

Efficacité des prothèses auditives analogiques à contrôle numérique

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

Efficacité des prothèses auditives analogiques à contrôle numérique

**Note technique préparée pour l'AETMIS
par François Bergeron**

Mai 2003

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 analogiques à contrôle numérique. Note technique préparée
par François Bergeron. (AETMIS 03-02). Montréal : AETMIS, 2003, xi-18 p.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec, 2003
Bibliothèque nationale du Canada, 2003
ISBN 2-550-40841-1
© 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

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

D^r Véronique Déry,
médecin spécialiste en santé publique,
directrice scientifique

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

Le Conseil

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

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

D^r 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

M^{me} Denise Leclerc,
pharmacienne, membre du conseil
d'administration de l'Institut universitaire de
gériatrie de Montréal, Montréal

M^{me} 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

D^r Jean-Marie Moutquin,
médecin spécialiste en gynéco-obstétrique,
directeur général, Centre de recherche
clinique, CHUS, Sherbrooke

D^r 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 ANALOGIQUES À CONTRÔLE NUMÉRIQUE

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 analogiques à contrôle numérique.

Les options technologiques qu'offrent les appareils de correction auditive traditionnels ne permettent pas toujours d'atteindre les objectifs de suppléance. Plusieurs solutions technologiques ont été explorées pour offrir à la personne malentendante un appareillage bien ajusté, indépendamment des conditions sonores de l'environnement. Les travaux sur les appareils de correction auditive analogiques à contrôle numérique s'inscrivent dans cette voie.

Selon l'évaluation de l'AETMIS, un consensus se dégage selon lequel ces appareils sont au moins aussi efficaces que les appareils de correction auditive traditionnels pour suppléer à la déficience de l'audition. Le bénéfice supplémentaire apparaît toutefois modeste, les indications par rapport aux technologies moins perfectionnées ne sont pas claires, et les coûts sont plus élevés. Il faudra procéder à des études comparatives supplémentaires afin de recueillir de plus amples informations sur l'efficacité de ces solutions.

Bien que cette technologie innovatrice puisse être offerte à certains candidats qui ont besoin d'un appareillage bien ajusté, il n'y a donc pas lieu d'en généraliser l'implantation. Cette prudence est d'autant plus de mise que les fabricants se désintéressent de plus en plus des appareils analogiques à contrôle numérique en faveur de solutions entièrement numériques : l'intérêt d'études sur le rapport coût-avantage de cette approche apparaît donc encore plus capital.

En remettant ce rapport, l'Agence 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 (CIRRIIS). 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. 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 analogiques à contrôle numérique.

Description des appareils de correction auditive

La surdité se manifeste d'abord par l'incapacité de percevoir les signaux acoustiques de l'environnement. Par l'amplification sélective des sons que le déficit auditif a rendus inaccessibles, on tente de compenser la perte d'audibilité de l'environnement sonore, et plus particulièrement de la parole. Or, alors que les propositions d'ajustement issues de méthodes théoriques de réglage sont de plus en plus précises, les options technologiques offertes sur les appareils de correction auditive traditionnels ne permettent pas toujours d'atteindre les valeurs cibles. Même lorsque l'audibilité est restaurée, la personne

malentendante a besoin de meilleures conditions d'écoute qu'un entendant pour réussir des tâches de compréhension. De plus, la diversité des conditions d'écoute exige que la personne puisse disposer de configurations d'amplification adaptées à ces conditions. Plusieurs solutions technologiques ont été explorées pour offrir à la personne malentendante un appareillage bien ajusté, et ce, indépendamment des conditions sonores environnementales. Les travaux sur les appareils de correction auditive analogiques à contrôle numérique s'inscrivent dans cette voie.

Les appareils de correction auditive analogiques à contrôle numérique traitent le signal acoustique de façon comparable aux appareils de correction auditive traditionnels. Les potentiomètres de contrôle sont toutefois remplacés par un ou des microprocesseurs qui régissent toutes les fonctions de l'aide. Le gain d'espace permet en outre d'intégrer une plus grande diversité de paramètres pour l'ajustement. Ces paramètres sont programmés (et reprogrammés) à l'aide d'un ordinateur ou d'un module de programmation spécialisé. Grâce à la mise en mémoire, il est possible de comparer rapidement différentes configurations et de trouver ainsi les ajustements les plus performants et les plus confortables, et ce, pour différents contextes d'écoute.

Analyse des données scientifiques

La stratégie de recherche documentaire a permis de répertorier 18 articles à partir de l'interrogation des banques de données. Dix-neuf documents complémentaires ont été recueillis auprès d'un groupe d'experts et par la consultation des références citées dans les articles. Dans cette documentation, 10 études rendent compte d'essais cliniques sur des appareils de correction auditive analogiques à contrôle numérique. Presque toutes proposent un essai croisé non randomisé comportant parfois un volet

rétrospectif. Les effectifs des échantillons sont généralement restreints.

Indépendamment du niveau de preuve, presque toutes les études répertoriées montrent que les appareils de correction auditive programmables sont supérieurs aux appareils de correction auditive personnels, ces derniers étant habituellement des appareils de correction auditive linéaires monocanal n'intégrant aucun système perfectionné de traitement du signal. Cette supériorité s'observe tant sur le plan de la performance pour la reconnaissance de la parole que sur celui de l'impression subjective des utilisateurs dans différents contextes d'écoute.

Conclusion

Si on ne tient compte que des études à plus fort niveau de preuve, les appareils de correction auditive analogiques à contrôle numérique doivent être désignés comme « innovateurs ». En effet, malgré le nombre restreint d'études bien menées, un consensus se dégage selon lequel cette formule est au moins aussi efficace que les appareils de correction auditive traditionnels pour suppléer à la déficience auditive. Le bénéfice supplémentaire apparaît toutefois modeste, et les indications par rapport aux technologies moins perfectionnées ne sont pas claires. Il faudra procéder à des études comparatives supplémentaires afin de recueillir de plus amples informations sur l'efficacité de ces solutions. Compte tenu des coûts additionnels et des gains modestes notés jusqu'ici par rapport aux appareils de correction auditive traditionnels, il faudrait réaliser des études sur le rapport coût-avantage avant d'en généraliser l'implantation.

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 qui vise à compenser une incapacité auditive, à prévenir ou à réduire une situation de handicap.

Appareil de correction auditive (prothèse auditive) :

Tout appareil porté par l'utilisateur visant à corriger une déficience du système auditif, à compenser une incapacité auditive, à prévenir ou à réduire une situation de handicap.

Appareil de correction auditive analogique (traditionnel) :

Appareil de correction auditive mettant à contribution des circuits électroniques pour réaliser l'amplification et le contrôle du signal acoustique incident.

Appareil de correction auditive analogique à contrôle numérique :

Appareil de correction auditive mettant à contribution des circuits électroniques pour réaliser l'amplification du signal acoustique incident et des algorithmes numériques programmés dans un ou des microprocesseurs pour le contrôler.

Appareil de correction auditive linéaire :

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.

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.

db HL (*hearing level*) :

Unité de mesure du rapport des intensités sonores où la pression sonore de référence est établie à partir des relevés établis auprès d'une population normo-entendante. Une intensité sonore de 0 dB HL correspond à une intensité de 7,5 dB SPL à 1000 Hz (norme ANSI S3.6-1996).

db SPL (*sound pressure level*, ou niveau de pression acoustique) :

Unité de mesure du rapport des intensités sonores où la pression sonore de référence est de 0,000020 Pa ou 20 µPa. Une pression sonore de 20 µPa correspond à une intensité sonore de 0 dB SPL.

Gamme dynamique :

Différence, exprimée en décibels (dB), entre le seuil d'acuité auditive et le seuil d'intolérance de la personne.

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	
2 MÉTHODES	3
3 DESCRIPTION DES APPAREILS DE CORRECTION AUDITIVE	5
3.1 Appareils traditionnels	
3.2 Appareils de correction à contrôle numérique	
4 RÉSULTATS	7
5 DISCUSSION	10
6 CONCLUSION	12
ANNEXES	13
ANNEXE A – Couverture du programme d'aides auditives et modalités d'accès	13
ANNEXE B – Grille de lecture	15
ANNEXE C – Classification du niveau de preuve	16
RÉFÉRENCES	17

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 seconde demande, soit l'analyse de l'efficacité des appareils de correction auditive analogiques à contrôle numérique.

1.2 Une solution technologique pour améliorer l'écoute

La surdité se manifeste d'abord par l'incapacité de percevoir les signaux acoustiques de l'environnement. Selon le degré d'atteinte et sa configura-

tion, 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. Or, alors que les propositions d'ajustement issues des méthodes théoriques de réglage sont de plus en plus précises, les options technologiques offertes sur les appareils de correction auditive traditionnels ne permettent pas toujours d'atteindre les valeurs cibles.

Par ailleurs, la restauration de l'audibilité ne compense 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].

Enfin, les ajustements que proposent les formules de réglage réfèrent à un contexte d'utilisation théorique. Or, l'environnement sonore de l'utilisateur est très variable, ce qui exige la disponibilité

de configurations d'amplification adaptées à différentes conditions d'écoute.

Ces constats ont suscité l'exploration de diverses solutions technologiques pour offrir à la personne malentendante un appareillage bien ajusté, et ce, indépendamment des conditions sonores environnementales. Les travaux sur les appareils de correction auditive analogiques à contrôle numérique s'inscrivent dans cette voie.

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 a porté 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 sont présentés au tableau 1. Ces interrogations ont été complétées par des documents fournis par les experts consultés et l'extraction de références des bibliographies citées dans les articles.

maliser 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.

Tableau 1
Stratégie de recherche documentaire

Thème	Mots clés			Résultats	
				M	C
Appareils de correction auditive analogiques à contrôle numérique	<i>hearing aid</i>	ET	<i>programmable OU signal processing</i>	18	0

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 (ANAES, 2000) afin de nor-

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).

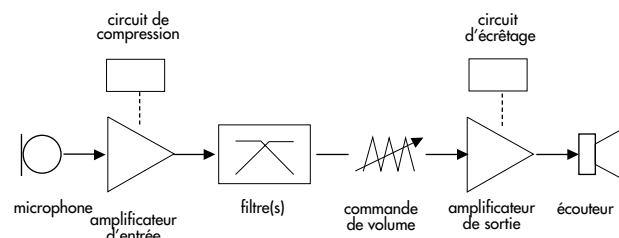
DESCRIPTION DES APPAREILS DE CORRECTION AUDITIVE

3.1 Appareils traditionnels

La figure 1 présente le fonctionnement global d'un appareil de correction auditive traditionnel : le signal acoustique est capté et transformé en signal électrique par le microphone, augmenté en amplitude par l'amplificateur et reconverti en signal acoustique par l'écouteur. Un ou plusieurs potentiomètres (ou résistances variables), selon l'espace disponible, permettent de contrôler quelques paramètres du signal : l'ampleur de l'amplification est principalement régie par la commande de volume sonore, des filtres passe-haut et (ou) passe-bas permettent de varier l'accentuation de l'amplification sur les hautes ou les basses fréquences, des circuits d'écèlement et (ou) de compression limitent l'amplification maximale afin d'assurer la sécurité et le confort d'écoute.

Figure 1

Composantes d'un appareil de correction auditive traditionnel



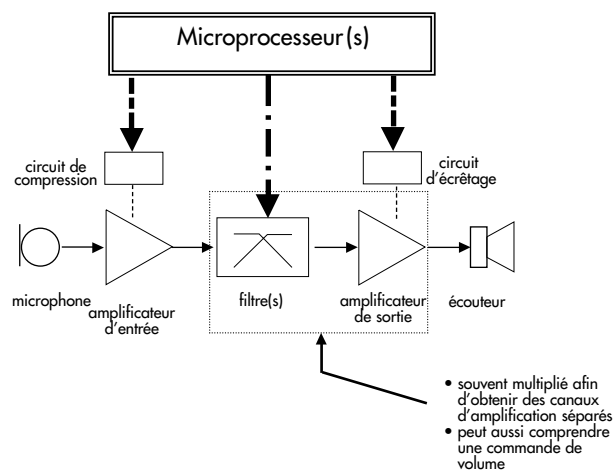
3.2 Appareils de correction à contrôle numérique

Le principe des appareils de correction auditive à contrôle numérique est illustré à la figure 2. Ces appareils traitent le signal acoustique de façon comparable aux appareils de correction auditive traditionnels. Les potentiomètres sont toutefois remplacés par un ou plusieurs microprocesseurs qui régissent

toutes les fonctions de l'aide. Le gain d'espace permet en outre d'intégrer une plus grande diversité de paramètres pour l'ajustement. Ces paramètres sont programmés (et reprogrammés) par un ordinateur ou un module de programmation spécialisé. Grâce à la mise en mémoire, il est possible de comparer rapidement différentes configurations et de trouver ainsi les ajustements les plus performants et (ou) les plus confortables [Sammeth, 1990], et ce, pour différents contextes d'écoute.

Figure 2

Composantes d'un appareil de correction auditive analogique à contrôle numérique



Selon les objectifs du fabricant, les appareils de correction auditive à contrôle numérique peuvent offrir les options suivantes :

- Traitement perfectionné des signaux

L'ampleur de l'amplification peut être déterminée automatiquement en fonction de l'intensité sonore de l'environnement. Ainsi, les sons faibles sont plus amplifiés que les sons forts, contrairement

aux circuits linéaires traditionnels, qui procurent un gain fixe indépendant de l'environnement, ce qui se traduit par une sous-amplification des sons faibles et une suramplification des sons forts. Différentes applications des techniques de compression du signal sont mises à contribution pour réaliser cet objectif.

- Capacité multicanaux

La gestion du signal est attribuée à deux ou à plusieurs canaux d'amplification respectivement responsables d'une bande spectrale déterminée. Ainsi, le traitement du signal en basse fréquence est indépendant du traitement réalisé en hautes fréquences. Des paramètres de compression différents peuvent être appliqués pour permettre l'audibilité des informations sonores de la parole en haute fréquence tout en réduisant le gain des sons de basse fréquence caractéristiques d'un milieu bruyant. La multiplication des canaux permet par ailleurs un ajustement plus harmonieux de la courbe d'amplification définie selon les formules théoriques de calcul du niveau d'amplification nécessaire pour compenser la perte de sensibilité auditive à chaque fréquence audiométrique.

- Capacité multimémoire

La disponibilité d'un bloc mémoire permet d'emmagasiner différentes configurations de correction auditive que l'utilisateur peut rappeler rapidement à partir d'une télécommande ou d'un interrupteur placé sur l'aide. Il est alors théoriquement possible d'adapter les paramètres d'amplification en fonction des différents contextes d'écoute dans lesquels évolue l'utilisateur.

- Télécommande

En déplaçant les boutons de commande de l'appareil vers une télécommande, il devient possible de créer des instruments plus discrets et plus faciles à utiliser pour les personnes qui manquent de dextérité ou pour les parents qui doivent exercer une surveillance sur de jeunes enfants appareillés.

Les options de traitement perfectionné des signaux et de multicanaux ne sont cependant pas exclusives aux appareils à contrôle numérique. En effet, les circuits électroniques qui régissent ces fonctions peuvent aussi être intégrés dans certains appareils analogiques traditionnels.

Le prix des appareils de correction auditive analogiques à contrôle numérique est beaucoup plus élevé que celui des appareils traditionnels. Selon les statistiques présentées dans le site Web de la Régie de l'assurance maladie du Québec, en 2001, 74 personnes ont bénéficié de ce type d'appareil (contour d'oreille), pour un coût d'achat moyen de 954 \$. Par comparaison, 9570 personnes ont profité d'appareils de correction auditive traditionnels (intra-auriculaire ou contour d'oreille), à un coût moyen de 577 \$ [Régie de l'assurance maladie du Québec, 2003].

Une enquête sommaire révèle que les appareils de correction auditive analogiques à contrôle numérique représentent jusqu'à 25 % de la gamme des produits offerts par les fabricants canadiens et constituent presque le tiers des ventes. La demande des consommateurs pour ce produit est donc assez importante.

RÉSULTATS

La stratégie de recherche documentaire a permis de répertorier 18 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, 10 études rendent compte d'essais cliniques sur des appareils de correction auditive analogiques à contrôle numérique. Le tableau 2 résume ces études selon un niveau décroissant de preuve scientifique d'après la classification présentée à l'annexe C.

La majorité des études présentées au tableau 2 ont été réalisées dans la première moitié de la dernière décennie, au moment où les fabricants faisaient la promotion de leurs produits analogiques à contrôle numérique, fleurons d'alors de leur avancée technologique. Le déplacement de leur intérêt vers les solutions entièrement numériques apparaît proportionnel au désintérêt des chercheurs pour l'approche hybride. D'ailleurs, plusieurs des études présentées au tableau 2 sont clairement liées à un fabricant. Les études plus récentes visent habituellement à examiner des technologies entièrement numériques en les comparant aux approches hybrides et analogiques.

Une seule des études sélectionnées propose un véritable essai comparatif randomisé [Yueh *et al.*, 2001]. Dans les faits, la répartition des sujets de cette étude est partiellement aléatoire, puisque la cause de la surdité d'un côté du processus de randomisation est potentiellement différente de celle de l'autre branche. Toutes les autres études proposent un essai croisé prospectif comportant parfois un volet rétrospectif. Le plan d'étude classique est basé sur la comparaison des performances d'une aide programmable pour la reconnaissance de stimuli de parole dans le silence et (ou) dans le bruit par rapport à celle de l'appareil de correction auditive couramment uti-

lisé. Les impressions subjectives sont aussi recueillies. Les effectifs des échantillons sont généralement restreints.

Indépendamment du niveau de preuve, les études répertoriées montrent que les appareils de correction auditive programmables sont supérieurs aux appareils de correction auditive personnels, ces derniers étant habituellement des aides linéaires monocanal n'intégrant aucun système perfectionné de traitement du signal. Cette supériorité s'observe tant au chapitre de la performance pour la reconnaissance de la parole que de l'impression subjective des utilisateurs dans différents contextes d'écoute. La seule exception à cette tendance est relevée dans l'étude des chercheurs Bentler et Duve [2000], qui ne notent aucun gain significatif associé à l'utilisation de l'aide programmable par rapport aux autres appareils contemporains de correction auditive. De fait, les auteurs constatent même qu'en présence de bruit compétitif important, les plus récentes technologies ne sont pas plus performantes que les cornets acoustiques d'autrefois.

Tableau 2
Résumé des études sélectionnées

Source	Méthode		Résultats	Niveau de preuve
	N	Plan d'étude	Variables	
Yueh <i>et al.</i> , 2001 (États-Unis)	60 n	Essai comparatif randomisé	Indépendantes : appareil de correction auditive (Aucune aide vs aide Technique vs appareil Classique vs Programmable avec microphone directionnel) Dépendantes : qualité de vie (QV), évaluation subjective (questionnaire), heures d'utilisation, capacité de payer	2
Bentler <i>et Duve</i> , 2000 (États-Unis)	20 e	Essai croisé non randomisé	Indépendantes : appareil de correction auditive (cornet Acoustique vs Boîtier vs Linéaire vs Compression vs 2 canaux compressés Programmable vs Numérique) Dépendantes : caractéristiques électroacoustiques, reconnaissance de phrases dans le bruit, évaluations subjectives (qualité sonore, effort d'écoute)	2
Moore <i>et al.</i> , 1992 (États-Unis)	20 e	Essai croisé non randomisé	Indépendantes : appareil de correction auditive (Personnel vs 2 canaux Linéaires vs 2 canaux Compressés programmable vs Sans aide), niveau de présentation (50, 65, 80 dB SPL), orientation du bruit, binauralité Dépendantes : reconnaissance de phrases, évaluation subjective (questionnaire)	2
Walden <i>et al.</i> , 1998 (États-Unis)	40 e	Essai croisé non randomisé	Indépendantes : appareil de correction auditive (Personnel linéaire vs 2 canaux Compressés programmable vs Sans aide vs audition Normale), niveau de présentation (50, 65, 80 dB SPL), orientation du bruit, binauralité Dépendantes : reconnaissance de phrases, évaluation subjective (questionnaire)	2
Benson <i>et al.</i> , 1992 (États-Unis)	18 e	Essai croisé non randomisé + étude rétrospective	Indépendantes : appareil de correction auditive (Personnel vs 2 canaux Compressés programmable vs Sans aide), niveau de présentation (50, 65, 80 dB SPL) Dépendantes : gain fonctionnel, gamme dynamique, reconnaissance de phrases, gain d'insertion, évaluation subjective (questionnaire)	3

n = nouveaux, c'est-à-dire que les sujets portent un appareil de correction auditive pour la première fois.

e = expérimentés, c'est-à-dire que les sujets ont déjà une expérience du port d'appareils de correction auditive.

AGC = automatic gain control, ou réglage automatique de l'amplification.

dB HL (hearing level) : voir la définition au glossaire.

dB SPL (sound pressure level) : voir la définition au glossaire.

Tableau 2

Résumé des études sélectionnées (suite)

Source	Méthode		Résultats	Niveau de preuve
	N	Plan d'étude	Variables	
Kiessling et Steffens, 1991 (Allemagne)	26 e	Essai croisé non randomisé	Indépendantes : appareil de correction auditive (1 canal AGC vs 3 canaux programmables), type de bruit, rapport signal/bruit Dépendantes : monosyllabes dans le bruit, évaluation subjective de la qualité	3
Ringdahl et al., 1990 (Suède)	22 e	Essai croisé non randomisé	Indépendantes : appareil de correction auditive (personnel vs 2 canaux, 8 programmes), situations d'écoute Dépendantes : gain d'insertion, reconnaissance de phrases dans le bruit, préférence	3
Hall et Jacobs, 1991 (États-Unis)	18 e	Essai croisé non randomisé + étude rétrospective	Indépendante : appareil de correction auditive (personnel vs 2 canaux programmable) Dépendantes : bénéfices et qualité sonore (questionnaire)	4
Mangold et al., 1990 (Suède)	14 e	Essai croisé non randomisé	Indépendantes : appareil de correction auditive (personnel vs 2 canaux, 8 programmes), situations d'écoute Dépendantes : reconnaissance de phrases dans le bruit, préférence	4
Zorowka et Lippert, 1995 (Allemagne)	13 n 52 e	Essai croisé non randomisé + étude rétrospective	Indépendante : appareil de correction auditive (linéaire vs programmable [différents modèles]) Dépendantes : gain fonctionnel, niveau de gêne, reconnaissance de mots (50, 65, 80 dB HL) avec et sans bruit compétitif, évaluation subjective (questionnaire)	4

n = nouveaux, c'est-à-dire que les sujets portent un appareil de correction auditive pour la première fois.

e = expérimentés, c'est-à-dire que les sujets ont déjà une expérience du port d'appareils de correction auditive.

AGC = *automatic gain control*, ou réglage automatique de l'amplification.

dB HL (*hearing level*) : voir la définition au glossaire.

dB SPL (*sound pressure level*) : voir la définition au glossaire.

DISCUSSION

Le constat global de supériorité des appareils de correction auditive analogiques à contrôle numérique sur les appareils de correction auditive personnels qui se dégage du tableau 2 doit être nuancé. De fait, les plans expérimentaux des études répertoriées ne mettent pas réellement à l'épreuve le concept de contrôle numérique, mais comparent plutôt des appareils de correction auditive comprenant des circuits de traitement de signal perfectionnés à des appareils basés sur une amplification linéaire simple. C'est donc le concept de traitement du signal qui est étudié. Or, de tels circuits peuvent être introduits dans les appareils de correction auditive analogiques sans qu'une commande numérique soit nécessaire. L'approche par contrôle numérique facilite toutefois cette intégration en réduisant l'espace physique nécessaire tout en multipliant la diversité des options. Les récentes solutions entièrement numériques poussent d'ailleurs encore plus loin ce concept. Quant à l'efficacité de chacune des options de traitement des signaux présentées précédemment, les études répertoriées font toutes état de bénéfices liés à l'utilisation isolée ou conjuguée de la compression dynamique et de la capacité multicanal ou multimémoire.

En accord avec le constat global, l'étude du chercheur Moore et de ses collègues [1992] met en évidence l'efficacité supérieure d'une aide à contrôle numérique comportant une compression indépendante sur deux canaux. Or, les données montrent que le gain accru en efficacité pour la reconnaissance de la parole par rapport à l'amplification linéaire (15 % dans le silence à 50 dB SP, 1 % à 65 dB SPL; 0,6 dB dans le bruit) est nettement inférieur à celui obtenu par l'ajustement initial d'une aide linéaire chez des sujets malentendants (60 % dans le silence à 50 dB SPL, 38 % à 65 dB SPL; 3,8 dB dans le bruit).

Cette observation est appuyée par une étude multicentrique randomisée à double insu comparant les performances de 360 sujets pour la reconnaissance de mots et de phrases selon trois configurations de compression (linéaire, compression de sortie, compression variable) programmées dans une même aide analogique à contrôle numérique [Larson *et al.*, 2000]. Les résultats montrent que si les bénéfices qu'offrent les configurations mettant à contribution une compression du signal sont supérieurs à ceux de l'approche linéaire, ils sont moins importants que ceux qu'on obtient par le simple ajustement d'une aide, peu importe sa configuration.

Une autre étude multicentrique à double insu réalisée auprès de 110 sujets montre que l'application d'une stratégie de réduction de l'amplification en basses fréquences pour optimiser la reconnaissance de la parole dans le bruit apporte moins de bénéfices supplémentaires que ceux qu'offre déjà l'amplification linéaire [Humes *et al.*, 1997].

Les chercheurs Parving et Sibelle [2001] ont analysé les réponses aux questionnaires retournés par 32 694 bénéficiaires d'aides auditives, soit 71 % de la cohorte, ayant consulté au cours de la décennie commençant en 1990 au département d'audiologie de l'hôpital Bispebjerg (Copenhague, Danemark), une clinique publique offrant des services couverts par le *National Hearing Health Services*. Les réponses ne montrent aucune différence significative au regard des bénéfices perçus et de la satisfaction des utilisateurs, peu importe la technologie offerte, soit une aide analogique, programmable ou numérique. À la limite, le taux d'insatisfaction apparaît un peu plus élevé chez les porteurs d'appareils de correction auditive numériques.

Si on ne considère que les études à plus fort niveau de preuve (niveau intermédiaire), les appareils de correction auditive analogiques à contrôle numérique doivent être désignés comme « innovateurs » selon la classification adoptée en 1994 par l'AETMIS¹. En effet, malgré le nombre restreint d'études bien menées, un consensus se dégage selon lequel cette formule est au moins aussi efficace que les appareils de correction auditive traditionnels pour suppléer à la déficience auditive. Le bénéfice supplémentaire apparaît toutefois modeste, et les indications par rapport aux technologies moins perfectionnées ne sont pas claires.

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

Le nombre d'études à fort niveau de preuve faisant état de l'efficacité clinique des appareils de correction auditive analogiques à contrôle numérique est restreint. Les quelques travaux disponibles permettent de les classer dans la catégorie des technologies innovatrices. Il faudra procéder à des études comparatives afin de recueillir de plus amples informations sur l'efficacité de ces solutions. Eu égard aux coûts additionnels et aux gains modestes notés jusqu'ici par rapport aux appareils de correction auditive traditionnels, il faudrait réaliser des études sur le rapport coût-avantage avant d'en généraliser l'implantation. Or, l'intérêt des fabricants se déplace actuellement du côté des solutions entièrement numériques, et il est possible que le dépôt de telles études coïncide avec l'obsolescence de cette approche technologique. Ce mouvement en faveur de la technologie numérique a récemment été confirmé lorsque des fabricants de premier plan ont annoncé le retrait de tous les appareils analogiques, y compris des appareils à contrôle numérique, de leur catalogue aux États-Unis. Compte tenu du coût encore plus élevé de ces instruments, l'intérêt d'études sur le rapport coût-avantage de l'approche numérique apparaît encore plus capital.

Bien qu'elles se fondent sur les mêmes prémisses, à savoir que la preuve scientifique de bénéfices accrus est faible, ces conclusions divergent de celles que formulait récemment le *National Institute for Clinical Excellence* en Angleterre [NICE, 2000]. L'organisme propose en effet une révision de la liste des appareils de correction auditive offerts dans le cadre du programme gouvernemental afin d'y inclure dès maintenant la gamme complète des appareils de correction auditive analogiques – dont des appareils à contrôle numérique – qui existent actuellement. Cette recommandation repose sur le principe qu'un appareil de correction auditive doit

être adapté de façon optimale aux besoins de l'utilisateur et qu'on peut présumer que les appareils de correction auditive analogiques perfectionnés permettent de faire des ajustements plus précis qu'avec les appareils de correction auditive linéaires de base. Cette argumentation théorique peut aussi s'appliquer à la sécurité des appareils de correction auditive. En effet, l'accès aux traitements perfectionnés du signal, notamment la compression variable, pourrait permettre d'éviter plus facilement la suramplification des sons et de parer ainsi une progression du déficit auditif.

Selon les données de trois études [Moore *et al.*, 1992; Humes *et al.*, 1997; Larson *et al.*, 2000], l'ajustement initial d'un appareil de correction auditive linéaire procurerait des avantages supérieurs au bénéfice supplémentaire que procure une aide intégrant un traitement perfectionné du signal acoustique. Conséquemment, la pratique clinique et les programmes sociaux qui l'appuient doivent pouvoir offrir à toute personne pour qui une aide auditive est jugée nécessaire au moins un appareillage de base, et ce, aussi longtemps qu'elle en aura besoin. Les appareils de correction auditive analogiques à contrôle numérique ayant un statut de technologie innovatrice, ils devraient être offerts dans un milieu disposant des ressources spécialisées nécessaires, et ce, pour des indications précises. *A priori*, les études répertoriées suggèrent qu'elles pourraient s'appliquer aux candidats évoluant dans un environnement bruyant ou aux prises avec une diversité de situations d'écoute et à ceux dont la gamme dynamique est réduite ou qui présentent une configuration audiométrique difficile à corriger.

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

Âge de la personne assurée	Type d'aides assurées	Services assurés		
		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

Âge de la personne assurée	Type d'aides assurées	Documents requis – émetteurs autorisés				
		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 <i>a priori</i>	☐	☐	☐
• 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.
- Benson D, Clark TM, Johnson JS. Patient experiences with multiband full dynamic range compression. *Ear Hear* 1992;13:320-30.
- Bentler RA, Duve MR. Comparison of hearing aids over the 20th century. *Ear Hear* 2000; 21:625-39.
- Hall CM, Jacobs EL. A review of a digitally programmable full dynamic range hearing device. *Hear Ins* 1991;42:16-8.
- Humes LE, Christensen LA, Bess FH, Hedley-Williams A. A comparison of the benefit provided by well-fit linear hearing aids and instruments with automatic reductions of low-frequency gain. *J Speech Lang Hear Res* 1997;40:666-85.
- Kiessling J, Steffens T. Clinical evaluation of a programmable three-channel automatic gain control amplification system. *Audiol* 1991;30:70-81.
- Larson VD, Williams DW, Henderson WG, Luethke LE, Beck LB, Noffsinger D, et al. Efficacy of 3 commonly used hearing aid circuits. *JAMA* 2000;282:1806-13.
- Mangold S, Eriksson-Mangold M, Israelsson B, Leijon A, Ringdahl A. Multi-programmable hearing aid. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1990;Suppl 469:70-5.
- May AM, Larsen CB, Warland A. Multi-microphone instruments, DSP and hearing-in-noise. *Tech Topic* 2000:1-4
- Moore BCJ, Johnson JS, Clark TM, Pluinage V. Evaluation of a dual-channel full dynamic range compression system for people with sensorineural hearing loss. *Ear Hear* 1992;13:349-70.
- National Institute for Clinical Excellence (NICE). Guidance on hearing aid technology. Technology appraisal guidance no.8. Londres : NICE; 2000.
- Parving A, Sibelle P. Clinical study of hearing instruments: a cross-sectional longitudinal audit based on consumer experiences. *Audiology* 2001;40:43-53.
- Régie de l'assurance maladie du Québec. Statistiques – Programmes administrés par la Régie : Aides techniques 2001. [En ligne] <http://www.ramq.gouv.qc.ca/crc/sta/cout/aide01.shtml> (page consultée le 28 février 2003).
- Ringdahl A, Eriksson-Mangold M, Israelsson B, Lindkvist A, Mangold S. Clinical trials with a programmable hearing aid set for various listening environments. *Br J Audiol* 1990;24:235-42.

-
- Sammeth CA. Current availability of digital and hybrid hearing aids. *Semin Hear* 1990;11:91-100.
- Walden BE, Surr RK, Cord MT, Pavlovic CV. A clinical trial of the ReSound BT2 personal hearing system. *Am J Audiol* 1998;7:1-16.
- Yueh B, Souza PE, McDowell JA, Collins MP, Loovis CF, Hedrick SC, Ramsey SD, Deyo RA. Randomized trial of amplification strategies. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2001;127:1197-203.
- Zorowka PG, Lippert KL. One-channel and multichannel digitally programmable hearing aids in children with hearing impairment. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1995; Suppl 166:159-62.

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

Québec

