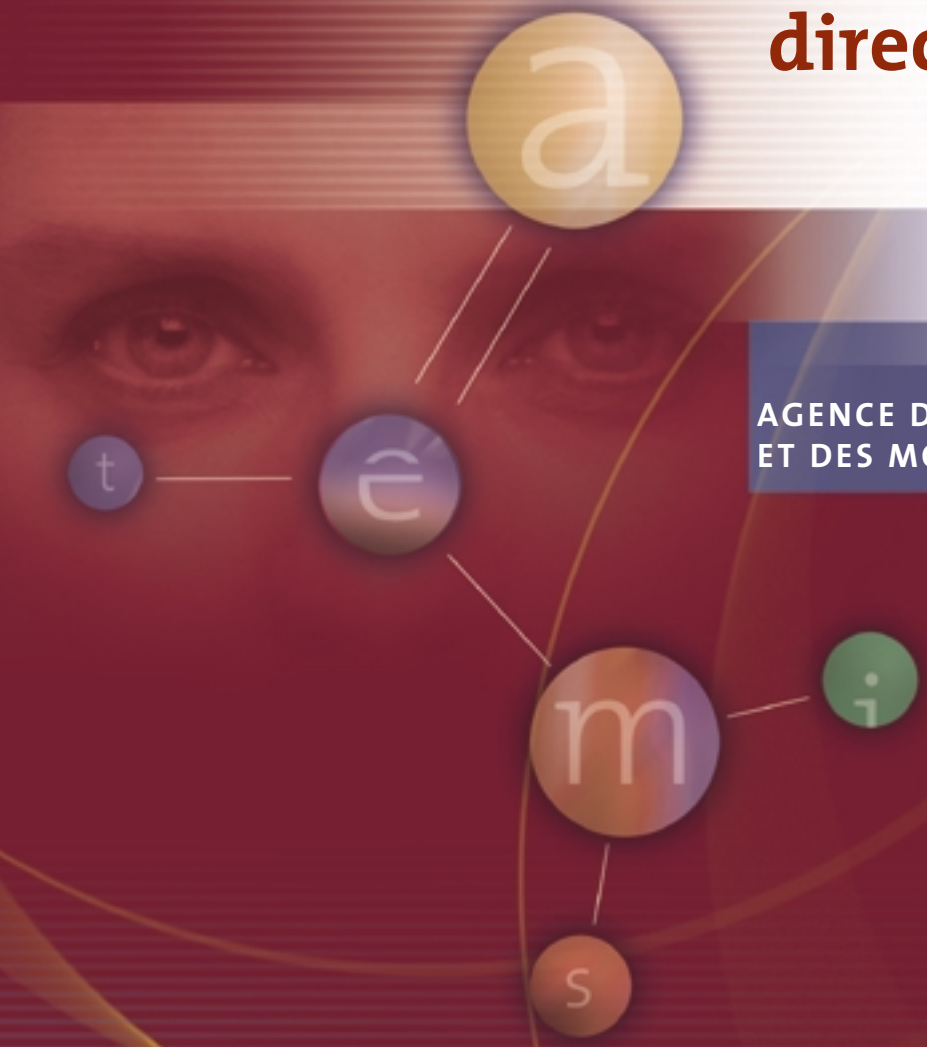
Efficacité des prothèses auditives à microphones directionnels



AGENCE D'ÉVALUATION DES TECHNOLOGIES
ET DES MODES D'INTERVENTION EN SANTÉ

Québec

Efficacité des prothèses auditives à microphones directionnels

Note technique préparée pour l'AETMIS par François Bergeron

Mai 2003

Québec

Le contenu de cette publication a été rédigé et édité par
l'Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (AETMIS).
Ce document est également offert en format PDF sur le site Web de l'Agence.

Pour se renseigner sur cette publication ou
toute autre activité de l'AETMIS, s'adresser à :

Agence d'évaluation des technologies et
des modes d'intervention en santé
2021, avenue Union, bureau 1040
Montréal (Québec) H3A 2S9

Téléphone : (514) 873-2563
Télécopieur : (514) 873-1369
Courriel : aetmis@aetmis.gouv.qc.ca
http://www.aetmis.gouv.qc.ca

Comment citer ce document :

Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (AETMIS).
Efficacité des prothèses auditives à microphones directionnels. Note technique préparée
par François Bergeron. (AETMIS 03-03). Montréal : AETMIS, 2003, xi-25 p.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec, 2003
Bibliothèque nationale du Canada, 2003
ISBN 2-550-41049-1

© Gouvernement du Québec, 2003

La reproduction totale ou partielle de ce document est autorisée, à condition que la source soit mentionnée.

LA MISSION

L'Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (AETMIS) a pour mission de contribuer à améliorer le système de santé québécois et de participer à la mise en œuvre de la politique scientifique du gouvernement du Québec. Pour ce faire, l'Agence conseille et appuie le ministre de la Santé et des Services sociaux ainsi que les décideurs du système de santé en matière d'évaluation des services et des technologies de la santé. L'Agence émet des avis basés sur des rapports scientifiques évaluant l'introduction, la diffusion et l'utilisation des technologies de la santé, incluant les aides techniques pour personnes handicapées, ainsi que les modalités de prestation et d'organisation des services. Les évaluations tiennent compte de multiples facteurs, dont l'efficacité, la sécurité et l'efficience ainsi que les enjeux éthiques, sociaux, organisationnels et économiques.

La Direction

Dr Renaldo N. Battista,
président du Conseil et directeur général, médecin épidémiologue, Université McGill, Montréal

Dr Véronique Déry,
médecin spécialiste en santé publique, directrice scientifique

M. Jean-Marie R. Lance,
économiste, conseiller scientifique principal

Le Conseil

Dr Jeffrey Barkun,
professeur agrégé, Département de chirurgie, Faculté de médecine, Université McGill, et chirurgien, Hôpital Royal Victoria, CUSM, Montréal

Dr Marie-Dominique Beaulieu,
médecin en médecine familiale, titulaire de la Chaire Docteur Sadok Besrour en médecine familiale, CHUM, et chercheur, Unité de recherche évaluative, Pavillon Notre-Dame, CHUM, Montréal

Dr Suzanne Claveau,
médecin en microbiologie-infectiologie, L'Hôtel-Dieu de Québec, CHUQ, Québec

M. Roger Jacob,
ingénieur biomédical, chef du service de la construction, Régie régionale de la santé et des services sociaux de Montréal-Centre, Montréal

Mme Denise Leclerc,
pharmacienne, membre du Conseil d'administration de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal, Montréal

Mme Louise Montreuil,
directrice générale adjointe aux ententes de gestion, Direction générale de la coordination ministérielle des relations avec le réseau, ministère de la Santé et des Services sociaux, Québec

Dr Jean-Marie Moutquin,
médecin spécialiste en gynéco-obstétrique, directeur général, Centre de recherche, CHUS, Sherbrooke

Dr Réginald Nadeau,
médecin spécialiste en cardiologie, Hôpital du Sacré-Cœur, Montréal

M. Guy Rocher,
sociologue, professeur titulaire, Département de sociologie, et chercheur, Centre de recherche en droit public, Université de Montréal, Montréal

M. Lee Soderstrom,
économiste, professeur, Département des sciences économiques, Université McGill, Montréal

AVANT-PROPOS

EFFICACITÉ DES PROTHÈSES AUDITIVES À MICROPHONES DIRECTIONNELS

Dans le cadre de la révision du programme d'aides auditives, le ministère de la Santé et des Services sociaux a formé un groupe consultatif chargé de recommander les modifications appropriées aux autorités ministérielles. Les travaux du sous-comité sur les nouvelles technologies l'ont amené à demander à l'Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (AETMIS) de statuer sur l'efficacité clinique des appareils de correction auditive à microphones directionnels.

Les difficultés de compréhension dans le bruit sont une cause fréquente d'insatisfaction vis-à-vis des appareils de correction auditive. Plusieurs solutions technologiques ont été explorées pour offrir à la personne malentendante de meilleures conditions d'écoute au sein d'un environnement bruyant. Les travaux sur la directivité des microphones s'inscrivent dans cette voie.

Selon l'évaluation de l'AETMIS, les quelques études présentant un niveau de preuve intermédiaire permettent de classer les solutions à microphone unique de même que les formules basées sur des séries de microphones dans la catégorie des technologies expérimentales. Ces solutions apparaissent prometteuses, mais il faudra procéder à des études comparatives supplémentaires pour confirmer leur efficacité.

Les approches mettant à contribution une paire de microphones peuvent pour leur part être considérées comme des technologies acceptées, mais seulement dans des conditions d'écoute optimales, alors que le locuteur et le bruit sont diamétralement opposés dans un espace peu réverbérant. L'application de cette technologie dans d'autres conditions altère, parfois grandement, son efficacité. Les modalités d'attribution de l'option de directivité doivent enfin prendre en compte les capacités physiques et cognitives du candidat à utiliser les propriétés directionnelles de façon judicieuse.

En remettant ce rapport, l'AETMIS souhaite apporter aux décideurs du réseau québécois de la santé les éléments d'information nécessaires pour offrir les services appropriés aux personnes présentant une déficience auditive.

Renaldo N. Battista
Président-directeur général

REMERCIEMENTS

Cette note technique a été préparée à la demande de l'Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (AETMIS) par M. François Bergeron, Ph. D., audiologiste et professeur adjoint au département de réadaptation de la Faculté de médecine de l'Université Laval, et chercheur associé au Centre interdisciplinaire de recherche en réadaptation et intégration sociale (CIRRIS). Nous lui exprimons toute notre reconnaissance pour le travail accompli. De même, l'Agence souhaite souligner la contribution de M^me^ Suzie Toutant pour son travail de révision linguistique.

L'auteur a bénéficié également de l'appui constant d'un groupe de travail qui a lu et commenté différentes versions préliminaires de ce rapport. Nous remercions chacun des membres de ce groupe, formé comme suit :

M. François Bergeron
Audiologiste, professeur adjoint, Département de réadaptation, Université Laval, Québec

M^me^ Linda Cloutier
Audioprothésiste, professeur, Département d'audioprothèse, Collège de Rosemont, Montréal

M. Bernard Côté
Conseiller en gestion de programme, Régie de l'assurance maladie du Québec, Québec

M^me^ Martine Gendron
Audiologiste, Hôpital Sainte-Justine, Montréal

M. Christian Giguère
Ingénieur, professeur agrégé, École des sciences de la réadaptation, Université d'Ottawa, Ottawa

M. Jean-Marie Lance
Conseiller scientifique principal, AETMIS, Montréal

M. Michel Picard
Audiologiste, professeur agrégé, École d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montréal, Montréal

L'Agence tient aussi à remercier les lecteurs externes pour leurs nombreux commentaires, qui ont permis d'améliorer la qualité et le contenu de ce rapport.

M. Gilles Cagnone
Audioprothésiste, professeur, Département d'audioprothèse, Collège de Rosemont, Montréal (Québec)

M. Françoic Le Her
Audioprothésiste, Laboratoire F. Le Her, Rouen (France)

M. Yves Tougas
Audioprothésiste, professeur, Département d'audioprothèse, Collège de Rosemont, Montréal (Québec)

M. Richard Tyler
Professeur, Department of Otolaryngology – Head and Neck Surgery, Department of Speech Pathology and Audiology, University of Iowa, Iowa City (États-Unis)

RÉSUMÉ

Origine de la demande d'évaluation

Depuis 1979, le ministère de la Santé et des Services sociaux offre aux citoyens malentendants du Québec un programme d'accès gratuit aux aides techniques nécessaires pour suppléer à leur surdité. Ce programme, administré par la Régie de l'assurance maladie du Québec, a depuis subi plusieurs transformations, tant en ce qui a trait à sa couverture qu'à ses modalités d'accès. À l'origine restreint aux appareils de correction auditive pour les personnes de 35 ans et moins, le programme actuel inclut une gamme diversifiée d'aides techniques de suppléance pour une clientèle de tout âge.

Afin de tenir compte des changements technologiques et de mieux répondre aux demandes des citoyens, le ministère de la Santé et des Services sociaux a formé un groupe consultatif chargé de revoir le programme et de recommander les modifications appropriées aux autorités ministérielles. Les travaux du sous-comité sur les nouvelles technologies l'ont amené à demander à l'Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (AETMIS) de statuer sur l'efficacité clinique des appareils de correction auditive à multimicrophones.

Description des appareils de correction auditive

La surdité se manifeste d'abord par l'incapacité de percevoir les signaux acoustiques de l'environnement. Or, même lorsque l'audibilité est restaurée par un appareil de correction auditive, la personne malentendante a besoin de meilleures conditions d'écoute qu'un entendant pour mener à bien des tâches de compréhension. Les difficultés de compréhension dans le bruit sont d'ailleurs une cause fréquente d'insatisfaction envers les appareils de correction auditive, de rejet et d'abandon. Plusieurs solutions technologiques ont été explorées pour offrir à la personne malentendante de meilleures conditions d'écoute au sein d'un environnement bruyant. Les travaux sur la directivité des microphones s'inscrivent dans cette voie.

L'application des principes de directivité aux appareils de correction auditive offre la possibilité d'améliorer le rapport signal/bruit, et ce, même lorsque la parole et le bruit sont similaires. Cette solution est particulièrement pertinente lorsque la parole et le bruit proviennent de sources séparées dans l'espace. En théorie, un microphone omnidirectionnel capte de façon égale les sons provenant de toutes directions; par opposition, un microphone directionnel capte de façon privilégiée les sons émis d'une direction précise. Appliquée à la surdité, la directivité privilégie les sons provenant de l'avant, soit là où devrait se trouver l'interlocuteur.

Les premiers microphones directionnels ont été introduits dans les appareils de correction auditive au début des années 1970. En 1980, ils représentaient près de 20 % des ventes des fabricants. La popularité des aides intra-auriculaires et le scepticisme des distributeurs ont par la suite entraîné une diminution graduelle de la demande pour cette solution. Les nouvelles perspectives technologiques, notamment la miniaturisation, ainsi que les avancées dans le traitement électronique et numérique des signaux ont récemment renouvelé l'intérêt des chercheurs pour la directivité des appareils de correction auditive.

Analyse des données scientifiques

La stratégie de recherche documentaire a permis de répertorier 17 articles traitant des appareils de correction auditive directionnels à partir de l'interrogation des banques de données pour la dernière décennie. Dix-neuf documents complémentaires ont été recueillis auprès d'un groupe consultatif d'experts et par l'extraction des références citées dans les articles. Dans cette documentation, 24 études rendent compte d'essais cliniques. Aucune ne s'appuie sur un plan d'étude du plus haut niveau de preuve, soit l'essai croisé randomisé de forte puissance, mais toutes présentent des données comparant des appareils à propriétés différentes de directivité (par exemple, omnidirectionnels *versus* directionnels) chez les mêmes sujets, selon un plan croisé, avec ou sans randomisation. Les effectifs des échantillons sont généralement restreints.

Indépendamment de la solution technologique mise à contribution, toutes les études répertoriées, soit autant celles à niveau de preuve intermédiaire que faible, montrent que les appareils de correction auditive possédant des propriétés directionnelles offrent un avantage pour la compréhension de la parole dans le bruit. Ce bénéfice est optimal dans les conditions d'écoute où le bruit et le locuteur sont respectivement localisés à l'arrière et à l'avant de la personne malentendante située dans un environnement peu réverbérant. En situation d'écoute plus représentative de la réalité quotidienne, où le bruit est diffus et le milieu réverbérant, cet avantage diminue jusqu'à devenir comparable à celui que procurent les appareils de correction auditive traditionnels à microphones omnidirectionnels.

Conclusion

En ce qui concerne les propriétés directionnelles, les quelques études disponibles présentant un niveau de preuve intermédiaire permettent de classer les solutions à microphone unique de même que les formules basées sur des séries de microphones dans la catégorie des technologies expérimentales. Ces solutions apparaissent prometteuses, mais il faudra procéder à des études comparatives supplémentaires pour confirmer leur efficacité.

Les approches mettant à contribution une paire de microphones peuvent pour leur part être considérées comme des technologies acceptées, mais seulement dans des conditions d'écoute optimales alors que le locuteur et le bruit sont diamétralement opposés dans un espace peu réverbérant. L'application de cette technologie dans d'autres conditions altère, parfois grandement, son efficacité. Les modalités d'attribution de l'option de directivité doivent enfin prendre en compte les capacités physiques et cognitives du candidat à utiliser les propriétés directionnelles de façon judicieuse.

GLOSSAIRE

Aide auditive :
Tout appareil visant à corriger une déficience du système auditif, à compenser une incapacité auditive, à prévenir ou à réduire une situation de handicap.

Aide de suppléance à l'audition (ASA) :
Tout appareil faisant partie de l'environnement de l'utilisateur et visant à compenser une incapacité auditive, à prévenir ou à réduire une situation de handicap.

Anéchogène :
Sans aucune réverbération.

Appareil de correction auditive (prothèse auditive) :
Tout appareil porté par l'utilisateur visant à corriger une déficience du système auditif, à prévenir ou à réduire une situation de handicap.

Binaural :
Mettant à contribution les deux oreilles. Un appareillage binaural signifie qu'un appareil de correction auditive est ajusté sur chaque oreille, par opposition à monaural, où une seule oreille est appareillée.

Linéaire :
Se dit d'un appareil de correction auditive procurant un niveau d'amplification fixe quelle que soit l'intensité du signal acoustique incident. Par définition, ces appareils ne possèdent pas de circuits de compression permettant un traitement plus ou moins perfectionné de la gamme dynamique de l'environnement sonore.

Rapport signal/bruit (RSB) :
Rapport entre l'intensité sonore d'un stimulus et celle du bruit compétitif, exprimé en décibels (dB).

Seuil de réception de la parole (SRP) :
Intensité sonore nécessaire pour assurer la reconnaissance de 50 % des mots bisyllabiques, exprimée en décibels (dB).

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS v

REMERCIEMENTS vi

RÉSUMÉ vii

GLOSSAIRE ix

1 INTRODUCTION 1

1.1 Origine de la demande

1.2 Une solution technologique pour améliorer l'écoute : la directivité des microphones

2 MÉTHODES 3

3 DESCRIPTION DES MICROPHONES DIRECTIONNELS 4

3.1 Principes

3.2 Propriétés

3.3 Utilisation

4 RÉSULTATS 9

5 DISCUSSION 16

6 CONCLUSION 18

ANNEXES 19

ANNEXE A – Couverture du programme d'aides auditives et modalités d'accès 19

ANNEXE B – Grille de lecture 21

ANNEXE C – Classification du niveau de preuve 22

RÉFÉRENCES 23

1

INTRODUCTION

1.1 Origine de la demande

Depuis 1979, le ministère de la Santé et des Services sociaux offre aux citoyens malentendants du Québec un programme d'accès gratuit aux aides techniques nécessaires pour suppléer à leur surdité. Ce programme, administré par la Régie de l'assurance maladie du Québec, a depuis subi plusieurs transformations, tant en ce qui a trait à sa couverture qu'à ses modalités d'accès. À l'origine restreint aux appareils de correction auditive pour les personnes de 35 ans et moins, le programme actuel inclut une gamme diversifiée d'aides techniques de suppléance pour une clientèle de tout âge. Les tableaux A1a et A1b en annexe résument la couverture et les règles d'accès issues de la plus récente révision du programme (1997).

Afin de tenir compte des changements technologiques et de mieux répondre aux demandes des citoyens, le ministère de la Santé et des Services sociaux a formé un groupe consultatif chargé de revoir le programme et de recommander les modifications appropriées aux autorités ministérielles. Les travaux du sous-comité sur les nouvelles technologies l'ont amené à déposer deux demandes d'évaluation à l'AETMIS afin de lui permettre de statuer, d'une part sur l'efficacité clinique des appareils de correction auditive à multimicrophones et, d'autre part, sur celle des appareils de correction auditive analogiques à contrôle numérique. Le présent rapport technique traite de la première demande, soit l'analyse de l'efficacité des appareils de correction auditive à multimicrophones.

1.2 Une solution technologique pour améliorer l'écoute : la directivité des microphones

La surdité se manifeste d'abord par l'incapacité de percevoir les signaux acoustiques de l'environnement. Selon le degré d'atteinte et sa configuration, les difficultés de perception seront plus ou moins prononcées. Pour la majorité, les traitements médicaux ou chirurgicaux ne sont pas indiqués parce que les lésions du système auditif sont d'origine sensorielle ou neurale. Pour ces personnes, l'approche thérapeutique initialement privilégiée consiste à ajuster un ou deux appareils de correction auditive. On tente ainsi de compenser la perte d'audibilité de l'environnement sonore, et plus particulièrement de la parole, par l'amplification sélective des sons que le déficit auditif a rendus inaccessibles.

La restauration de l'audibilité ne compense toutefois qu'un volet des incapacités causées par la surdité. De fait, les lésions aux structures sensorielles et neurales sont à l'origine d'autres aberrations psychoacoustiques dont, notamment, des distorsions sur le plan de la perception fréquentielle, dynamique et temporelle. Les incapacités découlant de ces distorsions se manifestent plus particulièrement en situation d'écoute dégradée, comme dans les conversations en groupe, en classe ou dans un milieu de travail bruyant. Les difficultés de compréhension dans le bruit sont une cause fréquente d'insatisfaction envers les appareils de correction auditive, de rejet et d'abandon [May *et al.*, 2000]. Ainsi, même lorsque l'audibilité est restaurée, les personnes malentendantes ont besoin de meilleures conditions d'écoute pour mener à bien des tâches de compréhension [May *et al.*, 2000]. Le tableau 1 met en évidence

Tableau 1

Relation entre le degré de surdité et la perte du rapport signal/bruit (testée à intensité élevée)

Degré de surdité (moyenne des sons purs à 0,5, 1 et 2 kHz)	Perte moyenne du rapport signal/bruit
30 dB HL	4 dB
40 dB HL	5 dB
50 dB HL	6 dB
60 dB HL	7 dB
70 dB HL	9 dB
80 dB HL	12 dB*
90 dB HL	18 dB*

Abréviations : dB (décibel); dB HL (*hearing level*)

* Valeur estimée

Source : Killion, 1997.

la nécessité grandissante de favoriser les sons de la parole au détriment du bruit (rapport signal/bruit) en fonction de la progression de l'atteinte auditive.

Selon les chercheurs Soli et Nilsson, chaque amélioration de 1 dB du rapport signal/bruit se traduirait par un gain de performance de l'ordre de 8,5 % pour la compréhension de la parole [Soli et Nilsson, 1994, cités dans Valente *et al.*, 1995]. Ces constats ont suscité l'exploration de diverses solutions technologiques pour offrir à la personne malentendante de meilleures conditions d'écoute au sein d'un environnement bruyant. Les travaux sur la directivité des microphones s'inscrivent dans cette voie.

2

MÉTHODES

Les méthodes d'évaluation utilisées ici s'appuient sur l'analyse critique de la documentation scientifique et l'apport des membres d'un groupe de travail constitué d'experts qui se sont penchés sur ce thème. Ce groupe d'experts était formé de sept personnes issues des disciplines de l'audiologie, de l'audioprothèse, de l'économie et de l'ingénierie. La liste des membres, leur discipline respective et leur provenance géographique apparaissent dans la section « Remerciements » du rapport.

La recherche documentaire a été réalisée par interrogation des banques de données MEDLINE et Cochrane. Cette recherche portait sur la période de janvier 1990 à mai 2002. Elle a été limitée aux publications de langue française ou anglaise. La stratégie spécifique utilisée et les résultats apparaissent au tableau 2. Ces interrogations ont été complétées par des documents fournis par les experts consultés et l'extraction de références des bibliographies citées dans les articles.

Tableau 2
Stratégie de recherche documentaire

Thème	Mots clés			Résultats	
				M	C
Appareils de correction auditive directionnels	***hearing aid***	**ET**	***multimicrophone, multiple microphone, dual microphone, microphone array, directional***	16	1

M = MEDLINE; C = Cochrane

Les articles repérés par la recherche documentaire, de même que les documents complémentaires transmis par le groupe d'experts, ont fait l'objet d'une analyse critique conforme à la grille de lecture présentée à l'annexe B. Cette grille a été mise au point par l'Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé de Paris (ANAES, 2000) afin de normaliser le processus de classification de la littérature en fonction de la qualité méthodologique et du niveau de preuve scientifique. Le niveau de preuve scientifique est initialement établi d'après la classification proposée par l'ANAES (annexe C). L'accumulation de biais méthodologiques au sein d'une étude entraîne une révision à la baisse de la classification. Lorsque la recherche documentaire et l'analyse critique des articles sélectionnés ont été terminées, une version préliminaire de ce document a été soumise au groupe d'experts.

Le devis d'évaluation des appareils de correction auditive est fréquemment basé sur un plan d'étude par essai croisé. Ce type d'essai comparatif est approprié dans les cas de problèmes chroniques plus ou moins stables et pour l'étude d'effets à court terme. Il s'agit d'un plan expérimental dans lequel tous les sujets de l'essai passent par les mêmes périodes de traitement ou d'appareillage. Le sujet est alors « son propre témoin », puisqu'il est exposé successivement aux différents appareillages. L'essai croisé est considéré comme randomisé lorsque l'ordre des périodes d'appareillage est tiré au sort pour chaque sujet. Cette procédure implique que la moitié des sujets reçoivent l'appareil A, suivi de l'appareil B, et l'autre moitié l'appareil B suivi de l'appareil A. La randomisation s'avère importante pour contrôler l'effet différé (continuation de l'effet produit par le port du premier appareil au moment du port du second) et l'effet d'ordre (la grandeur de l'effet du port de l'appareil A sera modifiée s'il précède ou suit le port de l'appareil B).

3

DESCRIPTION DES MICROPHONES DIRECTIONNELS

3.1 Principes

L'approche généralement privilégiée pour améliorer la compréhension de la parole dans le bruit en optimisant le rapport signal/bruit se fonde sur l'atténuation du bruit localisé dans un spectre fréquentiel autre que celui de la parole [Ricketts et Dhar, 1999]. Cette solution présente un problème évident lorsque le bruit compétitif ressemble à la parole ou en est. L'application des principes de directivité offre la possibilité d'améliorer le rapport signal/bruit même lorsque la parole et le bruit sont similaires. Cette autre solution est particulièrement pertinente lorsque la parole et le bruit proviennent de sources séparées dans l'espace.

En théorie, un microphone omnidirectionnel capte de façon égale les sons provenant de toutes directions; par opposition, un microphone directionnel capte de façon privilégiée les sons émis d'une direction précise. Appliquée à la surdité, la directivité privilégie les sons provenant de l'avant, soit là où devrait se trouver l'interlocuteur. Cette configuration est en effet généralement choisie afin de favoriser les indices de suppléance que procure la lecture sur les lèvres. Toutefois, si la prérogative ainsi accordée aux sons à incidence frontale est souvent souhaitable, il demeure des situations où cette configuration n'est pas optimale, voire à éviter. C'est le cas notamment lorsqu'un nouvel interlocuteur entre dans la pièce, des messages transmis par interphone, ou encore des signaux d'alerte.

La conception d'un microphone directionnel se fonde sur la soustraction acoustique ou électronique de sons similaires captés à deux endroits différents. L'approche acoustique met à contribution un seul microphone possédant deux entrées (figure 1). Un bruit en provenance de l'arrière est d'abord capté à la première entrée. Ralenti par une résistance mécanique, il atteint la surface du diaphragme du microphone en même temps que le même bruit capté successivement à la seconde entrée. En exerçant une pression égale de part et d'autre du diaphragme, les deux signaux pratiquement identiques s'annulent. Par opposition, la parole en provenance de l'avant ne sera pas atténuée en raison du délai provoqué par l'écart physique des deux entrées et par le ralentissement mécanique. L'approche électronique est similaire : le processus met à contribution le signal électrique issu de deux ou d'une série de microphones, et le délai est provoqué électroniquement ou, plus récemment, numériquement (figure 2).

Figure 1
Microphone directionnel à deux entrées

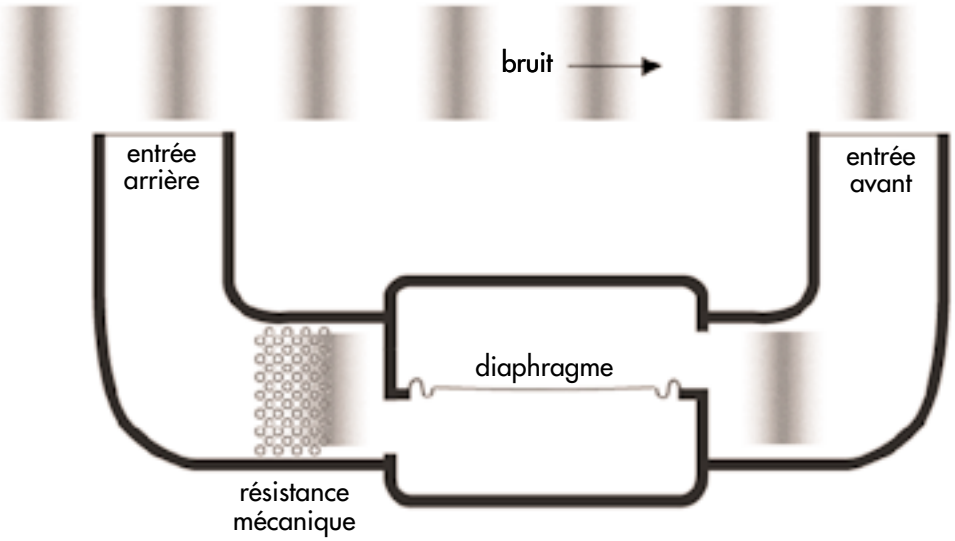
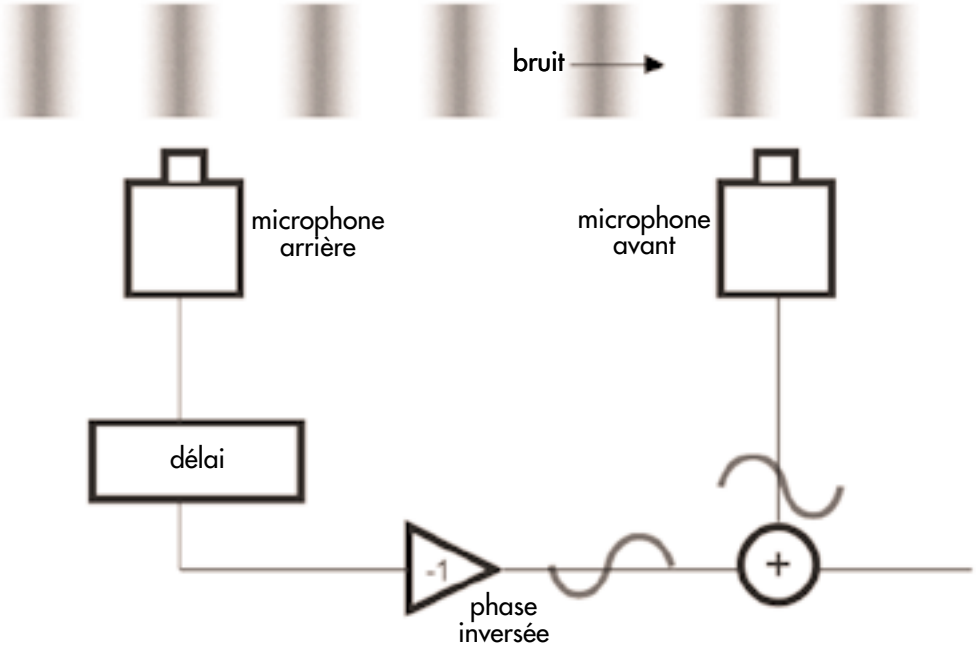


Figure 2
Système directionnel à multimicrophones



3.2 Propriétés

Les propriétés directionnelles du système sont déterminées par le rapport entre le délai temporel provoqué par l'écart physique des entrées du ou des microphones (délai externe) et le délai produit mécaniquement ou électroniquement (délai interne). En raison de l'importance du délai externe pour assurer une directivité fonctionnelle, la solution technologique basée sur l'utilisation d'une série de microphones ne peut être directement appliquée sur les appareils de correction auditive courants de type contour d'oreille ou intra-auriculaire parce qu'ils occupent trop d'espace. Ces systèmes sont alors implantés dans les branches d'appareils de correction auditive sur des lunettes ou sur un collier (figure 3). Les propriétés directionnelles sont généralement exprimées sur un graphique polaire (figures 4 et 5) indiquant la sensibilité du microphone sur les 360 degrés de l'axe horizontal. Les diagrammes polaires de la figure 4 sont issus de conditions de test où le microphone est placé seul en chambre anéchogène. Des indices numériques sont aussi utilisés :

FBR (*front to back ratio* – **rapport des sons avant et arrière**) : différence entre la sensibilité du microphone pour les sons présents à 180 degrés et la sensibilité pour les sons produits à 0 degré.

UI (*unidirectional index* – **indice unidirectionnel**) : rapport de la sensibilité du microphone pour les sons provenant de l'avant (entre 270 et 90 degrés) sur la sensibilité pour les sons provenant de l'arrière (entre 90 et 270 degrés).

DI (*directivity index* – **indice de directivité**) : différence entre la sensibilité du microphone pour les sons provenant directement de l'avant (0 degré) et la sensibilité pour les sons provenant de toutes les autres directions.

AIDI (*articulation index – weighted directivity index* – **indice d'articulation à pondération directionnelle**) : indice de directivité pondéré pour la compréhension de la parole (indice d'articulation).

Figure 3
Implantation d'un système directionnel à multimicrophones sur un collier

Figure 4

Diagrammes polaires de microphones présentant différentes propriétés directionnelles (Gennum, 2000)

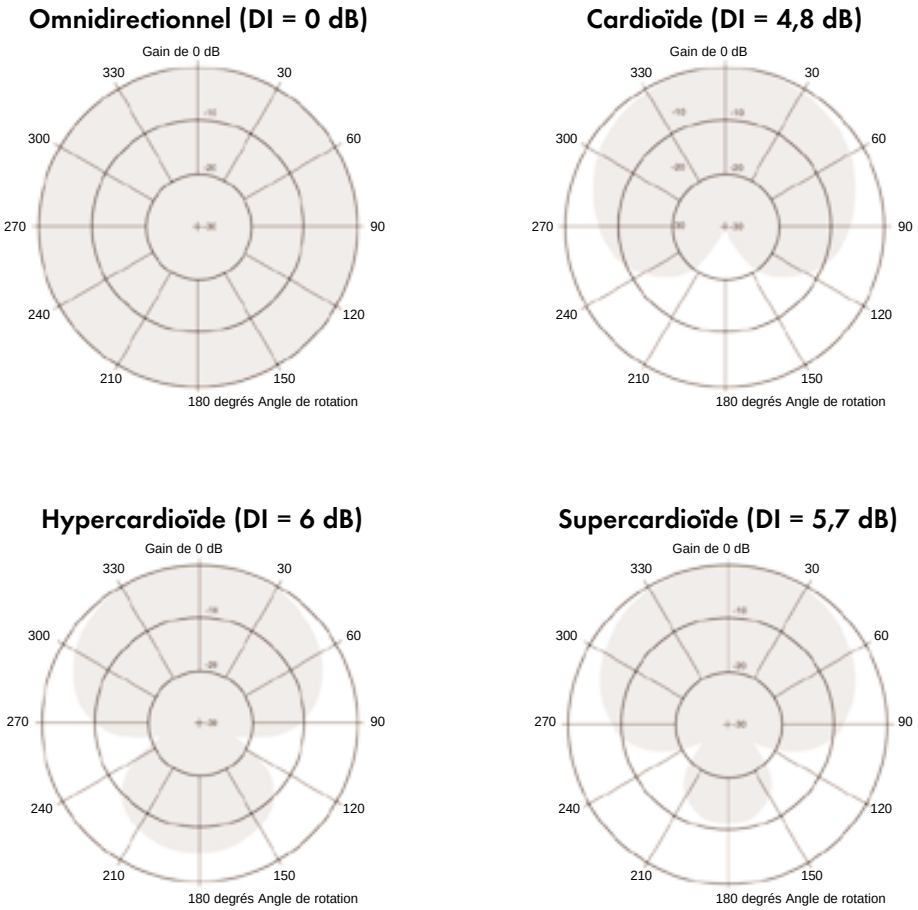
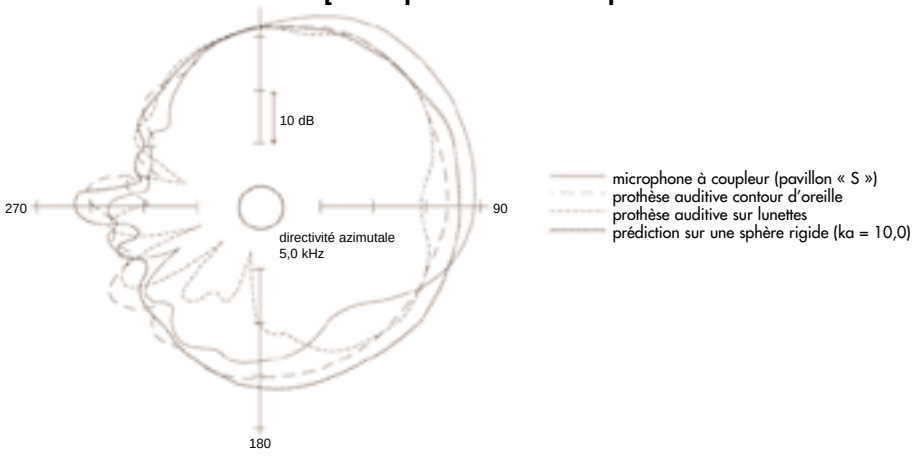


Figure 5

Diagramme polaire à 5 kHz de deux modèles d'appareils de correction auditive à microphone omnidirectionnel mettant en évidence que la position *in situ* produit un effet directif (Kuhn, 1980)



3.3 Utilisation

Les premiers microphones directionnels ont été introduits dans les appareils de correction auditive au début des années 1970 [Mueller *et al.*, 1981, cité dans Ricketts et Mueller, 1999]. En 1980, les appareils de correction auditive directionnels représentaient près de 20 % des ventes des fabricants. La popularité des aides intra-auriculaires – dans lesquelles, faute d'espace, il était impossible de placer un microphone directionnel – et le scepticisme des chercheurs à l'égard des bénéfices réels que les utilisateurs pouvaient en retirer a par la suite entraîné une diminution graduelle de la demande pour cette solution. Le chercheur Killion et ses collègues [1998] indiquent que les aides directionnelles affichaient alors un indice de directivité (DI) de 1,6 dB, soit un gain comparable à celui obtenu en plaçant la main derrière le pavillon de l'oreille.

Les nouvelles perspectives technologiques, notamment la miniaturisation, ainsi que les avancées dans le traitement électronique et numérique des signaux ont récemment renouvelé l'intérêt des chercheurs pour la directivité des appareils de correction auditive. L'offre et la demande restent cependant faibles : une enquête sommaire révèle que les fabricants canadiens proposent une option directionnelle pour seulement 2 % de leurs produits, et qu'à peine 1 % des aides vendues possèdent cette option. Les consommateurs s'y intéresseraient toutefois de plus en plus. Ils doivent cependant débourser de 100 à 300 $ de plus par appareil. Cette option est intégrée dans plusieurs des nouveaux modèles d'aides entièrement numériques.

4

RÉSULTATS

La stratégie de recherche documentaire a permis de répertorier 17 articles à partir de l'interrogation des banques de données. Dix-neuf documents complémentaires ont été recueillis auprès du groupe d'experts et par la consultation des références citées dans les articles. Dans cette documentation, 24 études rendent compte d'essais cliniques sur des appareils de correction auditive ayant des propriétés directionnelles. Le tableau 3 (a, b, c) résume ces études selon l'approche technologique mise à contribution pour assurer la directivité, soit a) microphone unique et procédé d'annulation acoustique; b) double microphone avec traitement électronique ou numérique des signaux; et c) série de microphones avec traitement électronique ou numérique des signaux. Dans chaque catégorie, les études sont présentées selon un niveau décroissant de preuve scientifique d'après la classification présentée à l'annexe C.

Aucune étude ne propose un plan du plus fort niveau de preuve, soit l'essai croisé randomisé de forte puissance (avec un échantillon de taille suffisante et sans biais affectant la validité interne). Toutes proposent toutefois un essai croisé, certains randomisés, mais de faible puissance, d'autres non. Le plan d'étude classique est basé sur la comparaison de l'intensité sonore nécessaire (seuil) pour assurer une reconnaissance de 50 % des stimuli de parole présentés de face (0° azimut) dans un environnement bruyant sans et avec la contribution des capacités directionnelles de l'appareillage. Les résultats sont exprimés en abaissement du seuil (SRP : seuil de réception de la parole) ou en amélioration du rapport signal/bruit (RSB). La nature et l'origine du bruit ambiant sont variables : certains protocoles sont réalisés dans un contexte courant de communication (reconnaissance de phrases dans un restaurant), d'autres sont typiques de conditions de laboratoire (reconnaissance de mots présentés à 0 degré en milieu contrôlé en présence d'un bruit de bande émis par un haut-parleur localisé à 180 degrés). Les effectifs des échantillons sont généralement restreints.

Tableau 3

Résumé des études sélectionnées selon le principe de directivité et le niveau de preuve scientifique

a) Directivité au moyen d'un microphone

Source	**Méthode**			**Résultats**	**Niveau de preuve**
Auteur, année (pays)	N	Plan d'étude	Variables		
Leeuw et Dreschler, 1991(Pays-Bas)	12 n	Essai croisé randomisé	**Indépendantes :** appareil de correction auditive (omnidirectionnel vs directionnel), direction et niveau du bruit, réverbération, binauralité **Dépendantes :** spectre fréquentiel, SRP dans le bruit (0°, 45°, 90°, 135°, 180°), localisation	SRP avec aide directionnelle < 1,5 à 7 dB Effet de la réverbération Effet de la direction du bruit (milieu non réverbérant)	2
Novick *et al.*, 2001 (États-Unis)	10 s	Essai croisé non randomisé	**Indépendantes :** configuration (omni vs directionnelle), temps de relâche du système de compression, binauralité, réverbération **Dépendante :** reconnaissance de phrases dans le bruit (2 tests)	RSB avec configuration directionnelle > 1,5 à 2,5 dB Pas d'effet du temps de relâche Binaural > monaural Effet de la réverbération Aucun effet significatif avec le second test	2
Killion *et al.*, 1998 (États-Unis)	12 n 24 s	Essai croisé non randomisé	**Indépendantes :** configuration (omni vs directionnelle), environnement simulé (restaurant, rue, musée) **Dépendante :** reconnaissance de phrases dans le bruit	RSB avec configuration directionnelle > 3,5 à 11,5 dB Effet de l'environnement	2
Kuk *et al.*, 1999 (États-Unis)	20 s	Essai croisé non randomisé	**Indépendantes :** appareil de correction auditive (analogique omnidirectionnel personnel vs numérique directionnel), degré de surdité (de légère à moyenne vs de moyenne à profonde) **Dépendantes :** reconnaissance de mots dans le bruit (180°), évaluation (questionnaires)	RSB avec appareil numérique directionnel > 5,5 à 8 dB Effet du degré de surdité Avantage subjectif de l'appareil numérique directionnel	3

n = sujets ayant une audition normale; s = sujets atteints de surdité.

Tableau 3

Résumé des études sélectionnées selon le principe de directivité et le niveau de preuve scientifique (suite)

b) Directivité avec deux microphones

Source Auteur, année (pays)	**Méthode**			**Résultats**	**Niveau de preuve**
	N	Plan d'étude	Variables		
Larsen *et al.*, 1998 (étude décrite dans May *et al.*, 2000) (Danemark)	19 s	Essai croisé randomisé	**Indépendante :** appareil de correction auditive (numérique vs numérique multimicrophones) **Dépendantes :** reconnaissance de monosyllabes dans le bruit (45°, 135°, 225°, 315°), évaluation (échelles, questionnaires)	RSB avec multimicrophones > 3,6 dB Préférence pour les multimicrophones (13/19)	2
Preves *et al.*, 1999 (États-Unis)	10 s	Essai croisé non randomisé	**Indépendante :** configuration (omni vs 2 microphones) **Dépendantes :** reconnaissance de phrases dans le bruit (115° + 245°), jugement (questionnaire, interview, comparaison par paires)	RSB avec 2 microphones > 2,5 dB Préférence non significative pour les 2 microphones Importance de l'option omni et directionnelle	2
Ricketts, 2000b (États-Unis)	25 s	Essai croisé randomisé	**Indépendantes :** appareil de correction auditive (3 marques de commerce), configuration (omni vs directionnelle), réverbération (séjour vs classe), origine du bruit (4 configurations des haut-parleurs) **Dépendante :** reconnaissance de phrases dans le bruit (différents angles)	Seuils en mode directionnel < 1,5 à 7,8 dB Interaction significative du type d'aide, de la réverbération et de la position du bruit	2
Ricketts *et al.*, 2001 (États-Unis)	47 s	Essai croisé randomisé	**Indépendantes :** configuration (omni vs directionnelle), compression (vs linéaire), modèle d'appareil (contour vs intra-auriculaire) **Dépendante :** reconnaissance de phrases dans le bruit (2 tests, bruit diffus par 5 haut-parleurs)	Seuils en mode directionnel < 2,2 à 2,9 dB Reconnaissance en mode directionnel > 13 à 23 % Pas d'effet de la compression Contour < intra-auriculaire L'indice de directivité (DI) prédit la grandeur du bénéfice	2

s = sujets atteints de surdité.

b) Directivité avec deux microphones (suite)

Source Auteur, année (pays)	**Méthode**			**Résultats**	**Niveau de preuve**
	N	Plan d'étude	Variables		
Ricketts, 2000c (États-Unis)	20 s	Essai croisé randomisé	**Indépendantes :** configuration (omni vs directionnelle), binauralité (monaural vs binaural), angle d'écoute (0°, 15°, 30°) **Dépendante :** reconnaissance de phrases dans le bruit (diffus, par 5 haut-parleurs)	Seuils en mode directionnel < 3 à 4,3 dB Effet directionnel > effet binaural + angle d'écoute	2
Walden *et al.*, 2000 (États-Unis)	40 s	Essai croisé randomisé	**Indépendantes :** configuration (omni vs directionnelle), type d'aide (linéaire vs deux canaux analogiques à compression dynamique vs digitale) **Dépendantes :** reconnaissance de phrases dans le bruit, questionnaires (90°, 180°, 270°)	Reconnaissance en mode directionnel > 20 à 30 % Compression dynamique analogique = compression dynamique digitale > linéaire Pas de différence subjective dans l'environnement quotidien	2
Agnew et Block, 1997 (États-Unis)	20 s	Essai croisé randomisé	**Indépendante :** configuration (omni vs 2 microphones) **Dépendante :** reconnaissance de phrases dans le bruit (180°)	RSB avec 2 microphones > 7,5 dB	2
Gravel *et al.*, 1999 (États-Unis)	20 s	Essai croisé randomisé	**Indépendantes :** configuration (omni vs 2 microphones), stimulus (mots vs phrases), âge (de 4 à 6 vs de 7 à 11 ans) **Dépendante :** reconnaissance du stimulus dans le bruit (180°) (2 tests, bruit diffus par 5 haut-parleurs)	RSB avec 2 microphones > 4,7 dB Effet significatif de l'âge Effet significatif du type de stimulus	2
Labonté, 2000 (Canada)	21 n	Essai croisé randomisé	**Indépendantes :** configuration (omni vs 2 microphones), origine du bruit (2 angles) **Dépendante :** SRP dans le bruit (180°, 210°, RSB 0 dB),	SRP avec 2 microphones < 13 dB Pas d'effet de l'angle d'origine du bruit	2
Lurquin et Rafhay, 1996 (Belgique)	20 n 33 s	Essai croisé (non randomisé ?)	**Indépendante :** configuration (audition normale vs omni vs 2 microphones) **Dépendante :** reconnaissance de mots bisyllabiques dans le bruit (180°)	RSB avec 2 microphones > 6,6 dB = normal	2

n = sujets ayant une audition normale; s = sujets atteints de surdité.

b) Directivité avec deux microphones (suite)

Source Auteur, année (pays)	**Méthode**			**Résultats**	**Niveau de preuve**
	N	Plan d'étude	Variables		
Pumford *et al.*, 2000 (Canada)	24 s	Essai croisé randomisé	**Indépendante :** configuration (omni vs directionnelle + algorithme de contrôle du bruit) **Dépendante :** reconnaissance de phrases dans le bruit (diffus, par 4 haut-parleurs)	Seuils en configuration directionnelle + algorithme de contrôle du bruit < 5,8 dB avec un appareil contour, < 3,3 dB avec un appareil intra-auriculaire	2
Ricketts et Dhar, 1999 (États-Unis)	12 s	Essai croisé randomisé	**Indépendantes :** configuration (omni vs directionnelle), appareil de correction auditive (3 marques de commerce), réverbération (milieu anéchogène vs salon) **Dépendante :** reconnaissance de phrases dans le bruit (diffus, 5 haut-parleurs)	Seuils en configuration directionnelle < 5 à 7 dB Effet de la réverbération Pas de différence entre les marques	2
Valente *et al.*, 1995 (États-Unis)	50 s (deux sites)	Essai croisé randomisé	**Indépendante :** configuration (omni vs 2 microphones) **Dépendantes :** reconnaissance de phrases dans le bruit (180°), évaluation (questionnaire)	RSB avec 2 microphones > 7,4 à 8,5 dB Préférence significative pour 2 microphones dans le bruit	2
Wouters *et al.*, 1999 (Belgique)	10 s	Essai croisé non randomisé	**Indépendantes :** appareil de correction auditive (personnel omni vs programmable omni vs 2 microphones), type de bruit (parole, trafic, restaurant), stimulus (mots vs phrases) **Dépendante :** reconnaissance du stimulus dans le bruit (90°)	RSB avec 2 microphones > 3,4 dB	2
Kompis et Dillier, 1994 (Suisse)	9 n 6 s	Essai croisé non randomisé	**Indépendante :** configuration (omni vs directionnelle vs traitement numérique) **Dépendante :** identification de consonnes et de voyelles dans le bruit (45°)	Traitement numérique sur configurations omni et directionnelles > directionnelle > omni	3
Kühnel *et al.*, 2001 (Suisse)	21s	Essai croisé non randomisé	**Indépendante :** configuration (omni vs directionnelle + algorithme de contrôle du bruit) **Dépendantes :** reconnaissance de phrases dans le bruit (180°), évaluation (questionnaires)	Seuils en configuration directionnelle + algorithme de contrôle du bruit < 13,7 dB Préférence subjective pour microphone directionnel + algorithme de contrôle du bruit	3
Warland, 1998 (étude décrite dans May *et al.*, 2000) (Norvège)	22 s	Essai croisé non randomisé	**Indépendante :** appareil de correction auditive (personnel numérique vs multimicrophones) **Dépendantes :** reconnaissance de monosyllabes dans le bruit (0°), évaluation (échelles, questionnaires)	Meilleure performance avec les multimicrophones (16/20) Préférence pour les multimicrophones (17/22)	4

n = sujets ayant une audition normale; s = sujets atteints de surdité.

Tableau 3

Résumé des études sélectionnées selon le principe de directivité et le niveau de preuve scientifique (suite)

c) Directivité avec une série de microphones

Source Auteur, année (pays)	**Méthode**			**Résultats**	**Niveau de preuve**
	N	Plan d'étude	Variables		
Saunders et Kates, 1997 (États-Unis)	16 s	Essai croisé randomisé	**Indépendantes :** microphone (omni vs cardioïde vs 2 configurations de séries), réverbération (bureau vs salle de conférence) **Dépendante :** SRP dans le bruit (60°, 105°, 180°, 255°, 300°)	SRP avec série superdirectionnelle < 4,7 à 6,2 dB Cardioïde < 1,9 à 4,3 dB Série avec traitement numérique < 0,9 à 1,5 dB Effet significatif de la réverbération	2
Hoffman *et al.*, 1994 (États-Unis)	10 n	Essai croisé non randomisé	**Indépendantes :** nombre de microphones (1 vs 3 vs 7), réverbération (milieu anéchogène vs salon vs salle de conférence) **Dépendante :** reconnaissance de mots bisyllabiques dans le bruit (45°)	RSB avec série de 7 microphones > 3,1 à 22,7 dB RSB avec série de 3 microphones > 1,4 à 15,4 dB Effet de la réverbération	3
Bilsen *et al.*, 1993 (Pays-Bas)	30 n 45 s	Essai croisé randomisé	**Indépendantes :** microphone (omni vs série), surdité (sujets à audition normale vs malentendants) **Dépendante :** SRP dans le bruit (diffus)	RSB avec série > 6,8 à 7 dB	4

n = sujets ayant une audition normale; s = sujets atteints de surdité.

Directivité au moyen d'un microphone

On a répertorié très peu d'études publiées depuis 1990 dans lesquelles l'approche acoustique a été mise à contribution pour assurer la directivité des appareils de correction auditive. Ce constat met en évidence la prédilection des fabricants pour les formules contemporaines à multimicrophones et l'abandon d'une stratégie jugée moins efficace dès les années 1980. Les conclusions d'une étude réalisée aux Pays-Pas appuient cette orientation : si en situation optimale d'écoute (cabine insonore, bruit compétitif à 180 degrés) un avantage de l'ordre de 7 dB est noté en faveur de la technique directionnelle, cet avantage devient moins marqué en milieu réverbérant (autour de 1,5 dB) [Leeuw et Dreschler, 1991]. Selon les auteurs, le gain n'apparaît pas suffisamment important pour procurer un bénéfice significatif à la personne malentendante en situation courante de communication. Des microphones directionnels plus efficaces doivent être mis au point.

En ce sens, des chercheurs américains proposent une nouvelle approche technique : une capsule contenant à la fois un microphone omnidirectionnel et un microphone directionnel, chacun optimisé pour sa fonction, est intégrée à un appareil de correction auditive intra-auriculaire [Killion *et al.*, 1998]. Sous réserve des carences méthodologiques de l'étude, les avantages de ce microphone directionnel apparaissent importants, d'autant plus que les mesures ont été recueillies dans des situations réelles de communication. Ce même microphone a été utilisé dans une autre étude, avec des résultats toutefois plus réservés [Novick *et al.*, 2001].

Directivité au moyen de deux microphones

L'application de la directivité par l'utilisation de deux microphones a fait l'objet d'une attention particulière au cours de la dernière décennie. De fait, la majorité des études répertoriées ont mis à contribution cette solution technologique. Indépendamment de la force de la preuve scientifique, ces études concluent unanimement à un avantage de 1,5 à 8,5 dB en faveur des appareils de correction auditive directionnels, les meilleures performances étant généralement observées dans des conditions d'écoute favorables. Ainsi, le gain important de 13 dB signalé dans une étude faite au Québec [Labonté, 2000] serait favorisé par la localisation des sources de bruit et le recrutement de sujets présentant une audition normale.

Directivité au moyen d'une série de microphones

Les systèmes basés sur une série de microphones tentent de pousser plus loin le principe de l'amélioration de la directivité par l'annulation du bruit provenant de toute direction. Réaliser de tels systèmes à la fois efficaces et ergonomiques est d'une complexité telle que cette solution technologique relève encore plus du domaine expérimental que de l'application commerciale. Les études répertoriées montrent toutes un avantage de l'ordre de 1,4 à 22,77 dB pour l'approche directionnelle par multimicrophones. Comme pour les autres solutions, l'application dans un milieu d'écoute non optimal en réduit l'efficacité. Cette baisse de performance semble toutefois moins affecter les formules mettant à contribution un plus grand nombre de microphones.

5

DISCUSSION

Indépendamment de la solution technologique mise à contribution, toutes les études répertoriées, soit autant celles à niveau de preuve intermédiaire que faible, montrent que les appareils de correction auditive possédant des propriétés directionnelles offrent un avantage pour la compréhension de la parole dans le bruit. Ce bénéfice est optimal dans les conditions d'écoute où le bruit et le locuteur sont respectivement localisés à l'arrière et à l'avant de la personne malentendante située dans un environnement peu réverbérant. En situation d'écoute plus représentative de la réalité quotidienne, où le bruit est diffus et le milieu réverbérant, cet avantage diminue jusqu'à devenir comparable à celui que procurent les appareils de correction auditive traditionnels à microphones omnidirectionnels.

Ces constats concordent avec les conclusions d'une méta-analyse réalisée sur 18 études, incluant celles qui ont été retenues ici [Amlani, 2001]. Les critères de sélection des études pour l'analyse comprenaient l'utilisation d'appareils de correction auditive du commerce, l'application de la directivité par un ou deux microphones et le classement de la performance en fonction de l'amélioration du rapport signal/bruit. Soixante-douze essais (regroupant au total 1057 sujets) ont ainsi été recensés sur la configuration omnidirectionnelle, contre 74 études (totalisant 1086 sujets) sur la configuration directionnelle. La compilation des performances montre un avantage global de 4 dB pour l'approche directionnelle dans un environnement peu réverbérant et lorsque la source et le bruit sont dans une position distincte, soit 0° *versus* 90° ou 180°. Cet avantage disparaît dans un milieu réverbérant et lorsque le bruit est diffus.

La solution technologique basée sur des séries de microphones apparaît, *a priori*, plus robuste dans un environnement dégradé. Les considérations ergonomiques restreignent toutefois l'applicabilité de cette approche. Aussi plusieurs algorithmes peuvent-ils être utilisés pour le traitement des signaux en provenance de plusieurs microphones et, théoriquement, produire des propriétés directionnelles différentes. Des études supplémentaires bien contrôlées sont donc nécessaires pour explorer ces solutions de rechange et confirmer les avantages de cette approche. Pareillement, les bénéfices que le chercheur Killion et ses collègues [1998] ont constatés au sujet de la nouvelle capsule microphonique directionnelle doivent être confirmés par des études comparatives.

Selon les informations disponibles, on ne peut conclure avec certitude à l'efficacité de la solution technique à un seul microphone : elle doit donc être encore désignée « expérimentale » selon la classification adoptée en 1994 par l'AETMIS[1]. Cette

1. Selon la classification adoptée en 1994 par l'AETMIS (connue alors sous le nom de Conseil d'évaluation des technologies de la santé du Québec), une technologie est désignée :

- « acceptée » lorsqu'il s'agit d'une technologie établie, pour laquelle on dispose d'une longue expérience d'utilisation et d'une connaissance ou, à défaut, d'une acceptation universelle de son efficacité dans toutes ses applications;
- « innovatrice » lorsqu'il s'agit d'une technologie qui a dépassé le stade expérimental et dont l'efficacité est établie, mais qui, à cause du manque d'expérience, reste encore avec des modalités d'application et même des indications imprécises; pour cette technologie, afin d'améliorer le niveau de connaissances, il est important de recueillir de façon systématique toute l'information tirée de son application et de la communiquer au monde médical, que ce soit sous forme d'un rapport de recherche clinique, d'un compte rendu systématique ou d'un registre approprié; afin de promouvoir ces objectifs et d'éviter une application générale prématurée, cette technologie ne doit être utilisée que dans certains centres autorisés, là où les ressources et les connaissances requises sont disponibles;
- « expérimentale » lorsqu'il s'agit d'une technologie dont l'efficacité n'a pas encore été établie; on ne s'attend donc pas à ce qu'une telle technologie soit utilisée dans les établissements dispensant des soins de santé, sauf dans le cadre de projets de recherche, ni qu'elle fasse partie des services assurés par l'État.

conclusion dépend autant de la faiblesse des avantages cliniques dans un milieu réverbérant que du peu de validité des études répertoriées. Cette désignation est cependant biaisée par la fenêtre d'analyse excluant les travaux réalisés avant 1990. Elle s'applique toutefois aux nouvelles applications telles que la capsule microphonique.

La formule à deux microphones peut par contre être désignée « acceptée », mais pour des applications spécifiques. En effet, la démonstration de son efficacité dans des conditions particulières d'écoute est récurrente au sein des études à plus fort niveau de preuve. Ainsi, dans les situations où le signal d'intérêt est placé à l'avant et où le bruit compétitif vient de l'arrière dans un environnement peu réverbérant, l'approche directionnelle apparaît efficace. C'est le cas, par exemple, de l'élève placé face au professeur dans la première rangée d'une classe dont les propriétés acoustiques sont contrôlées par la présence de tuiles acoustiques, de rideaux ou de tapis. Le gain au chapitre du rapport signal/bruit pourrait théoriquement permettre une amélioration de la compréhension de la parole allant jusqu'à 60 %. Cependant, plus on s'éloigne des conditions optimales, moins cette formule est efficace. Le gain peut même être nul dans des environnements courants tels qu'une église ou une salle de conférence (milieux réverbérants), un centre commercial ou une industrie (bruit diffus).

La solution à multimicrophones apparaît intéressante puisqu'elle cherche à annuler le bruit provenant de toute direction. En raison du nombre restreint d'études cliniques à fort niveau de preuve faisant état de son efficacité et de la nécessité de résoudre les difficultés ergonomiques, elle reste toutefois une approche « expérimentale ».

En plus des indications spécifiées ci-dessus, les intervenants en santé auditive doivent être prudents lorsqu'ils recommandent un appareil de correction auditive présentant des propriétés directionnelles, lorsqu'ils le sélectionnent et lorsqu'ils en assurent le suivi. En effet, la sélection de l'option de directivité vise à favoriser l'audibilité des signaux en provenance de l'avant au détriment de ceux des autres directions. Or, dans les situations où le signal d'intérêt provient de ces autres directions, par exemple lors de l'intervention d'autres élèves en classe, de collègues au cours d'une réunion au bureau, ou d'un signal d'alerte au travail, le recours à un appareil de correction auditive directionnel n'est pas indiqué, voire nuisible. Quelques appareils offrent la possibilité d'alterner les modes omnidirectionnel et directionnel par l'entremise d'un interrupteur placé sur le boîtier de l'aide ou sur une télécommande. Cette solution n'apparaît cependant applicable que pour les personnes ayant les capacités physiques et cognitives nécessaires pour utiliser cette fonction au bon moment et au bon endroit [Kuk, 2000].

Par ailleurs, les spécifications du fabricant relatives aux propriétés directionnelles d'un appareil de correction auditive particulier peuvent être erronées en raison de l'effet significatif de l'ajout d'un évent et de la position du ou des microphones [Ricketts, 2000a]. De plus, comme les propriétés électroacoustiques des transducteurs sont susceptibles de se modifier en raison du vieillissement de leurs composantes, en particulier dans des conditions de température et d'humidité extrêmes [Kuk, 2000], les propriétés directionnelles ne sont pas nécessairement stables dans le temps.

6

CONCLUSION

Toutes les études faisant état de l'efficacité clinique des appareils de correction auditive possédant des propriétés directionnelles ne présentent qu'un niveau de preuve intermédiaire. Les quelques travaux disponibles permettent de classer les solutions à microphone unique de même que les formules basées sur des séries de microphones dans la catégorie des technologies expérimentales. Il faudra procéder à des études comparatives supplémentaires pour confirmer l'efficacité de ces solutions.

Les approches mettant à contribution une paire de microphones peuvent pour leur part être considérées comme des technologies acceptées, mais seulement dans des conditions d'écoute optimales, alors que le locuteur et le bruit sont diamétralement opposés dans un espace peu réverbérant. L'application de cette technologie dans d'autres conditions altère, parfois grandement, son efficacité. Ainsi, si son indication dans un contexte moins optimal (bruit moins localisé, réverbération contrôlée) peut parfois être justifiée malgré un bénéfice moindre, le recours à cette technologie dans un milieu bruyant ou réverbérant apparaît inefficace. Les modalités d'attribution de l'option de directivité doivent enfin prendre en compte les capacités physiques et cognitives du candidat à utiliser les propriétés directionnelles de façon judicieuse.

ANNEXES

ANNEXE A – COUVERTURE DU PROGRAMME D'AIDES AUDITIVES ET MODALITÉS D'ACCÈS

Tableau A1a

Couverture du programme d'aides auditives selon l'âge de la personne assurée

		Services assurés		
Âge de la personne assurée	**Type d'aides assurées**	**Achat initial et remplacement**	**Réparation durant la période de garantie**	**Réparation après la période de garantie**
0-5 ans	prothèse auditive	oui	oui	oui
	ASA* (système MF** seulement)			
6-11 ans	prothèse auditive	oui	oui	oui
	ASA (sauf système MF)			
12-18 ans	prothèse auditive	oui	oui	oui
	ASA (sauf système MF s'il s'agit d'un élève du primaire ou du secondaire)			
19-74 ans non étudiant	prothèse auditive	oui	oui	oui
	ASA (sauf système MF)			
19-74 ans étudiant	prothèse auditive	oui	oui	oui
	ASA			
75 ans ou plus	prothèse auditive	oui	oui	oui
	ASA			

* ASA = aide de suppléance à l'audition.

** Système MF = système de modulation de fréquence.

Sources : a) Régie de l'assurance maladie du Québec. Programmes et services assurés – Les aides auditives. [En ligne]. http://www.ramq.gouv.qc.ca/crc/citoyen/progservass/auditive.shtml (page consultée le 26 février 2003).

b) Règlement sur les aides auditives assurées en vertu de la Loi sur l'assurance maladie. L.R.Q., c. A-29, r.0.02.

Tableau A1b

Modalités d'accès au programme d'aides auditives selon l'âge de la personne assurée

		Documents requis – émetteurs autorisés				
Âge de la personne assurée	**Type d'aides assurées**	**Certificat médical**	**Audiogramme**	**Attestation de la nécessité d'une prothèse**	**Recommandation d'une ASA**	**Attestation de fréquentation scolaire**
0-5 ans	prothèse auditive	ORL***	—	Audiologiste	—	—
	ASA* (système MF** seulement)	ORL	—	—	Audiologiste	—
6-11 ans	prothèse auditive	ORL	—	Audiologiste	—	—
	ASA (sauf système MF)	ORL	Audiologiste	—	Audiologiste	—
12-18 ans	prothèse auditive	ORL	ORL ou audiologiste	ORL ou audiologiste	—	—
	ASA (sauf système MF s'il s'agit d'un élève du primaire ou du secondaire)	ORL	Audiologiste	—	Audiologiste	—
19-74 ans non étudiant	prothèse auditive	ORL	ORL ou audiologiste	ORL ou audiologiste	—	—
	ASA (sauf système MF)	ORL	Audiologiste	—	Audiologiste	—
19-74 ans étudiant	prothèse auditive	ORL	ORL ou audiologiste	ORL ou audiologiste	—	—
	ASA	ORL	Audiologiste	—	Audiologiste	École, collège, université
75 ans ou plus	prothèse auditive	ORL	Audiologiste	Audiologiste	—	—
	ASA	ORL	Audiologiste	—	Audiologiste	—

* ASA = aide de suppléance à l'audition.

** Système MF = système de modulation de fréquence.

*** ORL = oto-rhino-laryngologiste.

Sources : a) Régie de l'assurance maladie du Québec. Programmes et services assurés – Les aides auditives. [En ligne]. http://www.ramq.gouv.qc.ca/crc/citoyen/progservass/auditive.shtml (page consultée le 26 février 2003).

b) Règlement sur les aides auditives assurées en vertu de la Loi sur l'assurance maladie. L.R.Q., c. A-29, r.0.02.

ANNEXE B – GRILLE DE LECTURE

Grille de lecture d'un article thérapeutique [ANAES, 2000]

Titre et auteur de l'article : _____

Rev./Année/Vol./Pages _____

Thème de l'article : _____

	OUI	NON	?
1. Les objectifs sont clairement définis	❑	❑	❑
2. Méthodologie de l'étude			
• L'étude est comparative	❑	❑	❑
- *l'étude est prospective*	❑	❑	❑
- *l'étude est randomisée*	❑	❑	❑
• Le calcul du nombre de patients a été fait *a priori*	❑	❑	❑
• La population de l'étude correspond à la population habituellement traitée	❑	❑	❑
• Toutes les variables cliniquement pertinentes sont prises en compte	❑	❑	❑
• L'analyse statistique est adaptée	❑	❑	❑
• L'analyse est faite en intention de traiter	❑	❑	❑
3. Les résultats sont cohérents avec l'objectif de l'étude et tiennent compte d'éventuels effets secondaires	❑	❑	❑
4. Applicabilité clinique			
• La signification clinique est donnée	❑	❑	❑
• Les modalités de traitement sont applicables en routine	❑	❑	❑

Commentaires : _____

_____

_____

_____

ANNEXE C – CLASSIFICATION DU NIVEAU DE PREUVE

Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature [ANAES, 2000]

Niveau 1 (fort niveau de preuve ou preuve scientifique établie)

- Essais comparatifs randomisés de forte puissance
- Méta-analyse d'essais comparatifs randomisés
- Analyse de décision basée sur des études bien menées

Niveau 2 (niveau intermédiaire de preuve ou présomption scientifique)

- Essais comparatifs randomisés de faible puissance
- Études comparatives non randomisées bien menées
- Études de cohorte

Niveau 3 (faible niveau de preuve scientifique)

- Études cas-témoins

Niveau 4 (faible niveau de preuve scientifique)

- Études comparatives comportant des biais importants
- Études rétrospectives
- Série de cas
- Études épidémiologiques descriptives (transversales, longitudinales)

RÉFÉRENCES

Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé (ANAES). Guide d'analyse de la littérature et gradation des recommandations. Paris : ANAES; 2000.

Agnew J, Block M. HINT thresholds for a dual-microphone BTE. Hear Rev 1997;4:26-30.

Amlani AM. Efficacy of directional microphone hearing aids: a meta-analytic perspective. J Am Acad Audiol 2001;12:202-14.

Bilsen F, Soede W, Berkhout AJ. Development and assessment of two fixed-array microphones for use with hearing aids. J Rehabil Res Dev 1993;30:73-81.

Gennum Corp. Directional hearing aid tutorial (CD-ROM). Burlington : Gennum Corp.; 2000.

Gravel JS, Fausel N, Liskow C, Chobot J. Children's speech recognition in noise using omni-directional and dual-microphone hearing aid technology. Ear Hear 1999;20:1-11.

Hoffman MW, Trine TD, Buckley KM, Van Tasell DJ. Robust adaptative microphone array processing for hearing aids: realistic speech enhancement. J Acoust Soc Am 1994;96:759-70.

Killion M. SNR loss: I can hear what people say, but I can't understand them. Hear Rev 1997;4.

Killion M, Schulein R, Christensen L, Fabry D, Revit L, Niquette P, Chung K. Real-world performance of an ITE directional microphone. Hear J 1998;51:24-38.

Kompis M, Dillier N. Noise reduction for hearing aids: combining directional microphones with an adaptive beamformer. J Acoust Soc Am 1994;96:1910-3.

Kuhn GF. Some effects of microphone location, signal bandwidth, and incident wave field on the hearing aid input signal. Dans : Studebaker GA, Hochberg I. Acoustical factors affecting hearing aid performance. Baltimore : University Park Press; 1980: 55-80.

Kühnel V, Margolf-Hackl S, Kiessling J. Multi-microphone technology for severe-to-profound hearing loss. Scand Audiol Suppl 2001;30 Suppl 52:65-8.

Kuk F, Baekgaar L, Ludvigsen C. Design considerations in directional microphones. [En ligne]. www.hearingreview.com/Articles.ASP?articleid=H0009F06 (page consultée en janvier 2001).

Kuk FK, Kollofski C, Brown S, Melum A, Rosenthal A. Use of a digital hearing aid with directional microphones in school-aged children. J Am Acad Audiol 1999;10:535-48.

Labonté MP. Les effets de directivité des microphones à effet d'annulation des aides de correction auditive sur la reconnaissance de la parole en classe [travail dirigé]. Montréal (Québec) : Université de Montréal; 2000.

Leeuw AR, Dreschler WA. Advantages of directional hearing aid microphones related to room acoustics. Audiol 1991;30:330-4.

Lurquin P, Rafhay S. Intelligibility in noise using multimicrophone hearing aid. Acta Otolaryngol Belg 1996;50:103-9.

May AM, Larsen CB, Warland A. Multi-microphone instruments, DSP and hearing-in-noise. Tech Topic 2000:1-4

Mueller HG, Grimes AM, Jerome JJ. Performance-intensity functions as a predictor for binaural amplification. Ear Hear 1981;2:211-4.

Novick ML, Bentler RA, Dittberner AD, Flamme GA. Effects of release time and directionality on unilateral and bilateral hearing aid fittings in complex sound fields. J Am Acad Audiol 2001;12:534-44.

Pumford JM, Seewald RC, Scollie SD, Jenstad LM. Speech recognition with in-the-ear and behind-the-ear dual-microphone hearing instruments. J Am Acad Audiol 2000; 11:23-35.

Preves DA, Sammeth CA, Wynne MK. Field trial evaluations of a switched directional/omnidirectional in-the-ear hearing instrument. J Am Acad Audiol 1999;10:273-84.

Ricketts T. Directivity quantification in hearing aids: fitting and measurement effects. Ear Hear 2000a;21:45-58.

Ricketts T. Impact of noise source configuration on directional hearing aid benefit and performance. Ear Hear 2000b;21:194-205.

Ricketts T. The impact of head angle on monaural and binaural performance with directional and omnidirectional hearing aids. Ear Hear 2000c;21:318-28.

Ricketts T, Dhar S. Comparison of performance across three directional hearing aids. J Am Acad Audiol 1999;10:180-9.

Ricketts T, Mueller HG. Making sense of directional microphone hearing aids. Am J Audiol 1999;8:117-27.

Ricketts T, Lindley G, Henry P. Impact of compression and hearing aid style on directional hearing aid benefit and performance. Ear Hear 2001;22:348-61.

Saunders GH, Kates JM. Speech intelligibility enhancement using hearing-aid array processing. J Acoust Soc Am 1997;102:1827-37.

Soli SD, Nilsson M. Assessment of communication handicap with the HINT. Hear Instrum 1994;45(2):12,15-6.

Valente M, Fabry DA, Potts, LG. Recognition of speech in noise with hearing aids using dual microphones. J Am Acad Audiol 1995;6:440-9.

Walden BE, Surr RK, Cord MT, Edwards B, Olson L. Comparison of benefits provided by different hearing aid technologies. J Am Acad Audiol 2000;11:540-60.

Wouters J, Litière L, Van Wieringen A. Speech intelligibility in noisy environments with one- and two-microphone hearing aids. Audiol 1999;38:91-8.

Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé

Québec