plus contenir. Ils atteignent un seuil d'intolérance qui les mène vers des actions en justice, telle qu'un recours collectif. Comme il a été mentionné à la section 3.4, peu de gens ont le courage de se rendre à ce point, mais lorsqu'ils le font, c'est très souvent signe que les limites acceptables ont été dépassées.

Tableau 7

Commentaires des citoyens recueillis par l'auteur du présent rapport lors d'une visite le 24 septembre 2012

Adresse	Commentaires
6531 Mirande	<p>ont magasiné la maison l'hiver, fenêtres fermées ont sous-évalué l'impact du bruit ont choisi la maison car elle convenait à leurs besoins à l'intérieur 1er été: ont fait le saut quand ils se sont aperçus du niveau sonore émis par l'autoroute en 3 ans: ils ont mangé dehors moins de 5 fois Dehors: il faut se crier pour s'entendre; ne ressent pas de plaisir à être dehors; utilise seulement le spa qui est enfermé dans un cabanon; quand elle jardine, elle entre dans sa bulle Elle a de la difficulté à se rendormir quand elle est réveillée par le bruit; depuis 1 an, se réveille plus souvent le bruit joue sur sa tolérance, est décrit comme un irritant ils doivent aller ailleurs pour fêter, profiter de lieux extérieurs leur piscine est brisée et ils ne la font pas réparer car ils n'en profitent pas à cause du bruit souvent toujours à l'intérieur la haie les coupe visuellement de l'autoroute, mais ils entendent le bruit beaucoup de poussière fin de semaine: autos sports, motos très bruyantes; moins de camions tôt le matin et fin d'après-midi: circulation au ralenti: un peu moins de bruit la nuit: beaucoup de circulation avec accalmie entre 4h et 5h jeudi et vendredi soir: sortie des magasins entre 21h et 22h; plus de circulation</p>
6537 Mirande	<p>a acheté la maison en sept. 2011 a mis la maison en vente récemment, à cause du bruit se plaint des motos tard le soir chambre à coucher des maîtres: ont changé les fenêtres, mais entendent encore le bruit de l'autoroute M. dit qu'il s'habitue, mais précise qu'il a le bruit dans sa tête tout le temps</p>

Sa conjointe se réveille souvent la nuit
A acheté la maison pensant qu'il utiliserait le grand terrain pour que son fils puisse jouer différents sports; ils ne sortent jamais dehors
Sa fille de 19 ans et son fils de 12 ans se plaignent du bruit quand ils écoutent la télé
Veut maintenant s'acheter un condo, dans le calme
A demandé un permis à la ville pour subdiviser son grand terrain et le vendre pour la construction d'une autre maison mais la ville lui a refusé: "l'Arrondissement juge que l'emplacement pour un tel projet est inapproprié considérant la proximité de l'autoroute Laurentienne..."
Autobus avec pneus d'hiver: très bruyants
Ensemble patio: jamais utilisé

6410

Clairbonne

a acheté en hiver 2000
voulait un accès facile à l'autoroute
cour arrière: mange moins dehors, parfois moins bruyant mais très rare; ne peut pas relaxer
le + dérangeant: le bruit le soir et tôt le matin= ça réveille
elle dort avec des bouchons
a l'impression qu'il y a un effet d'écho
les gens qui la visitent disent: « belle maison, mais le bruit de l'autoroute est dérangeant »
poussière dans la maison
journée pluvieuse: plus de bruit
source très bruyante: vans avec freins moteurs
elle ferme la porte patio lorsqu'elle travaille à la maison
Ressent un "buzz" lorsqu'elle compare à d'autres maisons dans des milieux calmes

7395 Doucet

habite la maison depuis 2 ans
mange beaucoup moins souvent dehors; font le BBQ, mais mangent en dedans
le trafic la réveille le matin

- 7535 Doucet Vient de passer la fin de semaine dans un chalet: remarque une énorme différence entre les niveaux sonores habite cette maison depuis 28 ans dort les fenêtres ouvertes: elle dit qu'elle s'habitue, mais se réveille souvent la nuit (surtout lorsque des motos) vendredi soir: sortie des bars: très bruyant dimanche soir: les vans commencent à rouler
- 7525 Doucet pas capable de se parler sur la terrasse ne peuvent pas ouvrir leurs fenêtres la nuit heure de pointe = enfer s'assoit sur la galerie en avant n'est pas capable de lire dans la cour, à cause du vacarme contente d'aller travailler pour fuir le bruit habite la maison depuis 10 ans
- 8215 rue Colombelle dormir fenêtres ouvertes = impossible met des bouchons à partir de 4h30 le matin recevoir des amis à l'extérieur: très difficile la poussière ont ajouté un jet d'eau dans la piscine et des haut-parleurs pour tenter de masquer le bruit de l'autoroute ont acheté la maison il y a 5 ans (février 2007) et s'était fait dire que la problématique du bruit de l'autoroute faisait partie du plan triennal ont fait installer l'air climatisé pour ne pas ouvrir les fenêtres et pour entendre le ronronnement du climatiseur plutôt que le bruit de l'autoroute ne pensait pas que ce serait aussi pire

8905
Trudelle

rapporte que le bruit a augmenté depuis 2000
ils doivent se crier à côté de la piscine
camions avec freins hydrauliques: épouvantables
les visiteurs disent: "C'est trop bruyant; entrons en dedans" "Comment peux-tu vivre avec ce bruit-là
a essayé d'utiliser une radio pour masquer le bruit de l'autoroute, mais n'entendait pas la musique
poussière; elle éternue plus
la visite ne vient plus car on n'est pas capable de penser

8535
Trudelle

habite cette maison depuis 1967 (45 ans)
Un des plaignants très actifs dans le dossier depuis les premières plaintes

8515
Trudelle

habite cette maison depuis 10 ans
mange dehors le midi, mais jamais le soir
aimerait lire tranquille dans le cour: elle le fait vers 16h mais pas plus d'une 1/2 heure
fins de semaine d'été: motos, camions: intolérables
c'est "salaud"; il faut laver les fenêtres souvent
sa chambre à coucher n'est pas du côté de l'autoroute et elle en est bien contente
compare sa situation à sa sœur qui habite au lac Beauport où elle entend les oiseaux
il y a 10 ans, il y avait 2 voies au lieu de 3: donc moins bruyant
à l'heure de pointe: bloquée et ça fait moins de bruit. Toutefois, elle craint que le ministère ajoute une autre voie
pour désengorger
pas capable de se parler de la maison au terrain extérieur
le bruit est déplaisant; toujours un ronronnement
le niveau dépend des vents

8655

Trudelle

doivent fermer les fenêtres lorsqu'ils parlent au téléphone
Leurs enfants leur font remarquer qu'ils parlent fort et qu'ils ont l'air fâché
Utilisent très peu leur terrain/piscine/patio arrière
Un des plaignants les plus actifs dans ce dossier

8645

Trudelle

entend toujours un "bruit de fond"
pas capable de jouir de sa propriété
ne mange pas dehors depuis 2 ans
ses filles ne viennent plus les visiter
a fait construire un mur de bois à ses frais; selon lui, le mur leur permet de se parler
lorsqu'ils ont changé les fenêtres, ils ont dû penser à un virage plus épais
selon lui, lors de la modification de l'autoroute, il y aurait dû y avoir quelque chose pour réduire le bruit

8695

Trudelle

ont acheté la maison en 2007 (lors du boum immobilier où les maisons se vendaient très rapidement)
le bruit la rend agressive
il faut se crier à l'extérieur
en 2008, sa fille de 3 ans est tombée dans la piscine; Mme Rioux n'a rien entendu à cause du bruit de l'autoroute;
elle l'a sauvée en la voyant flotter
ne peut pas ouvrir les fenêtres
lors de la visite de la maison en 2007, ils ont pris la peine de vérifier auprès du ministère des transports,
ensuite auprès de la municipalité et se sont fait dire qu'un mur anti-bruit était prévu dans le plan triennal.
Tout est tombé à l'eau quelques jours après qu'ils aient acheté la maison
lors de la 1ere nuit dans la maison: elle n'a pas dormi et a dû mettre des bouchons
son conjoint dort toujours avec des bouchons
elle rapporte qu'elle ne s'habitue pas au bruit à l'extérieur
mangent rarement à l'extérieur
poussière

5.0 Analyse du rapport de DESSAU- 28 février 2013

La firme DESSAU a effectué des mesures de bruit dans le cadre de ce dossier de recours collectif, en collaboration avec la firme Vinacoustik. Les rapports de ces 2 firmes ont été déposés le 28 février 2013. Les données du rapport de Vinacoustik avaient été transmises à l'auteur du présent rapport quelques semaines auparavant pour qu'elle puisse se prononcer sur l'impact du bruit émis par l'Autoroute 73. Les données ainsi que les analyses contenues dans le rapport de DESSAU ont été consultées par l'auteur du présent rapport entre le 1^{er} mars et le 15 mars 2013, date limite pour déposer son rapport d'expertise. Avant de conclure sur l'impact du bruit causé par l'Autoroute 73 sur la qualité de vie et la santé des résidents, il est important d'analyser le rapport de DESSAU en prenant la loupe de la psychoacoustique et des effets biologiques du bruit, en complément à celle de l'ingénierie. Pour faciliter la compréhension, les éléments du rapport qui méritent d'être discutés seront présentés dans l'ordre qu'ils apparaissent dans le rapport de DESSAU. Certains commentaires seront très spécifiques alors que d'autres seront plus généraux et engloberont plusieurs concepts.

p.5 Il est écrit que « Dans le cas des autoroutes avec de grands débits de circulation, le bruit s'apparente à une source de bruit linéaire continue. »

Ce qui n'est pas précisé dans cette affirmation est la conséquence sur le niveau sonore de ce type de source (i.e. linéaire) à longues distances. Comme il a été mentionné à la page 7 du présent rapport, le niveau sonore décroît de 3 dB par dédoublement de distance dans le cas qui nous intéresse ici, plutôt que 6 dB pour les cas de sources ponctuelles (p.ex. bruit d'une cheminée d'usine qui émet dans l'environnement). Cela revêt une grande importance, surtout pour les résidences plus éloignées de l'autoroute. Ainsi, si le niveau sonore est de 70 dBA à 5 mètres de l'autoroute, il sera de l'ordre de 55 dBA à 160 mètres, avec la règle du 3 dB par dédoublement de distance, alors qu'il serait de 40 dBA avec la règle du 6 dB (en supposant qu'il n'y a pas d'autres sources de bruit). On constate donc que le bruit d'autoroute à circulation continue décroît beaucoup moins rapidement que le bruit d'une source ponctuelle. Dans l'exemple précédent, on obtiendrait une différence de 15 dB à 160 mètres.

p.6-7 DESSAU affirme dans la section 3.1 de son rapport que « le choix d'un descripteur unique pour évaluer le niveau de gêne à des fins réglementaires est difficile. » Il poursuit en présentant le $L_{eq,24h}$ ainsi que ses dérivés le L_{dn} (jour/nuit) et L_{den} (jour/soir/nuit). À la fin de la page 6, on retrouve diverses périodes de jour, soir, nuit et la phrase « Généralement, des termes correctifs sont appliqués le soir (+5 dB) et la nuit (+10 dB) ». À la page 7, on nous dit que la différence entre le $L_{eq,24h}$ et le L_{dn} est de l'ordre de 3 à 4 dBA. À la fin de la page 7, il est spécifié qu'au Québec, on utilise le $L_{eq,24h}$ pour les niveaux sonores associés à la circulation routière et que 4 autres provinces canadiennes l'utilisent également.

L'auteur du présent rapport ne peut que renchérir sur le fait que le recours à un seul descripteur de bruit, tel que le $L_{Aeq,24h}$, ne peut expliquer tous les effets du bruit sur la santé et la qualité de vie. La démonstration en a été faite au chapitre 3. DESSAU admet qu'il existe d'autres descripteurs comme le L_{dn} ou le L_{den} et que ces descripteurs donnent des valeurs de 3 à 4 dB plus élevées que le $L_{Aeq,24h}$. Pourtant, aucune autre mention de ces descripteurs n'est faite dans leur rapport. DESSAU semble opter pour le $L_{Aeq,24h}$ dans plusieurs de ces analyses (les autres étant basées sur le $L_{Aeq,1h}$), car c'est le descripteur proposé par le ministère des Transports du Québec dans sa Politique sur le bruit routier. Ce qui n'est pas précisé dans cette section, c'est que cette politique date de 1998, donc de 15 ans, et qu'en 2006, M. Tony Leroux et ses collaborateurs a déposé un rapport de 127 pages qui invitait le ministère à revoir le choix de son descripteur. La section 5.3.3.1 de ce rapport mérite d'être reproduite ici. Le surligné a été ajouté par l'auteur du présent rapport :

« 5.3.3.1 Les indicateurs acoustiques

Les données synthétisées au Tableau 11 montrent un consensus autour de l'utilisation de l'indicateur intégrateur d'énergie L_{DEN} qui est supporté par un ensemble rigoureux et cohérent de relations exposition-réponse. L'examen de la littérature montre également que l'utilisation d'un indicateur unique, quel qu'il soit, ne permet de quantifier à la fois la gêne ressentie par les riverains et les effets sur la santé à court ou à long terme. Il faut disposer d'un ensemble d'indicateurs permettant d'apprécier l'exposition plus ou moins continu au

bruit routier et l'exposition à des sources intermittentes de bruit routier. Il apparaît essentiel d'ajouter un indicateur permettant de quantifier ces sources intermittentes.

Dans le rapport d'étape soumis aux intervenants de la table ronde en 2003, nous suggérons l'utilisation du niveau statistique L_{10} . L'examen approfondi de la littérature n'a pas permis d'identifier des relations exposition-réponse permettant de supporter scientifiquement cet indicateur. Par ailleurs, des données scientifiques plus rigoureuses permettent de supporter l'utilisation du L_{Amax} ou du SEL pour qualifier la gêne reliées aux sources intermittentes de bruit routier, du moins pour ses effets à court terme. Pour les effets à long terme, l'indicateur L_N est appuyé par davantage de données probantes en ce qui a trait au bruit routier. Finalement, tous ces indicateurs présentent l'avantage d'être plus facilement appréhendés par les populations riveraines et les administrations locales comparativement à l'usage d'un indicateur intégrateur unique qu'est le $L_{Aeq-24h}$.

La procédure de mesure du L_{DEN} est décrite par la norme ISO 1996 (2003) qui définit précisément les paramètres à utiliser pour décrire le bruit et la gêne engendrée. Elle présente également les aspects métrologiques permettant d'obtenir des mesures de bruit valides et fiables. La norme utilise principalement le niveau continu équivalent de pression sonore L_{eq} auquel s'ajoute les pondérations permettant de prendre en considération le moment de la journée (jour, soirée et nuit) ou de la semaine (jours ouvrables, fin de semaine), les activités humaines touchées par l'exposition au bruit autant à l'intérieur qu'à l'extérieur des résidences et le type de source de bruit environnemental, y compris le bruit routier. La norme préconise l'usage de pondérations à utiliser lorsque les sources de bruits présentent des caractéristiques particulières: tonalité, impulsionnalité, contenu informatif, etc. La norme prévoit également l'utilisation du L_{Amax} pour décrire les sources sonores intermittentes se produisant peu fréquemment. Les concepts d'émergence et de bruit ambiant préexistant avant l'ajout d'une source éventuelle de bruit (par exemple, une nouvelle route) sont aussi utilisés. La norme ne précise pas les niveaux seuils à respecter laissant ce choix aux autorités compétentes en fonction des effets documentés du bruit sur la santé.

Malgré les avancées de la recherche scientifique concernant les indicateurs acoustiques au cours des cinq dernières années, la plupart des auteurs et des groupes de travail conviennent que l'utilisation, en isolation, de ces indicateurs ne permet pas de caractériser adéquatement l'exposition au bruit environnemental. Le bruit routier n'échappe pas à cette contrainte et la gêne ressentie par les populations exposées doit également être mesurée et prédite par une enquête de perception." (Leroux et coll., 2006, p.69)

Ainsi, malgré les recommandations de ce rapport ainsi que toute la littérature scientifique produite entre 2006 et 2013, le ministère des Transports ne semble pas avoir fait de démarches concrètes pour modifier sa politique ou du moins inviter les firmes d'expertise en acoustique à considérer d'autres descripteurs pour mieux traduire les effets du bruit routier sur les riverains. Pourtant, le ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) avec sa Note d'instructions sur le bruit (2006), ouvre la porte à d'autres indices. On lit au paragraphe 1.3 de la Note :

« 1.3 Autres paramètres, indices ou appréciations subjectives :

En plus des divers paramètres requis pour évaluer le niveau acoustique d'évaluation tel que décrit à la section 1.1 (incluant les annexes auxquels cette section réfère), d'autres paramètres, indices ou appréciations subjectives peuvent s'avérer utiles voire essentiels à l'interprétation, à la validation et à l'évaluation des mesures de bruit. C'est notamment le cas pour les indices statistiques LAFN, T,1 ainsi que les notes terrains et les commentaires concomitants à des mesures. »

Il est vrai que la Note d'instruction du MDDEP ne s'applique pas au bruit routier. Les grandes divergences entre les divers règlements sur le bruit au Québec ont toutefois amené le ministre de la santé à commander un avis public sur le bruit afin de faire le point sur les différents effets du bruit et les descripteurs qui y sont associés. L'avis n'a pas encore été déposé, mais des membres de l'équipe de rédaction de cet avis ont déjà présenté un avant-goût lors du congrès Inter-Noise 2009 tenu à Ottawa (Martin et coll., 2009). Ces auteurs insistent sur la nécessité de revoir l'ensemble des réglementations et lignes directrices sur le bruit au Québec pour rendre compte des effets néfastes du bruit dans plusieurs environnements et pour lesquels on dispose d'évidence

scientifique suffisante depuis de nombreuses années. Il est important de souligner que le MDDEP a fait l'effort de revoir sa note d'instructions en 2006, alors que le MTQ utilise encore la même approche face au bruit depuis 1998.

Ainsi, sur la base des études scientifiques des 20 dernières années, des recommandations des organismes tels que l'OMS et le Committee on Technology for a Quieter America, il n'y a pas de raison de limiter l'analyse du bruit autoroutier au seul descripteur $L_{Aeq,24h}$ et penser pouvoir en déduire tous les effets de ce type de bruit sur la santé et la qualité de vie des citoyens.

p.9, section 4.3.2

DESSAU présente la Note d'instructions du MDDEP cité plus haut et cite les sources de bruit qui sont couvertes par celle-ci. On y constate que « le bruit de la circulation de véhicules ou d'équipements mobiles sur le terrain d'une source fixe lui est imputable ». Cependant, aussitôt que cette source de bruit quitte les limites de terrain de la source fixe, elle n'est plus couverte par la Note d'instruction et devient du bruit routier.

Ainsi, une même source de bruit de type véhicule est assujetti à des limites de bruit différentes selon qu'elle est sur le terrain d'une source fixe (p.ex. une usine; limites de 45 dBA le jour et 40 dBA la nuit dans un quartier résidentiel) ou sur le réseau routier du Québec (limite de 65 dBA). Cela représente un bel exemple du chaos qui existe dans le domaine de la réglementation sur le bruit au Québec.

p.9 section 4.3.3

DESSAU cite le descripteur utilisé par la S.C.H.L., soit le $L_{eq,24h}$.

Il faut questionner la pertinence de cette référence qui date de 1981, soit vieille de 32 ans.

p.10, section 4.3.4

La norme ISO 1996-1 y est rapportée. Ce sont le L_{dn} et L_{den} qui forment la base de cette norme.

Il est curieux que DESSAU cite cette norme qui appuie le choix d'un autre descripteur que le $L_{Aeq,24h}$ pour le bruit environnemental (depuis 2003) et qui, de plus, intègre des facteurs de correction tels que le type de bruits (p. ex. impulsif) ou le moment d'apparition de la source (p.ex., la fin de semaine). Cela démontre encore une fois que le MTQ se limite à utiliser un seul descripteur en ignorant d'autres descripteurs internationalement reconnus.

p.10, section 4.4.2

DESSAU réfère au tableau de l'Annexe 8 de son rapport et constate que les critères de bruit, les valeurs guides ainsi que les descripteurs sont différents d'un pays à l'autre.

Encore une fois, ceci fait la démonstration que le $L_{Aeq,24h}$ n'est pas le descripteur unique pour décrire les effets du bruit routier sur la santé et la qualité de vie.

p.13

La méthodologie utilisée pour l'expertise des ingénieurs est celle élaborée par le MTQ en 1989. Cette méthodologie date donc de plus de 24 ans. De plus, le logiciel utilisé pour les simulations est le T.N.M. (version 2.5).

On est en droit de se questionner sur la validité de la méthodologie utilisée, sachant qu'il y a eu des progrès dans les technologies de mesures de bruit et dans les approches pour déterminer le degré de gêne ou les effets sur la santé depuis ce temps. Le rapport de Leroux et coll. (2006) commandé par le MTQ en fait la démonstration hors de tout doute. Par ailleurs, les limites du logiciel TNM ont déjà été abordées à la page 30 du présent rapport.

p.15

Le Tableau 1 reproduit la grille d'évaluation de la qualité de l'environnement sonore que le MTQ préconise depuis 1989.

Encore une fois, on peut questionner cette grille compte tenu des études scientifiques des 20 dernières années. Il faut ici rappeler que l'OMS (1999) affirme qu'une gêne modérée débute à 50 dBA alors qu'une gêne sévère s'installe à partir de 55 dBA, le jour (sur une période de 16

heures). Ainsi, pour les niveaux sonores entre 55 et 60 dBA, le MTQ qualifie cette zone de gêne faible, alors que l'OMS la qualifierait de gêne sévère. Il faut aussi ajouter que depuis que ces valeurs ont été établies, on a réalisé que différentes sources de bruit peuvent engendrer différents niveaux de gêne, au même $L_{Aeq, T}$ (voir p. 11, étude de Miedema (2001)). DESSAU se limite donc à la grille du MTQ sans questionner la validité de cette dernière.

p.35 et suivantes

DESSAU tente d'expliquer les variations des niveaux sonores d'un point de mesure à un autre, en référant tantôt aux effets du vent, d'écran ou à d'autres sources de bruit (p.ex. avions, oiseaux).

De l'avis de l'auteure du présent rapport, il est très difficile de porter des jugements sur des relevés qui ont des durées d'une heure ou de 24 heures. Pendant ces périodes, les vents varient et les sources de bruit autres que l'autoroute peuvent se manifester. DESSAU se concentre exclusivement sur les niveaux sonores pour tenter de tirer des conclusions sur la contribution de certaines sources autres que l'autoroute à la gêne rapportée par les citoyens. Pourtant, il est clairement documenté dans la littérature rapportée au chapitre 3 que ce que perçoivent les gens n'est pas seulement relié aux niveaux sonores des sources qu'ils entendent. Deux exemples méritent d'être cités pour bien comprendre les limites associées aux niveaux sonores mesurés en dBA et intégrés sur de longues périodes. Tout d'abord, des psychoacousticiens de grande renommée internationale, Zwicker & Fastl (1999), ont fait la démonstration qu'un bruit pouvait être manipulé au point qu'à niveau sonore égal en dBA, il pouvait être perçu beaucoup plus fort qu'un autre, en modifiant simplement le contenu fréquentiel. Les auteurs rapportent l'exemple d'une motocyclette qui émettait 3 dBA de moins qu'une autre, mais qui sonnait 25% plus fort.

Un autre exemple frappant est celui des alarmes de recul installées sur les véhicules lourds. On a tous vécu l'expérience d'une alarme de recul qui est venue perturber notre sommeil lors du déneigement de notre quartier aux petites heures du matin. L'alarme n'était pas nécessairement très intense (surtout que les fenêtres sont normalement fermées en hiver), mais suffisamment pour nous réveiller. Il a été démontré dans une étude récente (Vaillancourt et coll., 2012) et financée par l'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec que pour être tout

juste audible dans un bruit ambiant, une alarme de recul peut avoir un niveau sonore 18 dB inférieur au bruit ambiant. Ainsi, si le bruit ambiant est de 65 dBA, l'alarme peut être perceptible à un niveau de 47 dBA. Pourtant, si on faisait une mesure de bruit ambiant seul on obtiendrait 65 dBA. Lorsqu'on activerait l'alarme de recul de 47 dBA et qu'on prendrait une nouvelle mesure de bruit, on obtiendrait toujours 65 dBA. Pourquoi? Parce que la différence de niveau entre 47 dBA et 65 dBA est supérieure à 10 dBA. Dans cette situation, le niveau global ne change pas à cause de la fonction logarithmique qui régit l'addition des décibels, mais on aurait tendance à associer le niveau de 65 dBA à la source sonore qui dérange, soit l'alarme de recul dans ce cas-ci.

Dans son argumentaire sur les autres sources de bruit (p.ex. avions, chants d'oiseaux), DESSAU tente de convaincre le lecteur (particulièrement à la page 42 et aux figures 10 et 11) que ce sont ces sources de bruit que les riverains entendent et qu'il n'y a rien d'autres qui est entendu à ces moments-là. Les connaissances en psychoacoustique nous démontrent qu'une source sonore peut très bien être entendue (p.ex. l'autoroute), malgré la présence d'une autre source de bruit (p.ex. chants d'oiseaux), même si les niveaux sonores de chacune des sources sont très différents. On ne peut donc pas affirmer que parce qu'une source sonore est plus intense qu'une autre en dBA, elle masquera la source moins intense et qu'une seule source sera perçue. L'oreille humaine est capable de capter plusieurs sources sonores simultanément et la gêne peut être associée à l'une ou l'autre de ces sources ou même à la combinaison de plusieurs sources (p.ex. bruit routier et ferroviaire en même temps). Toutefois, le type de sources sonores pourra influencer le niveau de gêne.

En effet, les travaux de Brown & Muhar (2004) méritent d'être cités ici pour davantage insister sur les types d'environnements sonores. Ces auteurs rapportent plusieurs études qui portent sur la catégorisation des environnements dans les espaces résidentiels. Ainsi, un environnement sera qualifié d'adverse, reposant, affectif (induisant des sensations ou des émotions) ou sans expression (« expressionless »). Ces auteurs mentionnent que, dans certains environnements, toute perturbation acoustique peut mener à une détérioration rapide de la qualité de l'environnement. Les études portant sur l'espace sonore vont plus loin que la simple analyse des niveaux sonores et cherchent à comprendre quels sont les attributs acoustiques des espaces dans lesquels nous vivons. En résumé, Brown & Muhar (2004) insistent sur le fait que, dans tout

environnement, il est possible de départager entre les sons désirés (ex. sons de la nature, etc.) et les sons non désirés (ex. trafic routier, musique amplifiée, etc.). Le contenu informatif des sons est primordial à considérer dans la planification de l'espace sonore. Il ne faut donc pas s'arrêter seulement à un descripteur physique, comme par exemple le $L_{Aeq, 1h}$. En effet, certains sons de la nature, par exemple une rivière qui émet 50 dBA sur un terrain habité, ne seront pas perçus comme nuisibles.

Brown & Muhar (2004) introduisent aussi le concept d'environnement acoustique proposé (« Proposed Acoustic Environments ») et précisent que, dans ce cadre, les sons indésirables (ou bruits) ne doivent pas masquer les sons désirables. Le concept de masquage est relativement complexe et ne se définit pas seulement par les niveaux sonores relatifs des sons désirés et indésirables (appeler communément le rapport signal désiré sur le bruit indésirable (S/B)), mais aussi par le contenu fréquentiel et la variation temporelle des deux signaux sonores.

En résumé, on ne peut affirmer que parce que le niveau sonore d'une source sonore (p.ex. l'autoroute) est inférieur à une autre source sonore (p.ex. chants d'oiseaux) à certains points de mesure et à certains moments que la première source ne sera pas entendue. Le chant d'un oiseau ou le passage d'un avion peuvent en effet produire des niveaux sonores plus élevés que ceux de l'autoroute, à certains moments, mais ils ne seront pas nécessairement de nature continue comme peut l'être le bruit de l'autoroute. C'est très souvent la nature continue du bruit d'autoroute, auquel s'ajoutent des sources sonores telles que les motocyclettes ou les camions, qui exaspère les riverains. Et le niveau sonore n'a pas besoin d'être très intense pour provoquer de la gêne. Pensons simplement à l'insecte qui nous tourne autour de la tête au moment où on veut s'endormir. Il n'émet pas un niveau sonore intense (peut-être 30 dBA). Pourtant, cela nous met hors de nous et on voudrait seulement l'attraper pour mettre fin à ce supplice.

Un commentaire doit aussi être fait sur la distance des sources sonores par rapport à l'autoroute. DESSAU affirme à la page 55 que certains événements sonores isolés tels que les sirènes, frein moteur ou les motos « sont généralement inhérentes à l'autoroute lorsqu'on se trouve à proximité de celle-ci ». Il est faux de prétendre que ces sources sonores seront entendues qu'à proximité de l'autoroute. Que ce soit les sirènes, les freins moteurs ou les motos, ces sources peuvent être entendues à plusieurs centaines de mètres de l'autoroute, surtout la nuit et avec des vents

porteurs. Ces sources ont souvent des caractéristiques spectrales particulières qui font qu'elles se distinguent du bruit de l'autoroute et elles voyagent sur de longues distances et sont « rabattues » sur les quartiers plus éloignés (voir explications à la page 8).

p.48 DESSAU compare les niveaux sonores aux points de mesure S7 et S13 et tente de démontrer que l'écart entre les deux points (7.2 dB) est attribuable à d'autres sources que l'autoroute, même si les deux points sont à environ la même distance de l'autoroute.

Encore une fois, il est difficile de porter un jugement sur une seule mesure $L_{Aeq,1h}$. Ce qui n'est pas précisé ici est le fait que la mesure à S7 se faisait dans la cour arrière alors que la mesure était réalisée dans la cour avant du point S13. Où se trouvait le microphone lors des mesures à ces deux points? Près du bord de la rue pour la cour avant du point S13? Comme DESSAU le mentionne à quelques reprises, plusieurs facteurs peuvent influencer les niveaux sonores lorsqu'on s'éloigne de l'autoroute, mais on se doit de répéter que même s'il y a d'autres sources sonores en même temps que la circulation sur l'Autoroute 73, cette dernière source n'est pas nécessairement inaudible. Dans de telles situations, les propos des citoyens qui attestent entendre clairement l'autoroute, le jour et la nuit, et qui rapportent vivre des conséquences importantes sur leurs activités quotidiennes (p.ex. communication lors de repas à l'extérieur, sommeil ou relaxation) peuvent avoir un plus grand poids dans l'estimation de la gêne que la simple mesure des niveaux sonores. Il faut aussi rappeler que le nombre de plaintes officielles ne traduit pas nécessairement l'ampleur du problème. Ce n'est que la pointe de l'iceberg. Enfin, est-il nécessaire de souligner que les citoyens utilisent normalement leur cour arrière pour jouir de leurs activités extérieures (p.ex. repas en famille, relaxation, jeux...)? Les mesures à l'avant des résidences peuvent toutefois être importantes si les chambres à coucher se trouvent à l'avant ou que les résidents y font des activités qui requièrent une ambiance sonore contrôlée.

p.62 DESSAU reconnaît « qu'il est difficile de prévoir l'apport du vent dans la propagation sonore du bruit généré par la circulation de l'A73 ».

On ne peut insister ici sur l'importance d'avoir recours à des modèles de propagation sonore qui intègre la vitesse et la direction du vent, comme le fait le modèle Nord2000 Road que la firme

Vinacoustik a utilisé. Le modèle TNM 2.5 utilisé par le MTQ et les consultants en acoustique ne peut rendre compte du facteur vent de façon aussi valide que le modèle Nord2000 Road. C'est pourquoi les conclusions de l'auteur du présent rapport sont basées sur les prédictions que l'on retrouve dans le rapport de Vinacoustik.

6.0 Le bruit causé par l'Autoroute 73 a-t-il un impact sur la qualité de vie et la santé des résidents?

L'ensemble des effets sur la qualité de vie présentés dans la section 3.3 ont été rapportés par les citoyens habitant dans le quadrilatère visé par le recours collectif. Les deux effets les plus importants sont sans contredit la gêne (nuisance) et l'interférence avec le sommeil. Ce sont ces deux effets qui sont les plus documentés dans la littérature. À ces effets s'ajoutent des difficultés de communication (p. ex. écoute de la télévision, conversation un à un sans se crier), du stress, de l'agressivité, de l'irritabilité et de l'impuissance. Les citoyens ont commencé à dénoncer la situation dès le début des années '80, alors que le flux de circulation sur l'autoroute 73 était en progression. Aux dires des citoyens, le nombre de véhicules lourds n'a cessé d'augmenter et lors de l'élargissement de l'autoroute en 2006, ils espéraient que les paliers gouvernementaux mettent en place les mesures d'atténuation qui auraient permis de réduire cette nuisance. Mais rien n'a été fait. Face à cette inaction des autorités et l'impuissance des citoyens à contrôler cette source de bruit incessante, les citoyens n'ont pas eu le choix que d'utiliser les tribunaux pour faire valoir leur point de vue.

Tant les niveaux de bruit mesurés à l'intérieur du quadrilatère visé par le recours collectif que ceux calculés à partir d'un logiciel de propagation sonore démontrent que les citoyens ont raison de rapporter ce type d'effets, même ceux qui habitent la 2^e ou 3^e rangée de maisons, tant du côté nord que sud. L'utilisation d'un logiciel de propagation sonore reconnu internationalement (Nord2000 Road) et la prise en compte des facteurs les plus déterminants (p.ex. vitesse et direction du vent) ont permis de prédire des $L_{Aeq,24h}$ calculés pour le scénario de vent sud-ouest de 13.6 km/h. Les valeurs prédites sont toutefois possiblement sous-estimés compte tenu que 1) le passage des camions n'a pas pu être pris en compte complètement dans les calculs, puisque seul le comptage entre 10h et 11h a été utilisé et 2) le L_{DEN} préconisé par les organismes internationaux aurait donné des valeurs plus élevées que le $L_{Aeq,24h}$.

Pour les effets sur le sommeil, il a été démontré au tableau 3 que tous les L_{nuit} dépassaient la limite de 40 dBA prescrite par l'OMS pour assurer un sommeil réparateur. De plus, le passage de véhicules lourds surtout en fin de nuit (entre 4h et 7h) engendre des variations du niveau sonore (minute par minute) ainsi qu'une montée des $L_{Aeq,1h}$ qui sont fortement susceptibles de

réveiller les résidents dans cette période où le sommeil est plus fragile. Si on avait accès aux niveaux sonores seconde par seconde (plutôt que minute par minute), on constaterait sans aucun doute que la limite de 45 dBA en niveau sonore maximum (L_{max}) (WHO, 2000) ainsi que le nombre d'événements acceptable pour éviter des éveils trop fréquents seraient largement dépassés la nuit.

Du côté de la communication, il ne fait aucun doute que les niveaux sonores enregistrés autant à l'extérieur qu'à l'intérieur des résidences des citoyens forcent ceux-ci à élever la voix pour communiquer. Il faut rappeler que la limite idéale de bruit de fond pour assurer une très bonne communication est de 42 dBA. Cette valeur est largement dépassée le jour à tous les points de mesure. Dès que le bruit atteint 54 dBA, le locuteur doit forcer sa voix pour maintenir la qualité de la communication. Si la distance entre les interlocuteurs augmente (ce qui peut facilement être le cas lors d'activités à l'extérieur), la limite acceptable de bruit de fond est alors de 48 dBA, mais le locuteur doit parler très fort pour assurer une bonne qualité de communication. La difficulté à communiquer amène inévitablement les gens à limiter leurs échanges verbaux et même à les arrêter, ce qui entraîne des conséquences sociales indéniables. Quant à l'écoute de la télévision ou de la musique à l'intérieur des domiciles, elle ne peut se faire de façon adéquate dans l'ambiance sonore produite par l'autoroute 73, lorsque les fenêtres sont ouvertes. Les gens ont rapporté devoir hausser le volume pour arriver à bien comprendre les messages. Pour les résidences situées à la première rangée de l'autoroute et exposées à des niveaux sonores supérieurs à 65 dBA, les communications peuvent demeurer difficiles même lorsque les fenêtres sont fermées, en supposant une atténuation moyenne réaliste de 20 dB.

Ainsi, lorsqu'on met ensemble tous les éléments couverts dans la section 4, il ne fait aucun doute que plus de 85% des résidences dans la zone visée par le recours collectif sont exposés à des niveaux sonores ($L_{Aeq, 24h} \geq 55$ dBA) qui peuvent créer une gêne sévère, une perturbation du sommeil sévère, de l'interférence avec leurs activités qui impliquent l'écoute et la communication et éventuellement des effets sur leur santé cardiovasculaire pour ceux exposés à des L_{DEN} supérieurs à 65 dBA. Si les niveaux sonores calculés étaient justement exprimés en L_{DEN} (comme il est de pratique courante dans la communauté européenne et comme préconisé par le Committee on Technology for a Quieter America), la situation serait encore plus inquiétante et engloberait un plus grand nombre de résidences, car les niveaux de soir et de nuit

seraient alors pondérés de 5 et 10 dB respectivement. On a vu à la section 3.3.1 que pour un $L_{Aeq,24h}$ donné, le L_{DEN} peut être jusqu'à 6 dB supérieur à cette valeur, surtout lorsque les niveaux la nuit sont semblables à ceux enregistrés le jour.

Enfin, dans son document de 2011, l'OMS rappelle que malgré qu'il existe encore certaines incertitudes sur les limites acceptables pour limiter certains effets néfastes du bruit, il faut apprendre à vivre avec ces incertitudes. Pour l'OMS, l'absence de données d'exposition ne signifie pas qu'il n'y a pas d'exposition et que l'absence d'évidence scientifique ne veut pas dire aucun effet. C'est le principe de précaution qui a toujours guidé l'OMS dans l'établissement des limites acceptables que ce soit pour le bruit ou d'autres agresseurs environnementaux. Santé Canada semble adhérer à ce principe puisqu'il déclare dans un document grand public que la gêne sévère due au bruit se manifeste à partir d'un $L_{Aeq,24h}$ de 55 dBA. De son côté, le Committee on Technology for a Quieter America (2010) a adopté un L_{DEN} de 55 dBA, qui est encore plus sévère que le $L_{Aeq,24h}$.

RÉFÉRENCES

André, P. & Gagné, J.P. (1999). Atténuation du bruit routier en milieu résidentiel de moyenne et de haute densité. Développement d'une approche intégrée et participative. Étude de cas. Corridor de la rue Notre-Dame à Montréal. Rapport de recherche produit pour le Ministère des Transports du Québec, Université de Montréal, 133 pages + annexes.

André, P. & Gagné, J.P. (1997). Atténuation du bruit routier en milieu résidentiel dense. Revue et analyse de la littérature. Rapport de recherche produit pour le ministère des Transports du Québec, Université de Montréal, 125 p. + annexes.

ANSI (2008). ANSI S12.9,-2008/Part 6 : Quantities and Procedures for Description and Measurement of Environmental Sound - Part 6 : Methods for Estimating of Awakenings Associated with Outdoor Noise Events Heard in Homes, Melville. American National Standards Institute (ANSI). 36 p.

BAPE (1988). Prolongement de l'autoroute 73 vers Stoneham. Rapport d'enquête et d'audience publique no. 28, Gouvernement du Québec.

BAPE (1990). Construction du tronçon de l'autoroute 50 entre Lachute et Mirabel. Rapport d'enquête et d'audience publique no. 35, Gouvernement du Québec.

BAPE (1992). Implantation de voies réservées sur l'estacade, région de Montréal. Rapport d'enquête et d'audience publique no. 54, Gouvernement du Québec.

BAPE (2001). Projet de construction de l'axe McConnell-Laramée par le ministère des Transports. Rapport d'enquête et d'audience publique no. 152, Gouvernement du Québec.

Basner, M., Müller, U., Elmenhorst, E. (2011). Acoustic, individual and situational determinants of vegetative and cortical arousals induced by traffic noise during sleep. Proceedings of the International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN) 2011, 603-609.

Beelen R, Hoek G, Houthuijs D, van den Brandt PA, Goldbohm RA, Fischer P. (2009) The joint association of air pollution and noise from road traffic with cardiovascular mortality in a cohort study. *Occup Environ Med*, 66, 243-50

Griefahn B. et Basner M. (2009). « Noise-induced sleep disturbances and after-effects on performance, wellbeing and health » in Proceedings of the Inter-Noise 2009 : The 38th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering. p. 1-14. Ottawa. International Institute of Noise Control Engineering (I-INCE).

Berger, E.H., Royster, L.H., Royster, J.D., Driscoll, D.P., Layne, M. (2000). The Noise Manual. Fifth edition. AIHA Press, Fairfax, VA, 796 p.

Bowlby, W. (1998). Highway Noise Prediction and Control. In Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control, edited by C. Harris. Melville, NY: Acoustical Society of America. Pp. 48.1-48.23

Breugelmans O, Houthuijs D, van Kamp I, Stellato R, van Wiechen C & Doombos G (2007). Longitudinal effects of a sudden change in aircraft noise exposure on annoyance and sleep disturbance around Amsterdam Airport, in Proceedings ICA, Madrid, ENV-04-002-IP.

Brown, A.L. & Muhar, A. (2004) An Approach to the Acoustic Design of Outdoor Space. *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol. 47, No. 6, 827–842.

Brown AL & Rutherford S (1991). Criteria for the Control of Night-time Road Traffic Noise: Directions from the Current Research Literature, Report for the NSW RTA, School of Environmental Studies, Griffith University.

Brown L & Van Kamp I. (2008). Estimating the magnitude of the change effect. 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN), Foxwoods, USA.

Bruitparif (2011). Impact sanitaire du bruit dans l'agglomération parisienne: quantification des années de vie en bonne santé perdues. Observatoire du bruit en Île de France. Novembre 2011.

Calixto, A., Diniz, F.B. & Zannin, P.H.T. (2003). The statistical modeling of road traffic noise in an urban setting. *Cities*, 20(1), 23-29.

Cavanaugh, W.J. & Tocci, G.C. (1998). Environmental Noise. The invisible pollutant. Published in ESC, vol 1, Number 1. US Institute of Public Affairs.

Commission européenne (2002). Directive 2002/49/CE du Parlement européen et du Conseil du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement. Journal officiel des Communautés européennes, 18 juillet 2002.

Committee on Technology for a Quieter America (2010) Technology for a Quieter America, National Academy of Engineering, 216 pages.

Daigle, G. (2007). Sound propagation: Review and tutorial. *Noise News International* (September 2007), 100-105.

Davies, H., van Kamp, I. (2012). Noise and cardiovascular disease: A review of the literature 2008-2011. *Noise & Health*, 14(61), 287-291

Department of Health and Ageing (2004). The health effects of environmental noise- other than hearing loss. Commonwealth of Australia.

DESSAU (2007). Étude de pollution sonore Autoroute Laurentienne entre les boulevards de l'Atrium et Jean-Talon. Étude acoustique, Rapport final remis au Ministère des transports du Québec (contrat 3910-04-AE02).

EPA (1974) Information on levels of environmental noise requisite to protect the public health and welfare with adequate margin of safety. Document EPA 550/9-74-004, US Environmental Protection Agency, Washington, DC.

EPA (1999) Environmental criteria for road traffic noise, New South Wales, Australia

European Commission (2004). Research for a Quieter Europe in 2020. An updated Strategy Paper of the CALM Network. European Commission, Research Directorate-General.

Fields J.M. (1998). Reactions to environmental noise in an ambient noise context in residential areas. *Journal of the Acoustical Society of America*. 104 (4) : 2245-2260

Griefahn B. et Basner M. (2009). Noise-induced sleep disturbances and after-effects on performance, wellbeing and health. *Proceedings of the Inter-Noise 2009 : The 38th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering*, p. 1-14. Ottawa. International Institute of Noise Control Engineering (I-INCE).

Griefahn B & Muzet A (1978). Noise-Induced Sleep Disturbances and Their Effect on Health. *Journal of Sound and Vibration*, 59(1): 99-106.

Guski R. (1999). Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance. *Noise and Health*. 1 (3) : 45-56

Horonjeff RD & Robert WE (1997). Attitudinal response to changes in noise exposure in residential communities. Harris, Miller, Miller and Hanson, Inc., Burlington, MA. NASA CR-97-205813. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration.

ISO 1996 (2003). Acoustique – Description, mesurage et évaluation du bruit de l’environnement – Partie 1 : Grandeurs fondamentales et méthodes d’évaluation. Organisation internationale de normalisation, Genève, Suisse.

ISO 9921 (1996). Ergonomic Assessment of speech communication. Organisation internationale de normalisation, Genève, Suisse.

ISO DTS 15666 (2003). Acoustics - Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. Organisation internationale de normalisation, Genève, Suisse.

Job R.F.S. (1999). Noise sensitivity as a factor influencing human reaction to noise. *Noise and Health*. 1 (3) : 57-68

Leroux, T., André, P., Gagné, J.-P. (2006). Étude de la relation entre les niveaux sonores associés au bruit routier et la perception de la gêne ressentie par les populations exposées. Rapport final préparé pour le Ministère des transports du Québec, Direction de l’Île de Montréal, Mars 2006, 127 p.

Licitra, G. & Paviotti, M. (2004). South Europe Workshop on IMAGINE project, Pisa, Italy. EU-Project IMAGINE Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment.

Martin, R., Deshaies, P., Turcotte, F. et coll. (2006) Relevance of a public policy for environmental and occupational noise control in Quebec. *Inter-Noise 2009 Proceedings*, Ottawa.

MDDEP (2006). Note d’instruction sur le bruit. Ministère du Développement Durable, de l’Environnement et des Parcs, Gouvernement du Québec.

Mestre, V., Schomer, P., Fidell, S. & Berry, B. (2011) TECHNICAL SUPPORT FOR DAY/NIGHT AVERAGE SOUND LEVEL (DNL) REPLACEMENT METRIC RESEARCH-FINAL REPORT, USDOT/RITA/Volpe Center, Report number DOT/FAA/AEE/2011-02

Michaud, D. S., Keith, S. E., et McMurchy, D. (2005). Noise annoyance in Canada. *Noise & Health*. 7 (27) : 39-47

Michaud, D. S., Keith, S. E., et McMurchy, D. (2008). Annoyance and disturbance of daily activities from road traffic noise in Canada. *J Acoust.Soc Am*. 123 (2) : 784-792

Miedema, H.M.E. (2001). *Noise & Health: How does Noise Affect Us? The 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, The Hague, The Netherlands*, 3-20.

Miedema, H. M. E. (2007). Annoyance Caused by Environmental Noise: Elements for Evidence-Based Noise Policies. *Journal of social issues*. 63 (1) : 41-57

MTQ (1998). *Politique sur le bruit routier*. Service de l'environnement, ministère des Transports, Gouvernement du Québec : 17 p.

Muzet, A. (2006). Bruit et sommeil: Répercussions sur la santé. *Médecine/Sciences*. 22 (11) : 973-977

Muzet, A. (2007). Environmental noise, sleep and health. *Sleep Med Rev*. 11 (2) : 135-142

Nieman, H., Bonnefoy, X., Braubach, M., Hetcht, K., Mashke, C., Rodrigues, C., Röbbel, N. (2007) Noise-induced annoyance and morbidity results from the pan-European LARES study. *Noise and Health*, Apr-June 2006, 6 (31), 63-79.

OFEFP (2005). *Bruit*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Suisse.

Ohrstrom E & Bjorkman M (1988). Effects of noise-disturbed sleep – a laboratory study on habituation and subjective noise sensitivity. *J Sound & V*, 122(2): 277-290.

Ohrstrom, E., Rylander, R. (1982), Sleep Disturbance Effects of Traffic Noise—A Laboratory Study on After Effects, *J Sound & V*, 84 (1): 87-103.

OMS (2000a). *Bruit et Santé*. Collectivités locales, environnement et santé, 28 p. Organisation Mondiale de la Santé, Genève, Suisse.

OMS (2000b). *La mesure acoustique*. Collectivités locales, environnement et santé, 24 p. Organisation Mondiale de la Santé, Genève, Suisse.

Ouis, D. (2001). Annoyance from road traffic noise: A review. *Journal of Environmental Psychology*, 21, 101-120.

Perron, S., Tetreault, L. F., King, N., Plante, C., et Smargiassi, A. (2012). Review of the effect of aircraft noise on sleep disturbance in adults. *Noise and Health*. 14 (57) : 58-67

Riediker, M. & Koren, H.S. (2003). The importance of environmental exposures to physical, mental and social well-being. *International Journal of Environmental Health*, 207, 193-201.

Sandberg, U. (2001). Noise Emissions of Road Vehicles: Effectiveness of Regulations. Final Report from the Working Party on Noise Emissions of Road Vehicles. International Institute of Noise Control Engineering.

Santé Canada. Bruit urbain. Votre santé et vous. <http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/life-vie/community-urbain-eng.php> consulté le 13 décembre 2012.

Schomer, P. (2002). On normalizing DNL to Provide Better Correlation with Response. *Sound and Vibration*, December 2002, 14-23.

Stansfeld, S., Haines, M. & Brown, B. (2000). Noise and health in the urban environment. *Reviews of Environmental Health*, 15, 43-82.

Stevens, K.N., W.A. Rosenblith, and R.H. Bolt. (1955). A community's reaction to noise: Can it be forecast? *Noise Control* 1:63-71.

Vaillancourt, V. Nélisse, H., Laroche, C., Giguère, C., Boutin, J., Laferrière, P. (2012) Sécurité des travailleurs derrière les véhicules lourds. Évaluation de trois types d'alarmes sonores de recul. Rapport final, R-763, IRSST, 95 p.

Vinacoustik (2012). Expertise acoustique du recours collectif contre le bruit de la circulation routière sur l'autoroute Laurentienne (A73), à Charlesbourg, Québec. Décembre 2012.

Waitz, I., R.J. Bernhard, and C.E. Hanson. (2007). Challenges and promises in mitigating transportation noise. *The Bridge* 37(3):25-32.

Wallenius, M.A. (2004). The interaction of noise stress and personal project stress on subjective health. *Journal of Environmental Psychology*, 24, 167-177.

WHO (2000). "Guidelines for Community Noise". Edited by Berglund, B., T. Lindvall, D. Schwela and G. Kee-Tai. World Health Organization, Geneva, 138 p. (http://www.who.int/environmental_information/Noise/bruit.htm)

WHO (2009). Night noise guidelines for Europe, World Health Organization, Geneva.

WHO (2011) Burden of disease from environmental noise, Quantification of healthy life years lost in Europe. World Health Organization, Geneva.

Zwicker, E.; Fastl, H. *Psychoacoustics: Facts and Models*; Springer, 1999



Chantal Laroche, 15 mars 2013