

L'implant cochléaire avant l'âge d'un an : données quantitatives et qualitatives

**Justine Wathour, Magalie Teunen, David Pascoal,
Naïma Deggouj, Paul J. Govaerts**

Résumé

Bon nombre d'études s'intéressent aux résultats langagiers ou cognitifs d'enfants implantés cochléaires. Le versant auditif est peu exploité dans la littérature. L'objectif de cette recherche est d'investiguer l'audiométrie vocale au sein de cette population. L'analyse porte sur les résultats d'une cohorte de 27 enfants âgés de 6 à 16 ans, implantés avant l'âge d'1 an. Les implants ont toujours été programmés par un audicien assisté du logiciel d'aide aux réglages utilisant l'intelligence artificielle, FOX®. Les médianes des scores phonémiques à des listes de mots monosyllabiques sont 75 %, 89 %, 90 % et 89 % à des intensités de 40, 55, 70 et 85 dB SPL respectivement. De tels résultats posent la question de l'élargissement des indications pédiatriques pour la mise en place d'un implant cochléaire. Les auteurs proposent une revue de la littérature des dernières études sur le sujet.

Mots-clés : surdité, enfants, audiométrie vocale, implant cochléaire, FOX®.

Cochlear implantation in children up to 12 months-old : quantitative and qualitative data

Abstract

Many studies focus on language and cognitive outcomes of cochlear implanted children. The auditory outcomes are far less covered by the literature. The objective of this research is to investigate the speech audiometric results in children who received an implant in their first year of life. The most recent speech audiometric results are given of a cohort of 27 children who were between 6 and 16 age when tested. The implants have always been programmed by an audiologist who was assisted by the artificial intelligence application FOX®. The median phoneme scores on monosyllabic word lists were 75 %, 89 %, 90 % and 89 % at presentation levels of 40, 55, 70 and 85 dB SPL resp. Such results raise questions about the current criteria for paediatric cochlear indication.

Keywords : deafness, children, speech audiometry, cochlear implant, FOX®.

Justine WATHOUR

Logopède et Audiologiste au Centre d'Audiophonologie des Cliniques universitaires Saint-Luc.

Clos Chapelle-aux-Champs, 30 à 1200 Bruxelles.

Courriel : justine.wathour@uclouvain.be

Magalie TEUNEN

Audiologiste au Eargroup. Herentalsebaan 75 B

2100 Antwerpen-Deurne.

Courriel : teunen@eargroup.net

David PASCOAL

Audiologiste au Eargroup. Herentalsebaan 75 B

2100 Antwerpen-Deurne.

Courriel : pascoal@otoconsult.com

Pr. Naïma DEGGOUJ

ORL, Professeur à l'UCL en médecine et en psychologie, chef de service adjoint aux Cliniques universitaires

Saint-Luc. Avenue Hippocrate,

10 à 1200 Bruxelles.

Courriel : Naïma.Deggouj@uclouvain.be

Pr. Paul J. GOVAERTS

ORL au Eargroup. Herentalsebaan 75 B

2100 Antwerpen-Deurne.

Courriel : dr.govaerts@eargroup.net

◆ Introduction

L'implant cochléaire (IC) est un dispositif permettant de restaurer l'audition chez des personnes présentant une perte auditive sévère à profonde bilatérale (Cullington *et al.*, 2016) d'origine cochléaire (Orzan *et al.*, 2016).

Les résultats avec un implant cochléaire, chez les adultes (Benatti *et al.*, 2013) et chez les enfants (Davidson *et al.*, 2011 ; Tanamati *et al.*, 2012 ; Vincenti *et al.*, 2014), sont largement documentés dans la littérature. Le développement et l'efficacité de l'IC sont tels que les résultats auditifs et les capacités de communication

des jeunes implantés cochléaires sont aujourd'hui analysés par rapport à leurs pairs avec audition normale et non plus par rapport aux enfants présentant une surdité modérée à sévère avec prothèses auditives (Peixoto *et al.*, 2013). Les études concernant les enfants implantés montrent des améliorations significatives dans tous les domaines du langage, tant sur le versant perceptif qu'expressif, quand on compare leurs propres résultats avec prothèses auditives (Waltzman et Roland, 2005 ; Bradham et Houston, 2015). Les bénéfices vont de la détection des sons à la compréhension de la parole sans lecture labiale et à l'utilisation du téléphone (GSM ou téléphone fixe).

L'acquisition d'une langue orale est intrinsèquement liée à une audition fonctionnelle. En effet, les stimulations auditives durant les premiers mois de vie sont essentielles pour acquérir la parole et le langage. Ne pas avoir une bonne audition durant les premières années de vie a un impact négatif irréversible sur les compétences du traitement auditif complexe et donc sur l'élaboration d'une langue orale.

L'âge d'implantation ne cesse d'évoluer. En 2001, dans la majorité des pays européens, la limite inférieure de l'âge d'implantation était située à 2 ans. Or certains auteurs mettent en évidence qu'être implanté avant 2 ans (Govaerts, 2002) et même avant 12-18 mois apporte de meilleurs résultats (Schauwers 2004a and 2004b, Hammer *et al.*, 2010).

Depuis les années 80, les recherches pédiatriques sur les IC foisonnent : quel est le meilleur âge pour implanter un enfant (Connor *et al.*, 2006 ; Ganek *et al.*, 2012 ; Coene 2014) ? Comment se développe le langage oral (Schauwers 2005 ; Schauwers 2008 ; Peterson *et al.*, 2010 ; Dillon *et al.*, 2012 ; Markman *et al.*, 2011) ? Comment évoluent les fonctions cognitives des enfants implantés cochléaires (Cleary *et al.*, 2001 ; Horn *et al.*, 2004 ; Fagan *et al.*, 2007, Coene 2011) ? Par contre, en ce qui concerne les bénéfices de l'IC au niveau de l'audition, la littérature est pauvre. Une des raisons expliquant ce manque de données est que l'utilisation d'un autre test que l'audiométrie tonale pour évaluer l'audition d'un enfant nécessite d'attendre un âge où il est capable d'y participer, d'y répondre. En effet, tester l'audition d'un enfant requiert l'utilisation de tests adaptés en fonction de son âge, mais aussi de son développement langagier, moteur et cognitif. Une seconde explication concernant ce manque de données, est que l'audiométrie vocale est peu standardisée et peu adaptée aux jeunes enfants. La possibilité de réaliser une audiométrie vocale « classiquement », c'est-à-dire en faisant répéter des mots à différentes intensités, est intrinsèquement liée au niveau de développement langagier de l'enfant. Un enfant de 3 ans avec un développement du langage oral

dans les normes est capable de répéter les mots d'une liste, tandis qu'un enfant de 5 ans avec un retard ou un trouble plus spécifique du langage oral ne parviendra pas à effectuer cette tâche de répétition. Outre le développement langagier de l'enfant, ce test fait appel à différents processus cognitifs et psycholinguistiques tels que l'étendue du vocabulaire (Quigley et Paul, 1984 ; Kirk *et al.*, 1995), la suppléance mentale (Florin et Guyonvarho, 2002), l'amorçage sémantique (Swinney, 1979 ; Tabossi, 1996) et affectif (Ferrand *et al.*, 2006) et la valeur d'imagerie mentale (Gonthier *et al.*, 2009).

Programmer un implant cochléaire est un « défi » car les bénéficiaires ont des besoins différents (Wolfe et Schafer, 2015). Des personnes implantées, dont la programmation n'est pas adaptée obtiennent de faibles résultats à des tests perceptifs (Geers *et al.* 2004). Actuellement, le réglage des implants cochléaires est réalisé par différents cliniciens (audiciens, logopèdes, médecins...) et non par les chirurgiens. La variabilité dans la formation initiale des régleurs et le manque de pratiques standardisées engendrent des programmations très disparates (Vaerenberg *et al.*, 2014 ; Battmer *et al.*, 2014). Or, une programmation initiale de qualité est essentielle pour les très jeunes enfants, ceux-ci ne donnent pas un retour sur la qualité du signal reçu (Wolfe et Schafer, 2015) ! Le processeur vocal de l'IC, doit être correctement programmé afin de permettre à son bénéficiaire, enfant comme adulte, d'obtenir les meilleures performances possible (Vaerenberg *et al.*, 2014). En fonction de chaque patient, différents modes de stimulation et stratégies de codage sont sélectionnés au niveau du processeur vocal, afin d'aboutir à une MAP¹. Pour atteindre cet objectif, le Eargroup², a développé le Fitting Outcome eXpert (FOX[®]), un logiciel de programmation des ICs qui utilise l'intelligence artificielle (Govaerts *et al.*, 2010 ; Vaerenberg *et al.*, 2011 ; Bermejo *et al.*, 2013). L'intelligence artificielle est une science relativement nouvelle avec de nombreuses applications théoriques, l'une d'entre elles étant de prendre des décisions rationnelles afin d'optimiser les résultats dans des systèmes complexes. FOX[®] utilise les résultats des tests de la batterie psychoacoustique, A ξ E[®] qui se fondent sur les 3 niveaux du système auditif : la détection (audiométrie tonale) ; la discrimination (discrimination phonémique) et l'identification (échelles de sensation sonore et audiométrie vocale). FOX[®] analyse les paramètres de la MAP du patient, ainsi que les résultats aux tests et propose ensuite, si nécessaire, des modifications de la MAP (Vaerenberg *et al.*, 2014).

¹ MAP = provient du terme "MAPping". Mapping est le terme utilisé pour signifier qu'un implant cochléaire est programmé pour les besoins spécifiques de son utilisateur.

² Eargroup = Groupe de recherche sur l'implant cochléaire créé par le Dr. Govaerts à Anvers.

En Belgique, depuis plusieurs années, les enfants sont implantés avant l'âge d'1 an. Leurs résultats au niveau du développement langagier, de l'intégration scolaire et des performances auditives précoces ont déjà été rapportés (Govaerts, 2002 ; Coene *et al.* 2014 ; Coene *et al.*, 2011 ; Schauwers *et al.*, 2008...). Un recul important permet, dans cet article, de décrire les résultats auditifs tardifs d'une cohorte d'enfants implantés avant l'âge d'1 an, testée systématiquement avec les subtests du AŞE® et programmée avec l'aide du logiciel FOX®.

◆ Matériel et méthode

Sujets

Le groupe expérimental recense tous les enfants, patients du Eargroup (N=30), présentant une surdité congénitale profonde (BIAP/PTA³ égal ou supérieur à 85 dB HL confirmé par les potentiels évoqués auditifs) implantés avec un IC « Cochlear » ou « Advanced Bionics », avant leur premier anniversaire, la médiane de l'âge d'implantation est de 9 mois (5 à 11 mois) et qui, aujourd'hui, ont au moins 6 ans. Trois enfants sont exclus de l'échantillon initial :

- 2 enfants avec un retard mental, dans l'incapacité de réaliser une audiométrie vocale (1 enfant porteur du Syndrome de West et 1 enfant grand prématuré) ;
- 1 enfant dont la langue usuelle n'est pas le néerlandais.

Un groupe de 27 sujets, avec un âge médian actuel de 12 ans (6 à 16 ans), est donc disponible pour nos analyses.

Tous les enfants sont implantés bilatéralement séquentiellement (excepté un enfant), avec un intervalle dont la médiane est de 17 mois (0 à 134 mois) entre les 2 IC.

Les IC sont programmés par un audicien assisté du logiciel FOX®. L'analyse porte sur leurs derniers résultats à l'audiométrie vocale. Les listes de mots monosyllabiques, type CVC (listes « NVA », listes vocales pour les adultes, Wouters *et al.*, 1995) sont présentées à 4 intensités : 40 dB (= intensité faible), 55 dB (= intensité normale), 70 dB (= intensité forte) et 85 dB (= intensité très forte). La cotation est phonémique.

Ce score donne une information quantitative de leurs résultats avec l'implant cochléaire.

³ Pure Tone Average (PTA) = La moyenne des seuils auditifs à l'audiométrie tonale à 500, 1000, 2000 et 4000Hz.

Parallèlement, les recherches concernent leurs parcours scolaires et logopédiques. Il s'agit de données qualitatives obtenues via un entretien téléphonique mené par un audicien du Eargroup avec un parent de l'enfant.

- « Quelle est la situation scolaire (année, redoublement, type d'enseignement) de votre enfant ? »
- « Votre enfant a-t-il bénéficié ou bénéficie-t-il actuellement d'une rééducation logopédique ? »
- « A-t-il été et si oui, pendant combien de temps, suivi par le GON⁴ ? »

Cette récolte de données a pour objectif d'obtenir une « image » actuelle globale de l'enfant sur les plans de ses capacités auditives (audiométrie vocale) et de son parcours scolaire (enquête téléphonique).

Analyses statistiques

Toutes les analyses statistiques sont réalisées à l'aide du logiciel Statistica (Statsoft Inc., Oklahoma).

Le seuil de significativité est de $p \leq 0,05$.

Pour l'analyse descriptive, des statistiques non paramétriques sont utilisées avec des représentations graphiques en format « Box and Whisker » (Tukey, 1977).

L'analyse de régression est utilisée pour évaluer le lien entre l'âge au moment du testing et les scores obtenus à l'audiométrie vocale.

◆ Résultats

Audiométrie vocale

Globalement, l'ensemble des sujets obtient un score de ± 90 % aux intensités 55, 70 et 85 dB et de 75 % à 40 dB (Figure 1).

⁴ GON = En Flandre, il s'agit d'un dispositif qui permet l'intégration d'enfant à besoins spécifiques en école ordinaire tout en bénéficiant d'une aide externe de l'enseignement spécialisé.

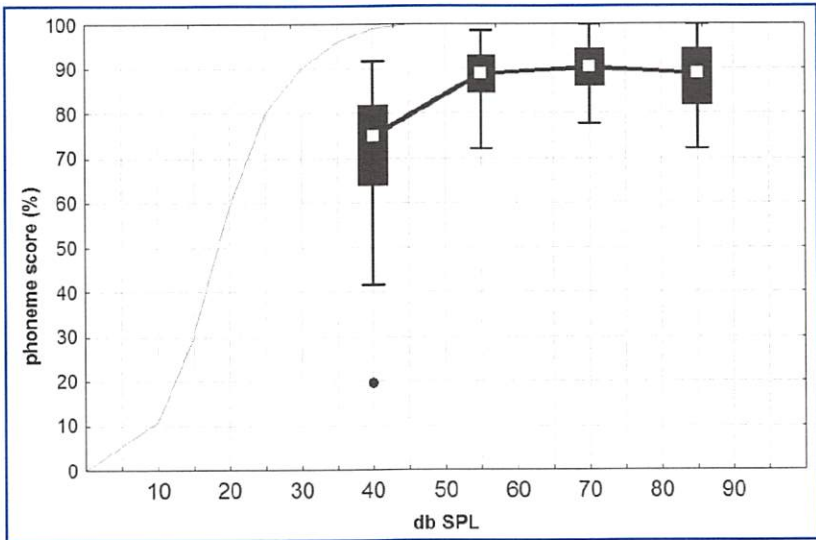


Figure 1 : Box Plots représentant les scores (phonèmes) des 27 sujets à l'audiométrie vocale en fonction de l'intensité (dB HL)

L'analyse entre l'âge et les scores montre une faible corrélation significative à 70 dB ($r=0,39$) et à 85 dB ($r=0,50$). (Figure 2)

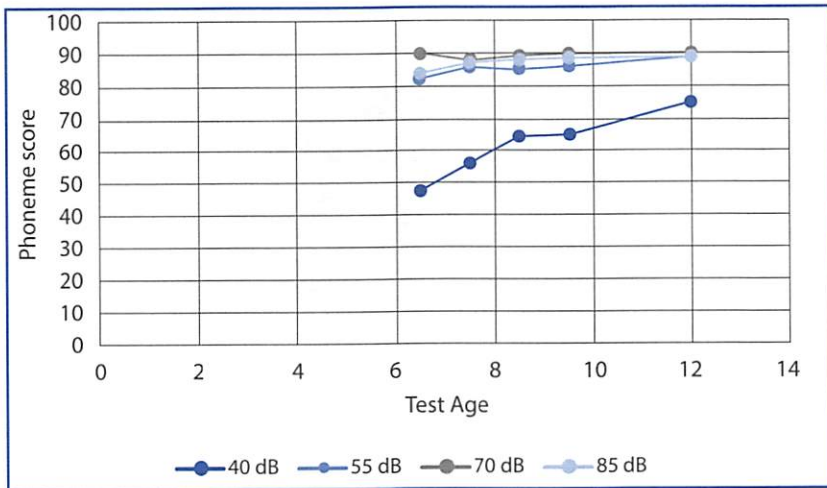


Figure 2 : Droites représentant les scores (phonèmes) à l'audiométrie vocale en fonction de l'âge (années) selon l'intensité (dB HL)

Enquête téléphonique

Logopédie

Sur les 25 parents qui ont répondu à l'enquête téléphonique, 100 % des enfants bénéficient ou ont bénéficié d'une prise en charge logopédique. Celle-ci a débuté :

- avant ou à partir de la mise en place de l'implant cochléaire pour 80 % des enfants (dont 4 enfants à un âge précoce à 4-5 mois),
- en maternelle pour 20 % d'entre eux.

Cette prise en charge logopédique est de courte durée pour 17 % des enfants car elle a pris fin en maternelle alors que, pour 83 % des enfants, elle s'est poursuivie à l'école primaire.

Scolarité

76 % des enfants suivent un enseignement en intégration : 44 % avant l'âge de 3 ans, 28 % entre 4 et 6 ans et 4 % à l'école primaire. 72 % des enfants ne présentent pas de difficultés scolaires spécifiques selon les parents et 4 % ont doublé. Dans toutes les familles, la langue parlée à la maison est le néerlandais.

24 % des enfants (N=6) fréquentent une école spécialisée. Deux de ces enfants, présentent des difficultés motrices, un enfant des problèmes psychologiques et comportementaux et pour deux autres, il s'agit de problèmes de développement du langage oral (Figure 3). Pour les deux enfants qui sont dans une école spécialisée en raison de difficultés langagières, la langue maternelle n'est pas le néerlandais.

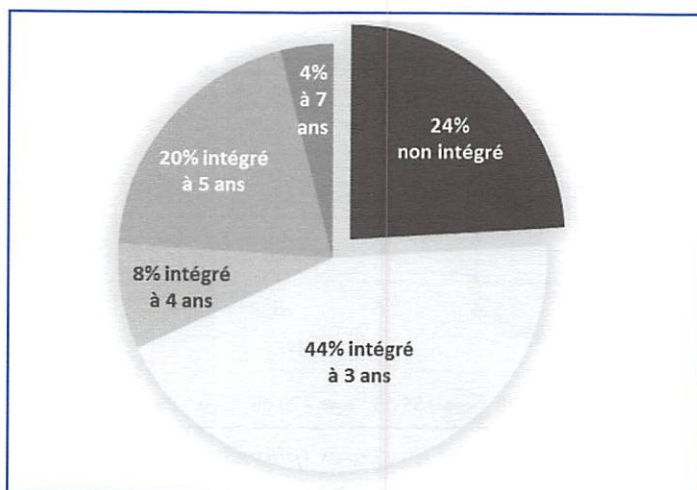


Figure 3 : Répartition des enfants IC selon leur type d'enseignement.

◆ Discussion

L'approche vis-à-vis des enfants nés sourds a drastiquement changé depuis la mise en place systématique du dépistage néonatal. En effet, de par ce diagnostic précoce, les enfants sont appareillés conventionnellement dès leur jeune âge. Vers 6-10 mois, l'indication d'un IC peut être posée. L'enfant est alors implanté vers l'âge de 10 mois.

Il est tout à fait établi et reconnu que bien entendre, dans les premiers mois de la vie, est crucial pour le développement langagier. La prise en charge précoce de la perte auditive a des conséquences sur le suivi. Celui-ci n'est plus le même qu'il y a quelques années ; l'enfant et sa famille ont d'autres besoins. Les centres se sont spécialisés dans l'accompagnement de l'enfant sourd dans ses milieux de vie (famille, crèche, école), afin de faciliter son intégration.

Les enfants avec surdité profonde congénitale implantés précocement obtiennent des résultats très satisfaisants dans le domaine du langage oral. Au niveau audiologique, les recherches sont plus rares. Cela s'explique, notamment, par la difficulté d'utiliser un test différent de l'audiométrie tonale. L'autre test « standard » est l'audiométrie vocale. Cette dernière est intrinsèquement liée aux capacités langagières de l'enfant et à d'autres processus cognitifs. Notre étude a pour objectif d'investiguer les résultats à l'audiométrie vocale, d'enfants implantés cochléaires avant l'âge d'1 an. L'audiométrie vocale est réalisée dans les mêmes conditions que pour un adulte, c'est-à-dire avec des listes de mots monosyllabiques (listes NVA adultes) enregistrées.

Les résultats montrent des scores proches de la normalité (100 %) aux intensités 55, 70 et 85 dB. Même aux faibles intensités (40 dB), les patients obtiennent un score de 75 % ! De plus, la disparité des scores est faible, ce qui implique que ce bon niveau est atteint chez tous les enfants de cette cohorte, le score minimal à 70 dB SPL étant 78 % avec un P10 = 82% et un P25= 86%. Etant donné que le P10 (Doran et Jenkinson, 2016) ou le P25 (Leigh *et al.*, 2016) sont souvent pris comme critères d'indication pour un IC, les critères audiologiques actuels (surdité profonde) pour un implant cochléaire ne sont-ils pas trop stricts ? Sachant qu'un enfant avec une perte auditive sévère ne satisfait pas aux conditions d'octroi d'un IC, n'est-il pas désavantagé par rapport à son pair avec une surdité profonde ? En effet, il n'est pas évident d'obtenir des scores comparables avec un appareil auditif conventionnel chez des enfants avec une perte modérée (Holenweg et Kompis, 2010 ; Rupasinghe *et al.*, 2014). Soulignons, qu'à notre connaissance, il n'existe que très peu d'articles donnant les résultats à l'audiométrie vocale d'enfants appareillés bilatéralement conventionnellement.

L'enquête téléphonique met en évidence que tous les enfants de cette cohorte ont bénéficié d'une prise en charge logopédique qui a débuté, pour presque tous, au même moment que l'implantation, c'est-à-dire dans la première année de la vie et qui se poursuit jusqu'en primaire. En Belgique, la logopédie est toujours remboursée chez les personnes présentant une perte auditive. Chez les enfants implantés cochléaires, un des objectifs de la prise en charge logopédique est de stimuler le codage auditif. Il n'est pas évident de quantifier l'impact de la logopédie sur les résultats à l'audiométrie vocale.

La majorité (76 %) des enfants est intégrée dans l'enseignement ordinaire, pour la plupart des enfants dès l'école maternelle. Dans tous les cas, l'intégration est accompagnée d'une aide spécialisée à laquelle les enfants avec perte auditive ont droit pendant 4 périodes par semaine et qui est organisée par les centres de réadaptation. Mais ceci étant, 24 % des enfants restent encore dans une école spécialisée. Précisons que seuls deux de ces enfants (8 % de la cohorte) sont dans une école spécialisée pour retard du développement langagier. Ces 2 enfants sont issus de deux familles bilingues, c'est-à-dire où la langue parlée à la maison n'est pas uniquement le néerlandais. Parmi les 4 autres enfants (16 % de la cohorte), 2 ont une infection cytomégalovirus (CMV), 1 est quadriplégique et 1 est autiste avec des troubles comportementaux sévères. Les données retrouvées dans la littérature concernant le nombre d'enfants implantés cochléaires ne suivant pas un enseignement ordinaire varient de 5 à 33 % (Geers *et al.*, 2011 ; Oliver, 2013). Cela signifie que dans cette cohorte, l'intégration scolaire n'est pas limitée principalement par des raisons langagières, excepté dans 2 cas d'enfants élevés dans un milieu bilingue. Seulement 4 % des enfants implantés cochléaires bilingues fréquentent l'enseignement ordinaire dans l'étude de Ozgul *et al.* (2014).

Ceci confirme d'autres observations retrouvées dans la littérature stipulant que les résultats à des tests vocaux sont moins bons quand l'enfant évolue dans un environnement linguistique bilingue plutôt que monolingue (Teschendorf *et al.*, 2011).

◆ Conclusion

Les résultats suggèrent que les enfants implantés avant l'âge d'1 an présentent des résultats à l'audiométrie vocale (listes de mots monosyllabiques pour les adultes) proches de la norme attendue. Les améliorations ne sont pas seulement attribuables à l'âge ; elles sont aussi liées aux processeurs vocaux et à la capacité d'apprentissage du logiciel d'aide aux réglages utilisant l'intelligence artificielle, FOX®. Ce dernier propose des modifications qui améliorent encore sensiblement la MAP du patient.

La majorité des enfants est intégrée en enseignement ordinaire, la plupart dès la maternelle. Seuls 8 % ne sont pas intégrés en raison de leur développement langagier et ces 8 % (2 cas) évoluent dans un environnement bilingue. Les 16 % restants qui ne sont pas intégrés présentent une infection congénitale CMV ou un handicap associé comme une quadriplégie et de l'autisme.

Il est donc interpellant que des enfants avec une perte profonde aient de meilleurs résultats que beaucoup de leurs pairs avec une perte sévère. Dès lors, la question se pose quant à l'élargissement des indications de pose d'un implant cochléaire.

RÉFÉRENCES

- BATTMER, R-D., BOREL, S., BRENDEL, M., BUCHNER, A., COOPER, H., FIELDEN, C., GAZIBEGOVIC, D., GOETZE, R., GOVAERTS, P., KELLEHER, K., LENARTZ, T., MOSNIER, I., MUFF, J., NUNN, T., VAERENBERG, B. ET VANAT, Z. (2014). Assessment of "Fitting to Outcomes Expert" FOX with new cochlear implant users in a multi-centre study. *Cochlear Implants International*.
- BERMEJO, I., DIEZ, F.J., GOVAERTS, P.J. ET VAERENBERG, B. (2013). A Probabilistic Graphical Model for Tuning Cochlear Implants. In : Peek N, Marin Morales R, Peleg M. (Eds.). *Artificial Intelligence in Medicine*. Springer-Verlag (Berlin-Heidelberg), 150-155.
- BRADHAM, T. S. ET HOUSTON, T. K. (2005). Assessing listening and spoken language in children with hearing loss. *Plural Publishing*.
- CLEARY, M., PISONI, D.B. ET GEERS, A.E. (2001). Some measures of verbal and spatial working memory in eight- and nine-year-old hearing-impaired children with cochlear implants *Ear and Hearing*. 22 (5) : 395-411.
- COENE, M., SCHAUWERS, K., GILLIS, S., ROORYCK, J. ET GOVAERTS, P.J. (2011). Genetic predisposition and sensory experience in language development : evidence from cochlear implanted children. *Language and Cognitive processes*. *Language and Cognitive Processes*. 26 (8) : 1083-101.
- COENE, M. ET GOVAERTS, P.J. (2014). The development of oral language in children with bilateral hearing loss : From speech perception to morphosyntax. *Lingua*. 139 : 1-9.
- CONNOR, C.M., CRAIG, H.K., RAUDENBUSH, S.W., HEAVNER, K. ET ZWOLAN, T.A. (2006) The age at which young deaf children receive cochlear implants and their vocabulary and speech-production growth : is there an added value for early implantation ? *Ear and Hearing*. 27 (6) : 628-44.
- CULLINGTON, H., KITTERICK, P., DEBOLD, L., WEAL, M., CLARKE, N., NEWBERRY, E. ET AUBERT, L. (2016). Personalised long-term follow-up of cochlear implant patients using remote care, compared with those on the standard care pathway : study protocol for a feasibility randomised controlled trial. *BMJ Open*.
- DAVIDSON, L.S., GEERS, A.E., BLAMEY, P.J., TOBEY, E.A. ET BRENNER, C.A. (2011). Factors contributing to speech perception scores in long-term pediatric cochlear implant users. *Ear and Hearing*, 32 (1) : 19-26.
- DILLON, C.M., DE JONG, K. ET PISONI, D.B. (2012). Phonological awareness, reading skills, and vocabulary knowledge in children who use cochlear implants. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*. 17 (2) : 205-226.
- FAGAN, M.K., PISONI, D.B., HORN, D.L. ET DILLON, C.M. (2007). Neuropsychological correlates of vocabulary, reading, and working memory in deaf children with cochlear implants. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*. 12 (4) : 461-71.
- Florin, C. et Guyonvarho, C. (2002). Validation d'un nouvel outil d'évaluation des capacités de communication de l'adulte malentendant : le bilan de compétence. Etude réalisée auprès de 31 patients implantés cochléaires. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Certificat de Capacité en Orthophonie non publié, Université Paris IV Pitié-Salpêtrière, Paris.
- GANEK, H., MCCONKEY, R. A. ET NIPARKO, J.K. (2012). Language outcomes after cochlear implantation. *Otolaryngologic Clinics of North America*. 45 (1) : 173-185.
- GEERS, A., BRENNER, C. ET DAVIDSON, L. (2004). Speech, language, and reading skills after early cochlear implantation. *Archives of Otolaryngology-Head et Neck surgery*, 130 (5) : 634-638.
- GEERS, A., BRENNER, C. ET TOBEY, E.A. (2011). Long-term outcomes of cochlear implantation in early childhood : sample characteristics and data collection methods. *Ear and Hearing*. 32 (1) : 2-12.
- GONTHIER, I., DESROCHERS, A., THOMPSON, G., LANDRY, D. (2009). Imagery norms and subjective frequency of 1,760 monosyllabic words in the French language. *Canadian Journal of Experimental Psychology*. 63 (2) : 139-149.

- GOVAERTS, P.J., DE BEUKELAER, C., DAEMERS, K., DE CEULAER, G., YPERMAN, M., SOMERS, T., SCHATTEMAN, I. ET OFFECIERS, F.E. (2002) Outcome of cochlear implantation at different ages from 0 to 6 years. *Otology and Neurotology* 23 (6) : 885-90.
- GOVAERTS, P.J., VAERENBERG, B., DE CEULAER, G., DAEMERS, K. ET SCHWAUWERS, K. (2010). Development of a software tool using deterministic logic for the optimization of cochlear implant processor programming. *Otology and Neurotology*. 31 (6) : 908-18.
- HAMMER, A., COENE, M., ROORYCK, J., GILLIS, S. ET GOVAERTS, P. (2010). The relation between early implantation and the acquisition of grammar. *Cochlear Implants International*. 2010. 11 (1) : 302-305.
- HOLENWEIG, A. ET KOMPIS, M. (2010). Non-organic hearing loss : New and confirmed findings. *Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 267 (8) : 1213-1219.
- HORN, D.L., DAVIS, R.A., PISONI, D.B. ET MIYAMOTO, R.T. (2004). Visuomotor integration ability of pre-lingually deaf children predicts audiological outcome with a cochlear implant : a first report. *International Congress Series*. 1 : 356-359.
- MARKMAN, T.M., QUITTNER, A.L., EISENBERG, L.S., TOBEY, E.A., THAL, D., NIPARKO, J.K. ET WANG, N.Y. (2011). Language development after cochlear implantation : an epigenetic model. *Journal of Neurodevelopmental Disorder*. 3 (4) : 388-404.
- OLIVER, J. (2013). New expectations : pediatric cochlear implantation in Japan. *Cochlear Implantation International*. 14 : 13-17.
- ORZAN, E., MUZZI, E., MARCHI, R., FALZONE, C., BATTELLINO, S. ET CICIRIELLO, E. (2016). Achieving early functional auditory access in paediatric cochlear implantation *Acta Otorhinolaryngologica Italica*, 36 : 45-50.
- PEIXOTO, M.C., SPRATLEY, J., OLIVEIRA, G., MARTINS, J., BASTOS, J. ET RIBEIRO, C. (2013). Effectiveness of cochlear implants in children : long term results. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 77 (4) : 462-468.
- PETERSON, N.R., PISONI, D.B. ET MIYAMOTO R. T (2010). Cochlear implants and spoken language processing abilities : review and assessment of the literature. *Restorative Neurology and Neuroscience*. 28 (2) : 237-250.
- SENKAL, O.A., HIZAL, E., YAVUZ, H., YILMAZ, I. ET OZLUOGLU, L.N. (2014). Short-term results of Neurelec Digisonic SP cochlear implantation in prelingually deafened children. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 271 (6) : 1415-22.
- TANAMATI, L.F., BEVILACQUA, M.C. ET COSTA, O.A. (2012). Cochlear implant in postlingual children : functional results 10 years after the surgery. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 78 (2) : 103-10.
- SCHAUWERS, K., GILLIS, S., DAEMERS, K., DE BEUKELAER, C., DE CEULAER, G., YPERMAN, M. ET GOVAERTS, P.J. (2004). Normal hearing and language development in a deaf-born child. *Otology and Neurotology*. 25 : 924-929.
- SCHAUWERS, K., GILLIS, S., DAEMERS, K., DE BEUKELAER, C. ET GOVAERTS, P.J. (2004). Cochlear implantation between 5 and 20 months of age : the onset of babbling and the audiological outcome. *Otology et Neurotology*. 25 (3) : 263-70.
- SCHAUWERS, K., GILLIS, S. ET GOVAERTS, P. (2005). Language acquisition in children with a cochlear implant. In : P Fletcher et JF Miller (Eds.) Trends in Language Acquisition Research 4 : Developmental Theory and Language Disorders. John Benjamins, Amsterdam.
- SCHAUWERS, K., GILLIS, S. ET GOVAERTS, P. (2008). The characteristics of prelexical babbling in hearing-impaired children after cochlear implantation between 5 and 20 months of age. *Ear and Hearing* ; 29 (4) : 627-637.
- TUKEY, J.W. (1977). Exploratory data analysis. Reading, Massachusetts : Addison-Wesley.
- VAERENBERG, B., GOVAERTS, P., DE CEULAER, G., DAEMERS, K. ET SCHAUWERS, K. (2010). Experiences of the use of FOX, an intelligent agent, for programming cochlear implant sound processors in new users. *International Journal of Audiology*. 00:1-9

- VAERENBERG, B., GOVAERTS, P.J., DE CEULAER, G., DAEMERS, K. ET SCHWAUWERS, K. (2011). Experiences of the use of FOX, an intelligent agent, for programming cochlear implant sound processors in new users. *International Journal of Audiology*. 50 : 50-58.
- VAERENBERG, B., GOVAERTS, P.J., STAINSBY, T., NOPP, P., GAULT, A. ET GNANSIA D. A. (2014). Uniform graphical representation of intensity coding in current generation cochlear implant systems. *Ear and Hearing*. 35 (5) : 533-43.
- VAERENBERG, B. DE CEULAER, G., SZLÁVIK, Z, MANCINI, P., BUECHNER, A. ET GOVAERTS, P.J. (2014). Setting and reaching targets with computer-assisted cochlear implant fitting. *The Scientific World Journal*. 1-8.
- VAERENBERG, B., SMITS, C., DE CEULAER, G., ZIR, E., HARMAN, S., JASPERS, N., TAM, Y., DILLON, M., WESARG, T., MARTIN-BONNIOT, D., GÄRTNER, L., COZMA, S., KOSANER, J., PRENTISS, S., SASIDHARAN, P., BRIAIRE, J., BRADLEY, J., DEBRUYNE, J., HOLLOW, R., PATADIA, R., MENS, L., VEEKMANS, K., GREISIGER, R., HARBOUN-COHEN, E., BOREL, S., TAVORA-VIEIRA, D., MANCINI, P., CULLINGTON, H., NG, A., WALKOWIAK, A., SHAPIRO, W.H. ET GOVAERTS, P.J. (2014). Cochlear implant programming : a global survey on the state of the art. *The Scientific Journal World* ; Article ID 501738 : 1-12.
- VINCENTI, V., BACCIU, A., GUIDA, M., MARRA, F., BERTOLDI, B., BACCIU, S. ET PASANISI, E. (2014). Pediatric cochlear implantation : an update. *Italian Journal of Pediatrics*. 2:40-72.
- WALTZMAN, S.B. ET ROLAND, J.T. J.-R. (2005). Cochlear implantation in children younger than 12 months. *Journal of Pediatrics*. 116 (4) : 487-493.
- WOLFE, J. ET SCHAFFER, E. (2015). Programming Cochlear Implants – second edition, San Diego : *Plural Publishing*.
- WOUTERS, J., DAMMAN, W. ET BOSMANS, A. (1995). Evaluation of Flemish-Dutch materials for speech audiometry. Proceedings of the European Conference on Audiology, Noorderwijkerhout, The Netherlands. 417-420.