



HAL
open science

Production de parole et perception de sons et de parole par les enfants sourds porteurs d'un implant cochléaire

Lucie Scarbel

► **To cite this version:**

Lucie Scarbel. Production de parole et perception de sons et de parole par les enfants sourds porteurs d'un implant cochléaire. Linguistique. 2011. dumas-00608078

HAL Id: dumas-00608078

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00608078>

Submitted on 12 Jul 2011

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

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



Production de parole et perception de sons et de parole par les enfants sourds porteurs d'un implant cochléaire

Lucie SCARBEL

UFR Sciences du Langage

Mémoire de master 1 recherche - 30 crédits - Sociolinguistique et acquisition du
langage

Parcours : Corpus et analyse

Sous la direction de Anne VILAIN

Année universitaire 2010-2011

Mots-Clés : Implant cochléaire, enfants, production, perception

RESUME

Depuis l'invention de l'implant cochléaire en 1978, qui permet à de nombreux sourds de récupérer un signal auditif, beaucoup d'études ont été réalisées pour comprendre le développement de l'acquisition de la parole par les sourds implantés. Ces différentes études ont été menées d'abord sur des adultes implantés puis chez des enfants implantés, un des buts étant de comprendre le rôle de l'âge d'implantation chez les enfants.

Pour notre part, nous nous sommes intéressés à la production de parole et à la perception de son des enfants implantés en décrivant et synthétisant un panel d'études menées sur le sujet ; ceci afin de comprendre quels sont les apports et les limites de l'implant cochléaire.

Selon ces études, l'implant semble être un apport en développement vocal précoce, en production lexicale, c'est-à-dire en vocabulaire, ainsi qu'en perception phonologique et lexical, c'est-à-dire en compréhension de phonèmes et de vocabulaire.

En revanche, l'implant semble avoir un intérêt limité pour ce qui est de la reconnaissance de voix et de la prosodie et de l'intelligibilité de parole.

Cependant il serait intéressant de comparer la voix d'enfants sourds implantés et celles d'enfants sourds non implantés, pour comprendre dans quelle mesure la qualité de voix et l'intelligibilité de parole des enfants implantés est limitée.

Keywords: cochlear implant, children, production, perception

ABSTRACT

Since the cochlear implant's invention in 1978, which contribute to the recuperation of an auditory signal for al lot of deaf people, much of studies have been realized to understand the development of the acquisition of speech by deaf implanted people. These studies have been done on adult subjects and later on children subjects, one of the goal was to understand the role of age implantation on children.

We interested on the speech production and the sounds perception of deaf hearing implanted children by describe and synthesised a sample of studies on this subject to understand what are bringing-in and limits of cochlear implant.

According to these studies, cochlear implantation seems to be a bringing-in of vocal development and of phonological and lexical perception, in the vocabulary production for example and of phonological and lexical perception, namely oh phoneme and vocabulary comprehension

On the other hand, cochlear implantation seems to be a limit to voice recognition and to prosody and speech intelligibility.

However, it will be interesting to compare deaf hearing implanted children's voice and those of deaf non implanted children, to understand in which measure voice's quality and speech intelligibility of hearing implanted children is limited.

Remerciements

Je remercie tout particulièrement Anne, d'avoir été aussi disponible pour moi et de m'avoir si gentiment encadrée. Merci d'avoir été aussi passionnante et passionnée pendant les cours de L1 de phonétique-phono, sans lesquels je n'aurais pas travaillé sur le développement de l'enfant. Merci de m'avoir si agréablement présenté Paris à pied et à vélo. Merci également pour les conseils et la transmission de sa passion du vélo et des voyages en vélo.

Merci à Hélène Loevenbruck pour le temps passé à la lecture et à la soutenance de ce mémoire.

Merci à l'équipe PCMD et aux membres du Gipsa-lab pour leur accueil chaleureux.

Je remercie ma sœur pour l'énergie déployée dans la correction des multiples coquilles de mon mémoire ;

Merci à Chloé et Jeanne pour leur soutien sans failles ou presque dans les grands moments de solitude (si on oublie que Jeanne est une chouchoute), merci pour les corrections et traductions de mon abstract, merci aussi pour les pauses goûter sans quoi je n'aurais pas été si productive, et enfin merci à Jeanne pour le soutien dans l'apprentissage des rudiments de LSF ;

Merci Maria pour sa gentillesse et ses conseils ;

Merci à Anne Vampé pour les conseils de mise en page ;

Merci à Lionel, pour le partage du bureau (et désolée pour le dérangement), ainsi que pour les questions pertinentes qu'il m'a posées.

Table des matières

Table des figures	6
Introduction.....	8
1. L'implantation chez les enfants sourds.....	10
1.1. Fonctionnement de l'implant	10
1.1.1. L'audition.....	10
1.1.2. La surdité	12
1.1.3. L'implant.....	14
1.2. Rôle de l'âge d'implantation	19
1.3. Avis sur l'implant cochléaire	26
1.3.1. Position de la communauté sourde	26
1.3.2. Avis du corps médical	28
1.3.3. Les avis des parents d'enfants implantés	29
1.4. Qualité de vie des enfants implantés.....	31
2. Production	38
2.1. Déroulement du développement vocal	38
2.1.1. Age de début du babillage.....	38
2.1.2. Chronologie du développement	39
2.1.3. Type de babillage.....	40
2.1.4. Contenu du babillage	42
2.2. Développement phonologique.....	43
2.2.1. Prosodie	43
2.2.2. Voyelles.....	47
2.2.3. Consonnes	52
2.2.4. Syllabes et compatibilité articulaire	56
2.2.5. Intelligibilité de parole.....	60
2.3. Niveau lexical	61
2.3.1. Prosodie	61
2.3.2. Type de mots produits.....	64
2.3.3. Précision des productions	66
2.3.4. Vocabulaire	70
3. Perception de la parole et des sons par les enfants porteurs d'un implant cochléaire	74
3.1. Perception des sons.....	74

3.1.1.	Perception de sons purs, de fréquence, de durée et d'intensité de son	74
3.1.2.	Reconnaissance des voix.....	78
3.2.	Perception de la parole au niveau phonologique	82
3.2.1.	Sensibilité phonologique	82
3.2.2.	Lecture labiale.....	84
3.3.	Perception de la parole au niveau lexical	85
3.3.1.	Perception de vocabulaire.....	85
3.3.2.	Outils d'évaluation de la compréhension.....	91
	Conclusion.....	92
	Bibliographie.....	96
	Annexe	99

Table des figures

Figure 1: Schéma de l'oreille	11
Figure 2: Distribution des fréquences dans la cochlée humaine. (http://users.skynet.be/illusionsauditives/images/l%27ouie4.jpg)	11
Figure 3: Courbe audiométrique de l'oreille humaine	12
Figure 4 : Les degrés de surdité	13
Figure 5: Partie externe d'un implant sans boîtier ; Marque Cochlear à (http://www.cochlear.com/files/assets/nucleus-5/adult/lp_products_cn5_02.jpg)	15
Figure 6: Partie externe d'un implant avec boîtier ; Marque MedEl �.....	15
Figure 7: Partie externe d'un implant sans contour d'oreille ; Marque Advanced-Bionic à (http://www.implant-cochleaire.com/CISIC/media/implant/ab-platinum.jpg)	16
Figure 8: Partie interne d'un implant cochléaire – Marque Advanced Bionic �	17
Figure 9: Le fonctionnement d'un implant cochléaire	18
Figure 10: Durée moyenne des productions en fonction de l'âge d'implantation et de la durée d'utilisation de l'implant. (Grant Nicholas & Geers, 2007).....	23
Figure 11: Caractéristiques des groupes d'enfants implantés. (Warner-Czyz et al. 2011)	34
Figure 12: Réponses des enfants implantés concernant leur qualité de vie avec l'implant cochléaire. (Warner-Czyz et al. 2011)	36
Figure 13: Relations entre l'âge d'implantation et l'âge au développement vocal. (Ertmer et al. 2007).....	40
Figure 14: Proportion des groupes intonatifs bien formés et perturbés selon l'âge d'implantation (LeNormand & Lacheret 2008)	45
Figure 15: Proportion de groupes intonatifs bien formés et perturbés en fonction des locuteurs (IC= implantation) (LeNormand & Lacheret 2008)	46
Figure 16: Proportion des types d'erreurs en fonction des locuteurs. (LeNormand & Lacheret 2008)	46
Figure 17 : Perception de la qualité des voyelles (Warner-Czyz, A. D. 2010)	51
Figure 18 : Durée des voyelles (Warner-Czyz, A. D. 2010).....	51
Figure 19: Précision des voyelles (Warner-Czyz, A. D. 2010).....	52
Figure 20: Précision des consonnes (Warner-Czyz, A. D. 2010).....	55
Figure 21: Evolution des types de mots post-implantation (Ertmer et al. 2003).....	65
Figure 22: Résultat du Language Development Scale (Ruggirello & Mayer 2010)...	72
Figure 23: Résultats des enfants implantés à l'échelle MAIS. (Sanchez et al. 2006)	75
Figure 24: Résultats de perception de durée de son (Sanchez et al. 2006)	76
Figure 25: Résultats de perception de fréquences de son (Sanchez et al. 2006).....	76
Figure 26 : Résultats de perception d'intensité de son (Sanchez et al. 2006)	77
Figure 27: Résultats d'identification du nombre de syllabes (Sanchez et al. 2006)..	77
Figure 28: Résultats d'identification de cris d'animaux (Sanchez et al. 2006)	78
Figure 29: Pourcentage de réponses correctes selon les conditions.....	79
Figure 30: Score de perception en fonction du locuteur à identifier. (Vongpaisal et al. 2010)	80
Figure 31: Résultats des enfants entendants et des enfants implantés selon les conditions.	81
Figure 32: Résultats des enfants implantés dans les deux expériences (Vongpaisal et al. 2010).....	82

Figure 33: Résultats de l'enfant implantée au test PLS (Ruggirello & Mayer 2010) .	86
Figure 34: Résultats d'identification de mots par les enfants implantés (Sanchez et al. 2006)	87
Figure 35: Identification de phrases simples par les enfants implantés (Sanchez et al. 2006).....	87
Figure 36: Résultat d'identification de phrases complexes (Sanchez et al. 2006)..	88
Figure 37: Triangle vocalique du sujet sourd	94
Figure 38: Résultats par enfants du SAEVD-R (Etude d'Ertmer, 2007).....	99

Introduction

On dénombre environ 278 millions de sourds dans le monde. Depuis la découverte de la surdité, de nombreux médecins ou autres guérisseurs ont cherché des méthodes, plus ou moins archaïques, pour permettre aux sourds d'entendre. Du cornet acoustique servant d'amplificateur de sons utilisé pendant le 18^e et 19^e siècle, on est passé à l'appareillage classique à partir du 20^e siècle. Cet appareillage ne pouvant pas être utilisé par tous les sourds, en 1978, Graeme Clark inventa l'implant cochléaire, composé d'une partie interne et d'une partie externe, qui sera utilisé d'abord aux Etats-Unis, sur les adultes à partir de 1984 et sur les enfants à partir de 1990 et apportera un stimulus auditif à un plus grand nombre de sourds. Les sourds porteurs d'un implant cochléaire ont donc un retour auditif sur leur propre voix, et sont également capables de percevoir la parole de leurs interlocuteurs.

Au début de l'implantation cochléaire, les sourds étaient implantés tardivement, cependant depuis les années 2000, on implante les sourds de plus en plus tôt, d'autant plus qu'avec les tests néonataux, les médecins ont la possibilité de découvrir la surdité dans les premiers jours de la vie d'un nourrisson. Schauwers (2004) étudie par exemple une enfant implantée à 5 mois. A l'heure actuelle, en France, les enfants sont implantés en général entre leur première et leur deuxième année de vie.

De nombreuses études ont été menées pour évaluer et décrire la production de parole et la perception des sons des enfants sourds implantés. Le but de notre travail sera de décrire et de synthétiser les différentes études réalisées.

Nous allons d'abord décrire le fonctionnement de l'audition et présenter les différents types de surdité, afin d'expliquer par la suite le fonctionnement de l'implant cochléaire. Nous présenterons également des études démontrant l'effet de l'âge d'implantation sur le développement des enfants implantés.

Nous décrirons ensuite l'apport de l'implant dans la vie des sourds, via les avis des professionnels du milieu médical, de la communauté sourde, des parents d'enfants implantés, et enfin à travers des études menées pour évaluer la qualité de vie des enfants implantés.

Ensuite, nous présenterons les études menées sur la production de parole des enfants implantés et leur développement langagier, en évaluant le développement du babillage, le développement phonologique et le développement lexical des enfants implantés.

Enfin, nous étudierons la perception de sons et de parole au niveau phonologique puis lexical des enfants implantés grâce aux différentes études menées sur le sujet.

1. L'implantation chez les enfants sourds

Avant de décrire les différentes études qui portent sur la production de parole et la perception par les enfants implantés, il nous a semblé important de présenter l'implant cochléaire et son fonctionnement, nécessitant au préalable l'explication du fonctionnement d'une oreille entendante puis le dysfonctionnement d'une oreille malentendante. Nous expliquerons ensuite l'importance de l'âge d'implantation à travers plusieurs études menées sur le sujet, avant de s'intéresser aux différentes opinions concernant l'implant et à la qualité de vie des enfants implantés.

Nous allons recouper un grand nombre d'études pour regrouper les informations qu'elles apportent sur différents points du développement langagier. Les études seront donc citées plusieurs fois puisqu'elles seront étudiées sous des angles différents.

1.1. *Fonctionnement de l'implant*

1.1.1. L'audition

L'oreille (Figure 1) possède trois éléments principaux : l'oreille externe, l'oreille moyenne et l'oreille interne. L'oreille externe, appelée pavillon, recueille les sons et les transmet à l'oreille moyenne via le conduit auditif. Le son, qui est une vibration de l'air, passe à travers le tympan qui le transforme en vibrations mécanique, puis celles-ci traversent les trois osselets, le marteau, l'enclume et l'étrier, avant d'aboutir à l'oreille interne. L'oreille interne est elle composée de la cochlée, du système vestibulaire et du nerf auditif. Le système vestibulaire est un organe comprenant des cellules essentielles pour l'équilibre. La cochlée, également appelée limaçon, est un organe creux osseux, de la taille d'un petit pois, empli de fluide et recouvert de cellules ciliées ressemblant à des poils, qui bougent lorsqu'elles sont stimulées par les vibrations sonores. Les cellules ciliées envoient alors un signal électrique au cerveau, grâce au nerf auditif, où le signal est interprété comme un son.

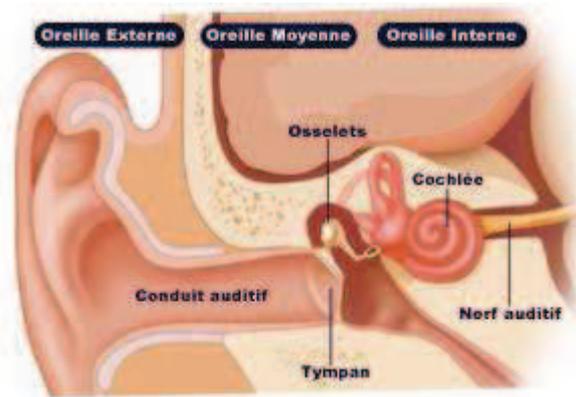


Figure 1: Schéma de l'oreille
http://www.bionicear-europe.com/UserFiles/Image/FR/ear_fr.jpg

Une oreille humaine fonctionnant correctement peut percevoir une gamme de fréquence comprise entre 20 et 20 000 Hz. Les vibrations stimulent les cellules ciliées à différents endroits de la cochlée selon leur fréquence, phénomène de tonotopie passive. (Figure 2) En effet, plus la fréquence est basse, plus elle fait vibrer les cellules profondément dans la cochlée. Ainsi, les cellules ciliées situées à l'entrée de la cochlée sont sensibles aux sons aigus c'est-à-dire aux fréquences hautes, tandis que celles situées plus profondément dans la cochlée sont sensibles aux sons graves, c'est-à-dire aux fréquences basses.

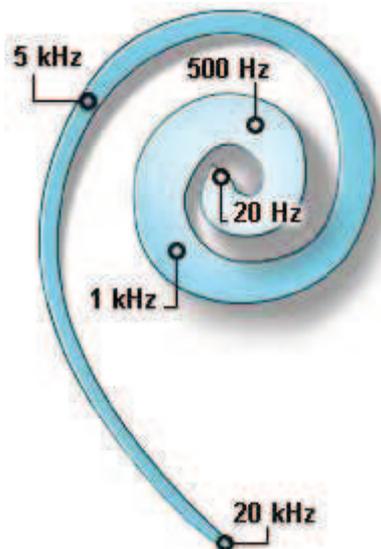


Figure 2: Distribution des fréquences dans la cochlée humaine.
<http://users.skynet.be/illusionsauditives/images/1%27ouie4.jpg>

L'oreille humaine a un seuil de perception différent selon les fréquences. Ainsi les fréquences les mieux perçues se situent entre 1 et 3 kHz. (Figure 3)

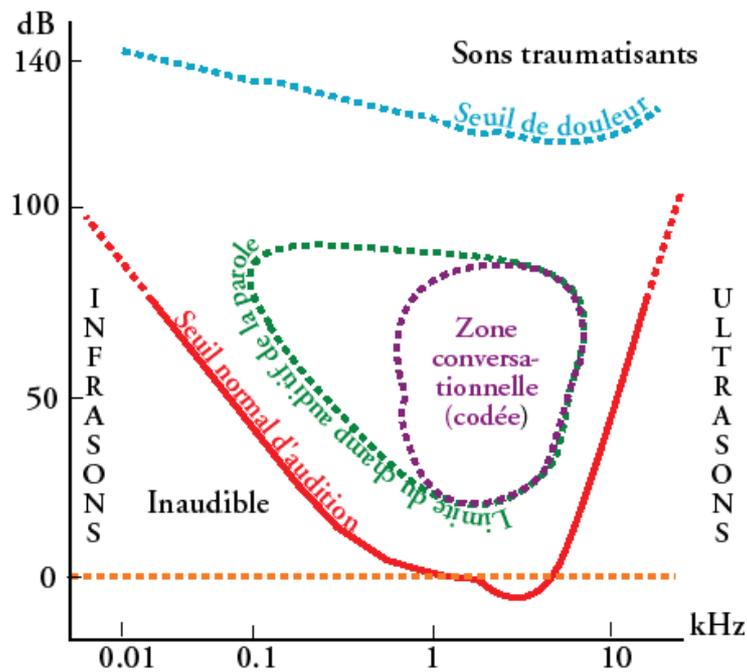


Figure 3: Courbe audiométrique de l'oreille humaine
 (http://www.ac-clermont.fr/hygiene-securite/Risques_et_ambiances/Bruit/image001.png)

1.1.2. La surdité

On dénombre trois catégories de pertes d'auditions : la surdité de transmission, la surdité cochléaire et la surdité mixte. La surdité de transmission est due à un dysfonctionnement de l'oreille externe et/ou de l'oreille moyenne, lorsque les sons ne peuvent plus parvenir jusque la cochlée, à cause de la présence d'un corps étranger ou d'un excès de cérumen dans le conduit auditif, ou encore d'une malformation des structures de l'oreille moyenne.

La surdité cochléaire se produit dans l'oreille interne. En général, elle est due à une altération des cellules ciliées, qui ne transmettent plus le signal électrique au nerf auditif. Plus les cellules ciliées sont abimées, plus la surdité sera importante.

Enfin, la surdité mixte est une combinaison des deux autres types de surdité.

On parle de surdité unilatérale lorsqu'une seule oreille est déficiente, et d'une surdité bilatérale lorsque les deux oreilles présentent une perte d'audition.

On distingue quatre niveaux de surdité (Figure 4), en fonction des degrés de perte d'audition qui sont définis chez les adultes et les enfants. Pour évaluer le degré de surdité, on fait la moyenne des pertes d'audition pour la meilleure oreille pour les

fréquences de 500, 1000 et 2000 Hz. On considère que l'audition est normale entre 0 et 20 dB de perte.

Entre 20 et 40 dB de perte, il s'agit d'une surdité légère, où la parole est perçue, même si certains éléments phonologiques ne sont pas audibles, ce qui entraîne une fatigue et parfois une difficulté d'attention et de compréhension. A partir de 30 dB de perte, l'enfant peut être appareillé s'il présente trop de problèmes de compréhension. On considère que l'enfant est atteint d'une surdité moyenne lorsqu'il présente une perte de 40 à 70 dB. Il ne perçoit la parole que lorsqu'elle est forte. A partir de 55 dB de perte, l'enfant ne comprend plus la parole crüe mais il la perçoit. Il aura également des troubles de langage importants et l'appareillage et la rééducation seront obligatoires.

On parle de surdité sévère entre 70 et 90 dB de perte. Dans ce cas, pour une acquisition de la parole, l'enfant a besoin d'un appareillage, d'une rééducation et d'un apprentissage de la lecture labiale.

Entre 90 et 120 dB de perte, la surdité est appelée surdité profonde. L'enfant ne perçoit pas la voix. Enfin, à partir de 120 dB de perte, on parle de surdité totale.

Dans ces deux cas, si le type de surdité le permet, c'est-à-dire si c'est la cochlée qui est déficiente, l'enfant peut être implanté avec l'implant cochléaire qui lui permettra de récupérer le plus d'informations auditives possible, puisqu'un appareillage classique se révélerait inefficace.

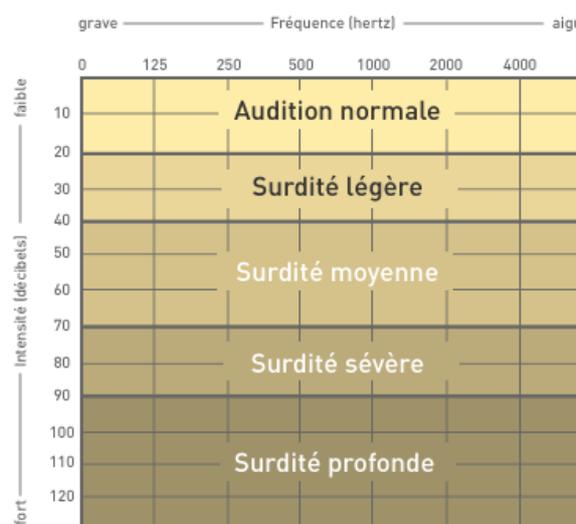


Figure 4 : Les degrés de surdité
(http://www.cis-basse-normandie.fr/photos/niveaux_surdite.gif)

Les sourds peuvent communiquer de plusieurs manières : la LSF, le Français Signé, le français oral associé ou non à la LPC.

La LSF, Langue des Signes Française, est une langue gestuelle ; elle est considérée comme la langue des sourds. Cette langue est composée d'une grammaire complexe, différente de celle du français. On parle de bilinguisme lorsque le sourd utilise la LSF et le français écrit.

Le français signé est une combinaison de la langue orale française et de quelques signes tirés de la LSF utilisés pour la compréhension.

Les sourds peuvent également utiliser le français oral et écrit, on parlera dans ce cas d'oralisme. Le français peut être associé à la LPC, la Langue Parlée Complétée, qui est une aide à la lecture labiale, constituée d'un système de codage manuel des sons de la parole. Ce code est composé d'une série de huit gestes simples, effectués avec la main droite associés à cinq emplacements au niveau du visage.

Les enfants sourds, en France, ont accès à plusieurs types de scolarisation, principalement en fonction du mode de communication utilisé par les parents. Les enfants peuvent être scolarisés en classe spécialisée à l'intérieur des établissements scolaires, les CLIS. Ils peuvent être dans des établissements spécialisés comme par exemple dans les Instituts Nationaux des Jeunes Sourds, où le bilinguisme LSF/français est favorisé. Sinon, certains enfants sont intégrés à des classes entendantes, souvent accompagnés d'une AVS (Assistante de Vie Scolaire) et/ou d'un traducteur en LSF ou d'un codeur LPC.

1.1.3. L'implant

A l'heure actuelle, il existe divers implants dans le monde, produits par quatre fabricants : Cochlear®, Neurelec®, Advanced Bionic® et Med El®.

L'implant est composé de deux parties : une partie interne et une partie externe. La partie interne est similaire sur les différents modèles d'implants, alors qu'on trouve plusieurs types de parties externes.

La partie externe comprend en général quatre parties : l'antenne émettrice, le processeur, les batteries et le micro.

Le micro, les batteries et le processeur peuvent être placés à différents endroits selon les modèles d'implant. Certains modèles (Figure 5) comportent un contour d'oreille comprenant à la fois les piles permettant de faire fonctionner l'implant, le processeur et le micro.



Figure 5: Partie externe d'un implant sans boîtier ; Marque Cochlear®
(http://www.cochlear.com/files/assets/nucleus-5/adult/lp_products_cn5_02.jpg)

D'autres modèles sont composés d'un boîtier, de la taille d'un paquet de cigarette contenant soit les piles, soit le processeur soit ces deux éléments, et d'un contour d'oreille portant le micro. (Figure 6)



Figure 6: Partie externe d'un implant avec boîtier ; Marque MedEl®
(<http://www.implant-cochleaire.com/CISIC/media/implant/medel-bte.gif>)

Enfin, un troisième type d'implant existe, qui est seulement composé d'un boîtier, le micro étant intégré à l'antenne émettrice. (Figure 7)



Figure 7: Partie externe d'un implant sans contour d'oreille ; Marque Advanced-Bionic®
(<http://www.implant-cochleaire.com/CISIC/media/implant/ab-platinum.jpg>)

Le processeur contient un ou des programmes permettant au porteur de l'implant de s'adapter à la situation ; les programmes adaptent l'apport de l'implant, en fonction du bruit environnant et de la situation de communication, c'est-à-dire si le porteur d'implant parle à une ou plusieurs personnes, s'il est dans une salle de classe où le locuteur est éloigné de lui...

Il est possible de connecter des systèmes FM au processeur ; de même, on peut relier son téléphone au processeur afin de mieux percevoir les conversations téléphoniques, ou encore son lecteur Mp3 pour écouter de la musique.

Il faut noter que les processeurs présents dans le contour d'oreille peuvent contenir moins de programmes que ceux étant placés dans un boîtier, le porteur de l'implant sera donc moins adapté aux différentes situations.

Cependant, certaines marques d'implants, comme la marque Cochlear® ou MedEl®, proposent sur leurs modèles les plus récents et les plus chers, des télécommandes appelées « assistant sans fil » permettant de changer de programme adaptatif, de modifier les paramètres de l'implant ou encore de vérifier si l'implant fonctionne bien.

L'implant est alimenté en énergie soit par des piles, soit par des batteries rechargeables. Selon les modèles on observe différentes capacités d'autonomie d'énergie, entre une journée et plusieurs jours.

L'antenne émettrice, présente sur chaque modèle d'implant, est placée au dessus de l'oreille au moyen d'un aimant et transmet les signaux électriques à la partie interne.

La partie interne (Figure 8) comporte deux éléments principaux : le récepteur (n°2 sur la figure) situé au dessus du pavillon de l'oreille, et le tube d'électrode (n°1 sur la figure), qui est inséré dans la cochlée.



Figure 8: Partie interne d'un implant cochléaire – Marque Advanced Bionic®
(<http://www.bionicear-europe.com/UserFiles/Image/Products/90K.jpg>)

Le récepteur est une petite capsule électronique, d'une épaisseur de 4 à 8 mm, constituée de céramique, de titane et d'un aimant permettant de connecter le récepteur à l'antenne. Avec les modèles d'implants les plus récents, les enfants implantés ont la possibilité de passer des IRMs, l'aimant étant adapté et compatible avec la technologie de l'IRM ou facilement retirable.

Le tube d'électrodes peut contenir entre 6 et 22 électrodes, qui stimulent le nerf de la cochlée en remplaçant les cellules ciliées.

Selon le type de fréquences touchées par la surdité et le degré d'ossification de la cochlée, le porte-électrodes est plus ou moins long, et il est inséré à différents endroits de la cochlée. De plus selon les marques, il peut être plus ou moins souple et/ou divisé en deux tubes.

On peut résumer le fonctionnement d'un implant cochléaire ainsi. (Figure 9)

Le message audio passe donc d'abord par le micro (1), puis il arrive au processeur (1) qui le code en message électronique. Le message parvient au récepteur interne (3) par l'antenne externe (2), il devient une onde électrique qui circule jusqu'aux électrodes (4). Celles-ci stimulent les fibres nerveuses de la cochlée qui envoient des impulsions électriques au cerveau (5) qui les interprétera en tant que son.

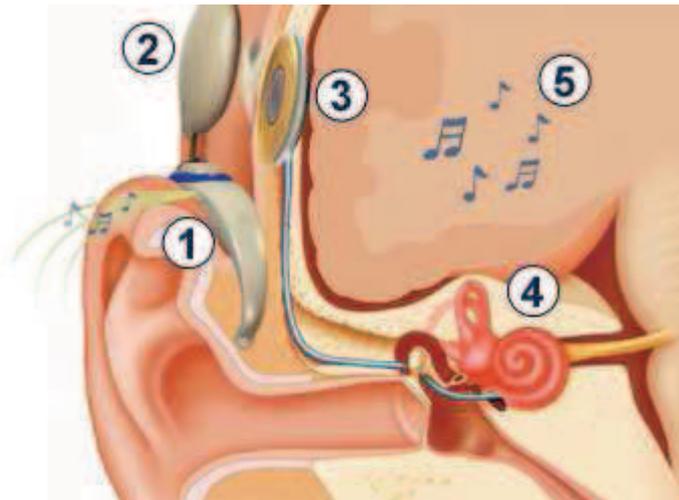


Figure 9: Le fonctionnement d'un implant cochléaire
 (http://www.bionicear-europe.com/UserFiles/Image/Neutral/ci_how_it_works.jpg)

Avant l'implantation, plusieurs rendez-vous sont pris : chez le médecin ORL, chez le psychologue pour les enfants en âge de voir un psychologue mais également pour les parents, chez l'audioprothésiste, le chirurgien ou encore l'orthophoniste.

Quand l'enfant est considéré comme implantable, c'est-à-dire qu'il remplit les critères nécessaires à l'implantation, il peut subir l'opération. L'implant n'est activé qu'un mois après l'opération, le temps que la cicatrisation soit effective.

Une fois l'implantation réalisée, l'enfant doit continuer à être suivi régulièrement. Il doit aller chez l'audioprothésiste pour régler l'implant et vérifier qu'il fonctionne correctement toutes les semaines juste après l'opération, puis les rendez-vous s'espaceront, avant de se réduire à un par an.

Un suivi orthophonique est obligatoire, afin de rééduquer la parole de l'enfant. Les entretiens sont réguliers particulièrement pendant la première année post-implantation.

Enfin, l'enfant est aussi suivi par un psychologue.

Il est possible de pratiquer la plupart des sports en ayant un implant, il convient seulement de s'assurer de la bonne tenue de la partie externe de l'implant, en portant par exemple un bandeau autour de la tête pour maintenir le contour d'oreille et l'antenne en place. Par contre pour certains sports, en particulier les sports d'eau comme la natation, la plongée ou la voile, il est nécessaire d'enlever la partie externe de l'implant, qui ne résiste pas à l'humidité. En plongée, une profondeur maximale

est imposée à cause du risque d'endommagement de la partie interne. De plus, les sports violents sont déconseillés en raison du risque de coups sur la tête qui pourraient endommager le récepteur ou déplacer les électrodes.

1.2. Rôle de l'âge d'implantation

De nombreuses études portent sur l'âge d'implantation des enfants. En effet beaucoup d'auteurs se sont intéressés à l'influence de l'âge d'implantation sur l'acquisition de la parole. Les résultats de ces études prouvent en général qu'une implantation précoce est positive. Nous allons expliquer brièvement ces études, les détails se trouveront dans la deuxième et la troisième partie de notre travail.

L'étude de Schauwers et al. (2004b) suit l'évolution du babillage et la perception de parole chez dix enfants sourds. La surdité de ces enfants a été détectée pendant leurs premières semaines de vie. Tous les enfants ont été implantés entre leur première et leur deuxième année de vie. Neuf des enfants sourds ont reçu un appareillage auditif classique entre 1 et 4 mois avant d'être implantés ; le dixième a reçu cet appareillage à 8 mois après détection de la surdité. Les enfants sourds ont été suivis pendant un an, à partir d'un mois après l'activation de l'implant. A titre de comparaison, les auteurs ont suivi dix enfants normaux entendants entre 6 et 11 mois.

Les auteurs notent une corrélation linéaire entre l'âge à l'activation de l'implant et l'explosion du babillage.

En effet, l'enfant implanté le plus précoce, que ce soit au sujet de l'âge de début de babillage, l'âge du stade de babillage canonique ou l'âge du stade d'explosion du babillage, est l'enfant ayant été implanté le plus tôt.

En perception, les enfants les plus avancés sont également ceux ayant été implantés le plus tôt. Les auteurs remarquent que les enfants implantés pendant leur première année de vie atteignent un score correspondant à leur âge réel trois mois post-implantation, alors que les enfants implantés pendant leur deuxième année de vie ont besoin de plus de 12 mois pour atteindre un score normal.

Ertmer et al. (2007) ont des résultats équivalents. Ils ont étudié le développement vocal chez sept enfants implantés entre 10 et 38 mois. Excepté pour un enfant, les enfants ayant les meilleurs résultats sont ceux qui ont été implantés le plus tôt.

De même, LeNormand & Lacheret, en 2008 dans leur étude sur la prosodie et le développement du langage chez les enfants implantés cochléaires obtiennent les mêmes différences selon l'âge d'implantation. Ils analysent la production de parole naturelle de cinq enfants sourds six ans post implantation. Les enfants ont été implantés à 27, 27, 37, 45 et 60 mois.

Les enfants implantés avant l'âge de 38 mois ont des résultats supérieurs à ceux des enfants implantés après 38 mois.

Les auteurs supposent que l'âge d'implantation ne joue pas sur les erreurs purement phonétiques qui nécessiteront une rééducation orthophonique afin d'être supprimées.

Par contre, l'âge est un facteur important concernant les erreurs fonctionnelles qui altèrent la communication.

Les auteurs pensent que les enfants implantés tardivement ont manqué une période essentielle d'acquisition du langage où l'enfant acquiert les contraintes syntaxiques influant sur la segmentation prosodique. Enfin, ils expliquent que si on implante un enfant avant l'acquisition du langage, ça lui permettra d'acquérir plus rapidement les fonctions morphosyntaxiques.

James et al. (2007) constatent également qu'une implantation précoce est positive, même si les résultats des enfants implantés seront toujours parmi les plus faibles résultats des enfants entendants.

Leur étude porte sur la perception chez deux groupes d'enfants implantés. L'un des deux groupes est composé de dix enfants de moyenne d'âge de 9.1 ans, implantés entre 5 et 7 ans, et le deuxième groupe comporte 9 enfants de moyenne d'âge de 7,6 ans implantés entre 2 et 3,6 ans.

Les enfants ont été testés deux fois, à un an d'intervalle. Leurs résultats sont comparés à deux groupes d'enfants entendants d'âge chronologique ou de niveau de lecture équivalents à ceux des enfants implantés. On teste également les enfants pré-implantation.

Les résultats des enfants implantés tardivement sont moins élevés que ceux des enfants implantés précocement. Par contre, ceux-ci ont des résultats généralement similaires à ceux des enfants entendants.

En revanche, Johnson & Goswami (2010) ont des résultats légèrement différents de ceux des études précédentes. Leur étude porte sur la perception phonologique et l'intelligibilité de parole d'enfants implantés. On étudie 43 enfants sourds implantés entre 19 et 109 mois (soit entre 19 mois et 9 ans). Ces enfants sont répartis en deux groupes : un groupe de 21 enfants implantés précocement, à moins de 39 mois (soit 3,5 ans)- les enfants ayant entre 62 et 163 mois (soit entre 5 et 13 ans) au moment de l'étude - et un groupe de 22 enfants implantés tardivement soit à plus de 43 mois - les enfants ayant entre 82 et 178 mois (soit entre 7 et 14 ans) au moment de l'étude.

On compare ces enfants à deux groupes de contrôle : un groupe de 16 enfants sourds appareillés âgés de 77 et 160 mois (soit de 6,5 et 13 ans) et un groupe de 19 enfants entendants âgés de 82 à 117 mois.(soit de 7 à 10 ans)

En lecture labiale, les enfants sourds ont des performances similaires dans les trois groupes, et ils obtiennent des meilleurs scores que les enfants entendants. De plus, on note que les enfants sourds implantés tardivement ont des performances supérieures aux enfants implantés tôt.

Les auteurs concluent en précisant qu'une implantation précoce est bénéfique pour le développement de la lecture, pour la réception du vocabulaire et particulièrement pour la sensibilité phonologique de la rime.

De même, Hide et al. (2007) et Gaul Bouchard et al. (2007) dans leurs études sur la perception des aspects suprasegmentaux de la parole et la production de consonnes des enfants implantés, ne constatent pas de différences selon l'âge d'implantation.

Schauwers et al. (2004) suivent le développement d'une enfant sourde, née en 2000. Ayant une grande sœur sourde, la fillette a passé les tests néonataux de Govaerts et al. (2001), qui ont permis de détecter sa surdité très tôt. Elle a porté un appareillage auditif dès 3 mois, qui s'est révélé inefficace, puis elle a été implantée de l'oreille gauche à 5 mois et de l'oreille droite à 15 mois. Il s'agissait à l'époque de la plus jeune enfant implantée.

L'enfant sera suivie pendant quatre ans, pendant lesquels on lui fera passer des tests en audio et des tests linguistiques, afin d'évaluer tout d'abord la qualité de son babillage, puis son développement linguistique.

Les résultats de l'enfant sont assez spectaculaires : elle atteint un niveau de langage équivalent à celui des enfants entendants à l'âge de quatre ans. De même elle atteint le niveau de perception des enfants entendants à l'âge de trois ans.

Les auteurs concluent leur étude en expliquant que l'implantation avant deux ans est essentielle même si beaucoup de médecins se montrent hésitants à l'idée d'implanter tôt, c'est-à-dire avant un an.

Ils précisent que ces hésitations sont dues au fait qu'il n'y a actuellement que peu d'études qui montrent le bénéfice à tirer d'une implantation précoce. De plus, les auteurs précisent qu'une implantation entre trois et quatre ans va entraîner des dommages irréversibles puisque les enfants n'auront pas de retour auditif pendant leurs premières années de vie.

Ils indiquent que puisqu'on a la possibilité de détecter la surdité dès la naissance, autant implanter le plus tôt possible, c'est-à-dire donner le meilleur des traitements médicaux possibles.

Grant Nicholas & Geers (2007) étudient le rôle de l'âge d'implantation dans la production langagière des enfants implantés. Ils comparent deux groupes d'enfants entendants de 3,5 ans et 4,5 ans et 76 enfants sourds de naissance implantés entre 1 et 3 ans et ayant reçu une aide auditive classique avant l'implantation.

A 3,5 ans les enfants portaient leur implant depuis 7 à 32 mois.

Les auteurs observent pour chaque enfant le nombre total de mots employés, le nombre de mots différents, le nombre de racines différentes de mots, le nombre total d'affixes et le nombre d'affixes différents.

Tout d'abord, les auteurs veulent vérifier une première hypothèse : est-ce qu'un meilleur développement langagier et de meilleures compétences langagières sont associés à une implantation précoce, de meilleures aides auditives pré-implantation et une utilisation plus longue de l'implant ?

L'âge d'implantation est un facteur significatif. En effet, plus les enfants sont implantés jeunes, plus leurs résultats seront élevés et plus leur langage sera développé.

Les enfants implantés à 12 mois ont un niveau de compétences langagières à 3,5 ans qui ne seront atteintes par les enfants implantés à 18 mois qu'à 4,5 ans.

Par exemple les enfants implantés avant deux ans réalisent des productions plus longues que les enfants implantés après deux ans. (Figure 10)

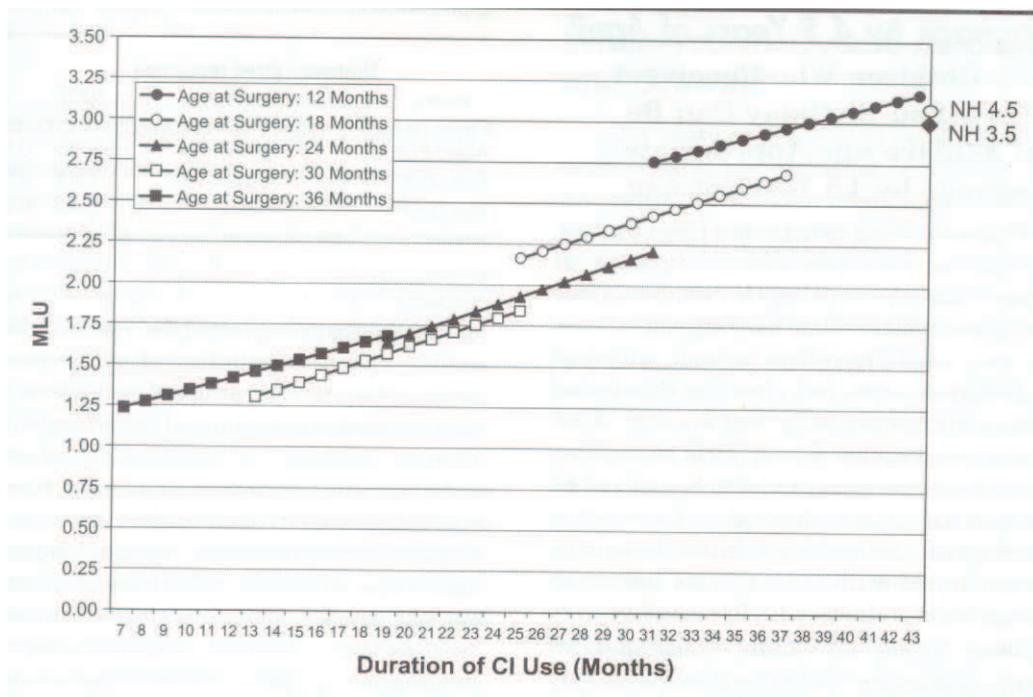


Figure 10: Durée moyenne des productions en fonction de l'âge d'implantation et de la durée d'utilisation de l'implant. (Grant Nicholas & Geers, 2007)

Ensuite les auteurs veulent vérifier une deuxième hypothèse : les enfants implantés avant deux ans peuvent atteindre des résultats appropriés à leur âge chronologique à 4,5 ans.

Les résultats montrent que les enfants implantés entre 12 et 16 mois sont presque au même niveau que les enfants entendants.

Par contre les auteurs supposent que les enfants implantés après 30 mois risquent de ne pas atteindre le niveau des entendants même après une longue durée d'utilisation de l'implant.

En conclusion, on peut donc dire que la plupart des études montrent que le développement langagier des enfants implantés précocement est plus rapide et de meilleur niveau que celui des enfants implantés plus tardivement c'est-à-dire en général après deux ans d'âge chronologique.

Des études sont moins positives.

Ainsi Virole s. d. (2007), soutient qu'il faut prendre ces résultats avec précaution, il explique qu'on expose certains cas exemplaires, qui sont surtout dus à une multiplication de facteurs propices à bon un développement langagier : les facteurs génétiques, sociaux et éducatifs étant les plus importants.

Spencer (2004) étudie les différents facteurs qui influent sur l'acquisition du langage chez les enfants implantés.

Il suit treize enfants australiens, six garçons entre 3 et 11 ans et sept filles entre 7 et 11 ans. Ils ont été implantés entre 13 et 38 mois, et utilisent leur implant depuis 21 à 81 mois. Tous les enfants sont nés de parents entendants et seulement une famille a un deuxième enfant sourd. Un enfant a été implanté à 38 mois, alors qu'il avait commencé à développer un langage oral. Un enfant a été entendant jusque ses deux ans avant de devenir sourd à cause d'une méningite, il a été implanté à 32 mois. Les autres enfants sont donc implantés entre 13 et 27 mois.

Comme dans la population sourde, une partie importante des participants de l'étude (30%) ont des handicaps secondaires de faible intensité comme des problèmes comportementaux, d'attention ou encore un délai cognitif.

Les enfants sont d'origine ethnique variée : Europe, Asie, Moyen-Orient. Dans deux familles, deux langues sont parlées aux enfants.

Les enfants sont éduqués soit dans des classes spécialisées avec d'autres enfants sourds, soit dans des classes entendants avec des cours particuliers.

Concernant les moyens de communication des enfants, sept d'entre eux sont en oralisation totale, sans signes, les six autres reçoivent une éducation plus ou moins bilingue : cinq enfants sont éduqués en anglais signé, et un enfant est éduqué en bilinguisme c'est-à-dire en anglais et en Langue des Signes Australienne (AUSLAN).

En plus des séances d'orthophonie à l'hôpital, tous les enfants sont exposés au langage oral à l'école et à la maison. Il est important de noter qu'au cours de

l'expérimentation, certains enfants changent de classe : un enfant passe d'une classe d'anglais signé en une classe oraliste, un enfant passe d'une classe en anglais signé à une classe bilingue et enfin un enfant passe d'une classe oraliste à une classe en anglais signé.

Les enfants passent plusieurs tests :

-Peabody picture vocabulary test, troisième édition -PPVT- (Dunn et Dunn, 1997), un test sur la perception du vocabulaire ;

-Clinical Evaluation of language functioning preschool -CELP-(Wiig, Secord, Semel, 1992) qui porte sur la grammaire et les marqueurs grammaticaux ;

-Language proficiency profile-LPP- (Bebko, McKinnon, 1993, 1998) qui évalue la pragmatique et l'habilité conversationnelle des enfants ;

-un test de cognition ;

-un test de perception de parole, soit le Nucleus Consonant word test (Peterson, Lehiste, 1962) soit le Bench Kowal Bamford word and sequences tests (Bench, Bamford 1979, Bench, Doyle, Greenwood, 1987)

Les enfants ayant le mieux réussi le « Clinical Evaluation of language functioning preschool » sont les quatre enfants en classe oraliste et l'enfant qui avait été entendant jusqu'à ses deux ans. Un enfant a été exclu du résultat du test car il n'a pas atteint le niveau de base. Le score moyen des enfants est de 46,5%.

L'enfant éliminé dans le CELF a le score le plus faible dans le PPTV. L'enfant présentant le meilleur résultat est celui qui avait des scores élevés dans le CELF, c'est-à-dire celui qui est devenu sourd.

Le score moyen en PPTV est de 71%.

En perception auditive, les enfants ont obtenu des scores compris entre 35 et 89% pour la perception de phonèmes avec une moyenne de 69%. Pour la perception de mots, ils obtiennent une moyenne de 43%, leurs scores se situant entre 4 et 71%.

Seuls six enfants ont un score suffisant pour les perceptions de phrases, ils obtiennent des taux de réussite entre 26 et 63%.

On observe une corrélation entre les scores de perception de mots et de vocabulaire et les tests de cognition non verbaux.

Les scores en LPP sont liés à ceux des tests de cognition, du CELF et du vocabulaire.

Il n'y a pas de corrélation significative entre les scores et l'âge d'implantation ni la durée d'utilisation de l'implant.

On exclut l'enfant qui a eu une expérience auditive avant de devenir sourd car les scores obtenus sont nettement plus élevés, ce qui prouve l'importance d'une première expérience auditive.

L'enfant ayant le plus de handicaps secondaires est celui ayant eu les moins bons scores.

Les auteurs précisent que les parents sont plus ou moins impliqués dans la surdité de leur enfant mais aucun ne délaisse son enfant. Certains parents sont très impliqués auprès de leur enfant, au point de les sur-stimuler et de leur lire quatre histoires par jour. Certains parents favorisent la communication orale, et d'autres la langue des signes. A ce sujet on remarque que le niveau d'implication des parents est associé au niveau des progrès des enfants.

En résumé, cette étude prouve surtout que le mode de communication est un facteur déterminant pour le niveau de développement des enfants ; en effet, les enfants en classe oraliste, ont de meilleurs résultats que les autres.

1.3. *Avis sur l'implant cochléaire*

Les débuts de l'implantation cochléaire ont donné lieu à des débats au sein de la communauté sourde, entre les sourds opposés à l'implant et les entendants pro-implants ; et également dans le milieu médical entre des professionnels partisans de la LSF (Langue des Signes Française) et des professionnels pour l'implantation.

1.3.1. Position de la communauté sourde

Avant d'aborder le débat concernant l'implant cochléaire, il convient de s'intéresser à la communauté sourde et à son identité. En effet, contrairement à ce que pensent les entendants, la plupart des sourds ne se considèrent pas comme des handicapés,

mais comme des personnes « normales ». Ils pensent qu'il y a deux sortes de « normalité » : les sourds et les entendants.

Les sourds représentent une communauté, avec son histoire, sa culture propre et ses langues, les Langues des Signes. Celles-ci sont des langues à part entière, différentes selon les pays et les régions.

L'histoire des sourds est différente selon les pays, mais tous les sourds ont en commun un passé persécuté. Pendant longtemps, les sourds sont considérés comme des idiots, sous prétexte qu'ils ne parlent pas, n'entendent pas et tentent de communiquer par signes. En général, les sourds rencontrent rarement d'autres Sourds, et n'ont donc pas la possibilité de communiquer avec leurs pairs. La Langue des Signes Française se développe donc dans les familles de sourds ou lors de rencontres entre sourds.

En 1760, l'Abbé Charles de L'Épée est le premier entendant à s'intéresser à la langue des Signes, à travers des jumelles communiquant par signes. Il fonde alors une école à Paris, pour regrouper les enfants sourds, qui deviendra par la suite l'Institut National des Jeunes Sourds. En 1789, l'Abbé de L'Épée meurt et l'Abbé Sicard prend sa place et essaye d'imposer un langage gestuel qu'il a créé.

Par la suite, en 1880, se tient le Congrès de Milan, principalement composé d'entendants qui veulent oraliser les Sourds. La Langue des Signes est alors interdite de l'éducation des jeunes sourds, sous prétexte qu'il ne s'agit pas d'une vraie langue car elle ne permet pas de parler de Dieu et que ne pas parler empêche les sourds de bien respirer et provoque la tuberculose. Malgré cette loi, les sourds continuent de transmettre la LSF et en 1991, la loi Fabius permet aux parents d'enfants sourds de choisir une éducation bilingue LSF/français. Enfin, en 2005, la loi 102 reconnaît la LSF en tant que langue.

De leur histoire, la communauté sourde a gardé une certaine réticence envers les entendants, actuellement traduite par leur opposition farouche envers l'implant cochléaire.

En effet, une partie des sourds considèrent que l'implant cochléaire est une menace pour la communauté sourde. Ils pensent que les entendants implantent massivement les sourds et qu'à terme, la LSF se perdra ainsi que la culture sourde.

De plus, les sourds expliquent qu'ils ont l'impression de « servir de cobayes » à la médecine à travers l'implantation.

Enfin, les sourds parlent de leur inquiétude sur l'avenir des enfants implantés. Ils se demandent comment vivront ces enfants quand ils seront adultes.

La position des sourds contre l'implant est défendue de manière virulente, voire même violente selon les cas. Des adultes implantés sont parfois menacés en raison de leur refus d'abandonner l'implant.

Cependant toute la communauté sourde n'est pas contre l'implant, certains sourds comprennent que les parents d'enfants sourds préfèrent implanter leur enfant pour avoir une meilleure communication avec lui ou pour être rassurés sur l'avenir de leur enfant dans le monde entendant.

Il faut rappeler que lors de la création et des débuts de l'utilisation d'appareils auditifs, la communauté sourde avait également réagi violemment. Dans un deuxième temps les sourds appareillés ont rejoint les sourds signeurs, c'est pourquoi certains sourds pensent qu'à terme, les implants seront mieux acceptés et que les sourds implantés rejoindront à leur tour les autres sourds. Ils pensent également que pour le bien et l'équilibre des enfants implantés, il est important que tous les sourds se rejoignent en une communauté d'intérêts et que ce débat prenne fin.

1.3.2. Avis du corps médical

Comme dans la communauté sourde, les professionnels du corps médical ont des avis très contrastés sur l'implantation cochléaire ;

En effet, la plupart des orthophonistes et des ORL sont très favorables à l'implantation puisqu'ils pensent que l'implant peut aider les enfants sourds.

Certains psychologues, comme Virole ou Meynard (Meynard 2010), restent persuadés malgré les différentes études, du danger de l'implantation cochléaire.

En 2007, Virole s. d. explique que les enfants implantés sont privés pendant deux ans de communication (c'est-à-dire pendant la période pré-implantation), et qu'il est nécessaire de communiquer par la langue des signes dès la découverte de la surdité de l'enfant, ce mode de communication devant être poursuivi même après l'implantation.

1.3.3. Les avis des parents d'enfants implantés

Il est important de prendre en compte l'avis des parents des enfants implantés, de comprendre ce qui les a poussés à choisir l'implantation pour leur enfant. Nous avons consulté des forums et des sites comprenant des témoignages de parents entendants d'enfants implantés. Nous n'avons pas pu trouver d'avis de parents sourds puisque ceux-ci ne font en général pas implanter leurs enfants.

La plupart des parents entendants choisissent l'implantation pour pouvoir communiquer oralement avec leur enfant, et également pour lui éviter des dangers. Des parents d'enfants devenus sourds rapportent que leur enfant était devenu agressif après le début de la surdité, du fait de l'impossibilité de communication. Ils ont alors choisi d'implanter leur enfant et quelques temps après l'implantation, l'agressivité de l'enfant a disparu.

Concernant l'opération et la découverte de l'implant sur leur enfant, les parents disent parfois avoir été choqués par la grosseur de l'implant : ils ne s'imaginaient pas que l'implant allait être à ce point visible.

Ensuite, à propos de l'apport de l'implant pour leur enfant, les avis diffèrent. En effet, cela dépend des progrès des enfants. La plupart des parents se rappellent avoir été émerveillés lorsqu'ils ont remarqué que leur enfant entendait pour la première fois, lorsqu'il s'est retourné pour la première fois lorsqu'on l'a appelé.

D'autres parents ont été déçus de l'implant car ils pensaient que leur enfant allait entendre tout de suite après l'activation de leur implant, ou lorsqu'ils pensaient que leur enfant parlerait rapidement, et que cela ne s'est pas produit.

Un parent précise qu'il ne faut pas penser que l'enfant va devenir entendant mais qu'il reste sourd même avec l'implant. De plus il rappelle que l'enfant ne porte pas l'implant en permanence (dans le bain par exemple), et qu'il est donc important de travailler la lecture labiale et/ou la LPC pour permettre la communication même lorsque l'implant n'est pas porté.

Les parents soulignent également que l'implant tombe parfois en panne ou que les fils sont assez facilement cassés ce qui est gênant pour leur enfant.

Ils rappellent que l'implant est contraignant, l'enfant a des rendez-vous quotidiens soit avec l'orthophoniste, soit avec l'audioprothésiste pour les réglages de l'implant, mais également avec le psychologue... Il faut être très disponible pour son enfant, et

très impliqué dans son éducation pour que l'enfant progresse au plus vite et le mieux possible.

L'étude de Sanchez et al. (2006) qui suit l'évolution d'enfants sourds implantés sur dix ans, comporte un rapport sur les avis des parents d'enfants implantés. Ceux-ci sont mitigés, leurs avis dépendant des progrès de leurs enfants post implantation. Ils sont inquiets du devenir de leur enfant, à l'adolescence par exemple, où il rejettera peut être l'implant, et du devenir de l'implant, puisque n'ayant pas de retour à long terme étant donné qu'il s'agit d'une technologie récente. On ne connaît par exemple pas la durée de vie d'un implant, et les parents craignent la nécessité de réimplanter leur enfant à 30 ans, et les réactions que cela pourrait susciter chez lui.

Certains parents considèrent l'implant comme un miracle, d'autres sont plus réservés voire hostiles. Si la réaction des parents dépend largement des progrès des enfants, la majorité d'entre eux considère l'implantation précoce comme positive et bénéfique. Beaucoup de parents évoquent l'aspect esthétique de l'implant. Le boîtier est considéré comme imposant, laid et peu pratique voire gênant lors d'activités sportives par exemple. Cependant certains parents expliquent que leur enfant, plutôt que de cacher son implant, aime l'exposer, changer la couleur du contour d'oreille ... Les parents expliquent que leur enfant présente parfois des problèmes lors des situations de groupes où il est moins intégré que les autres, qu'il n'est pas à l'aise, ne comprend pas et se sent à part. Les parents précisent que leurs enfants préfèrent les situations de communication en duo qu'en groupe.

Les parents parlent également d'une ambiguïté sur l'identité de l'enfant implanté ; ils se demandent si l'enfant doit se considérer comme sourd ou entendant, et concluent souvent qu'il est « au milieu ».

Ils précisent qu'il ne faut pas croire que l'enfant va tout entendre, tout de suite après l'activation de l'implant, mais que l'audition et la parole s'acquièrent petit à petit.

Enfin, une meilleure information sur l'implant est demandée, et les parents précisent qu'un meilleur accompagnement pré-implantation serait positif.

Virole s. d.(2007) explique que l'implant cochléaire est bénéfique au niveau familial car il permet aux parents de s'affranchir des inquiétudes liées aux accidents pouvant survenir du fait de la surdité. L'implant évite cette inquiétude puisque dès le début,

les enfants reçoivent les signaux auditifs de prévention, comme les klaxons par exemple.

1.4. Qualité de vie des enfants implantés

La technologie de l'implant étant très récente, nous n'avons que peu de témoignages de sourds implantés jeunes. En effet, l'implantation précoce n'est effective que depuis quelques années, les enfants ne sont donc pas assez grands pour exprimer une opinion non influencée par leur entourage.

Warner-Czyz et al. (2009) étudient le regard que portent des enfants implantés sur leur qualité de vie à travers un questionnaire. Ils comparent ainsi le ressenti des enfants implantés avec celui des enfants normaux-entendants et avec celui exprimé par leurs parents.

Cinquante familles d'enfants implantés participent à l'étude, par contre seulement quarante-cinq parents contribuent aux évaluations parentales.

Les critères de sélection des enfants implantés sont la surdité sévère à profonde et l'implantation d'au moins une oreille. Les auteurs n'excluent pas les enfants selon leur âge d'implantation, l'âge de la découverte de la surdité, la durée d'utilisation de l'implant, le type d'implant ou le mode de communication (c'est-à-dire oral, ou oral et langue des signes) afin d'avoir un échantillon d'enfants représentatif de tous les enfants utilisateurs d'implants.

L'incapacité à répondre au questionnaire proposé est le seul critère d'exclusion d'un enfant.

Le groupe d'enfants implantés est composé de vingt huit filles et vingt deux garçons. Leur surdité a été découverte en moyenne à 0,78 ans. Ils ont été implantés entre 7 mois et 7 ans, pour une moyenne de 2,52 ans, et ils ont une expérience de l'implant comprise entre 6 mois et 5,7 ans pour une moyenne d'âge lors de l'expérimentation de 5,77 ans.

Au moment de l'étude, 16% des enfants avaient 4 ans, 28% avaient 5 ans, 20% avaient 6 ans et 36% avaient 7 ans.

On ne connaît pas la cause de la surdité pour 52% des enfants, et 62% sont éduqués en communication orale.

Le groupe d'enfants entendants est constitué de vingt cinq enfants, treize garçons et douze filles, âgés de 4 à 7 ans, pour une moyenne de 4,88 ans. 36% des enfants ont 4 ans, 40% ont 5 ans et 24% ont 6 ans.

Le test utilisé pour évaluer la qualité de vie des enfants est le Kiddy KINDLE ; il s'agit d'un entretien avec les enfants, complété par quelques questions posées aux parents. L'entretien est composé de six thèmes : la famille, les amis, l'école, le bien-être émotionnel, le bien-être physique et le bien-être social. Il est réalisé en face à face. Les parents répondent à part pour que leurs réponses n'influencent pas celles des enfants.

Les enfants apprécient leur qualité de vie plus positivement que ne le perçoivent leurs parents. A l'inverse, les parents attribuent donc une valeur plus modérée à la qualité de vie de leurs enfants.

On note également que les enfants ayant une plus courte expérience de l'implant évaluent plus positivement leur qualité de vie que les enfants qui ont une longue expérience de l'implant. Les enfants plus jeunes sont également plus positifs que les plus âgés. Cependant les auteurs précisent que l'enfant le plus jeune n'a peut-être pas une compréhension parfaite des questions de l'interview et que ses réponses peuvent différer de celles des enfants plus âgés pour cette raison.

En revanche, on ne constate pas de différences significatives entre les évaluations des enfants entendants et celle des enfants implantés.

Les auteurs notent que leurs résultats diffèrent de ceux de l'étude de Huber (2005) qui trouvait que les enfants implantés évaluaient leur qualité de vie plus négativement que leurs parents.

Par ailleurs, ils observent que les enfants implantés considèrent souvent leur implant comme une partie d'eux même, et non pas comme quelque chose qui les distingue de leurs pairs entendants.

Warner-Czyz et al. 2010, approfondissent leur étude précédente en comparant la qualité de vie des enfants implantés en fonction de l'âge des enfants. Ils font passer des questionnaires à deux groupes d'enfants implantés : un groupe de 23 garçons et 29 filles âgés de 8 à 11 ans, et un autre groupe de 11 garçons et 23 filles âgés de 12 à 16 ans. Les parents de ces enfants implantés répondent indépendamment des enfants, comme lors de la première étude.

En moyenne le premier groupe d'enfants est âgé de 9,1 ans, leur surdité a été découverte à 1,1 an, les enfants ont été implantés à 3,4 ans et ils utilisent leur implant depuis 5,7 ans.

Le deuxième groupe d'enfants implantés présente une moyenne d'âge de 13,7 ans, on a découvert la surdité des enfants à 1,2 ans, en moyenne, ils ont été implantés à 5,8 ans et ils utilisent leur implant depuis 7,9 ans.

Les réponses des enfants implantés sont comparées à celles de 1501 élèves normaux-entendants : 918 enfants ont une moyenne d'âge de 9,7 ans et 583 enfants ont une moyenne d'âge de 14,1 ans. 48,3% sont des filles et 51,7% sont des garçons.

Les enfants doivent répondre au questionnaire KINDLE-R qui mesure la qualité de vie chez les enfants et les adolescents.

Les enfants entre 8 et 11 ans passent le Kid KINDLE-R alors que les enfants entre 12 et 16 ans passent le Kiddo KINDLE-R ; les deux questionnaires sont des variations du KINDLE-R adaptées en fonction de l'âge des enfants.

Six thèmes sont abordés par le questionnaire : bien-être physique, bien-être psychologique, estime de soi, famille, amis et fonctionnement à l'école.

Comparés aux enfants normo-entendants, les enfants implantés les plus jeunes évaluent leur qualité de vie familiale plus négativement. Si on compare leurs évaluations avec celles de leurs parents, les résultats sont plus ou moins équivalents. Par contre les enfants dont la surdité a été découverte plus tard ont une appréciation plus positive de leur qualité de vie sur les critères de bien-être émotionnel et d'estime de soi.

Les évaluations des enfants plus âgés correspondent à celles des enfants normaux - entendants sauf pour l'amitié et l'école où ils sont plus positifs que les enfants entendants. En revanche, ils évaluent l'école plus négativement que leurs parents.

Les auteurs notent que les adolescents implantés plus jeunes considèrent leur qualité de vie plus positivement que les enfants implantés tardivement. De même, les enfants ayant une plus longue durée d'utilisation de l'implant ont des résultats plus positifs que les autres.

Enfin, si on compare les deux groupes d'enfants implantés, on constate que les enfants les plus jeunes sont les plus positifs.

Par la suite, en 2011, Warner-Czyz et al. font une autre étude sur la qualité de vie de enfants implantés en se centrant plus sur la vision qu'ont les enfants de leur implant. Ils ont interrogé 67 garçons et 74 filles implantés, âgés de 4 à 16 ans.

Le groupe d'enfants est divisé en trois sous-groupes : les 4/7 ans, les 8/11 ans et les 12/16 ans. (Figure 11)

Table 1
Auditory history variables for all groups.

Variable	4-16 Years		4-7 Years		8-11 Years		12-16 Years	
	Mean (SD)	10th to 90th Percentile	Mean (SD)	10th to 90th Percentile	Mean (SD)	10th to 90th Percentile	Mean (SD)	10th to 90th Percentile
Age at identification of hearing loss (years)	1.1 (1.0)	0.0-1.5	0.8 (1.0)	0-1.4	1.1 (1.1)	0.1-1.43	1.2 (1.0)	0.5-2.0
Age at activation of cochlear implant (years)	3.7 (2.8)	1.8-4.7	2.5 (1.4)	1.5-3.1	3.4 (2.1)	1.7-4.5	5.7 (3.9)	2.8-7.8
Duration of cochlear implant use (years)	5.5 (2.9)	3.6-7.5	3.5 (1.6)	2.0-5.0	5.7 (2.2)	4.4-7.1	7.9 (3.4)	6.6-10.5
Chronologic age at time of testing (years)	9.0 (3.2)	7.0-11.3	5.8 (1.1)	5.0-7.0	9.1 (1.1)	8.0-10.0	13.7 (1.4)	12.7-14.5

Figure 11: Caractéristiques des groupes d'enfants implantés. (Warner-Czyz et al. 2011)

On compare les réponses des enfants avec celles de 1501 enfants entendants.

Trois versions du questionnaire « KINDLE-R » sont proposées aux enfants, en fonction de leur âge : les enfants de 4 à 7 ans doivent répondre au « Kiddy KINDLE », ceux de 8 à 11 ans répondent au « Kid KINDLE » et enfin les enfants de 12 à 16 ans passent le « Kiddo KINDLE ».

Les versions Kid et Kiddo sont très similaires : elles sont composées de vingt-quatre questions réparties sur les six thèmes du KINDLE (la famille, les amis, l'école, le bien-être émotionnel, le bien-être physique et le bien-être social), et pour chaque question cinq réponses sont possibles : jamais/rarement/parfois/souvent/toujours.

La version Kiddy est plus courte que les deux précédentes : elle est seulement composée de douze questions, et il n'y a que trois réponses possibles : jamais/parfois/très souvent.

Les trois versions comportent des questions spécifiques pour les enfants implantés, en rapport avec l'audition ou l'implant comme « au cours de la semaine dernière, est ce que tes amis ont trouvé ton implant cool ? » ou encore « au cours de la semaine dernière, combien de fois as-tu eu des problèmes pour entendre tes professeurs avec ton implant ? »

En général les évaluations des enfants les plus jeunes et ceux qui ont le moins d'expérience post-implant sont plus positives que pour les autres enfants implantés.

Concernant les questions sur les avis des autres enfants sur leur implant, et sur leur apparence physique avec l'implant, les enfants les plus jeunes ont été plus positifs que les enfants les plus âgés. Par contre, les plus jeunes ont répondu qu'ils avaient souvent de la difficulté pour entendre leurs professeurs. (Figure 12)

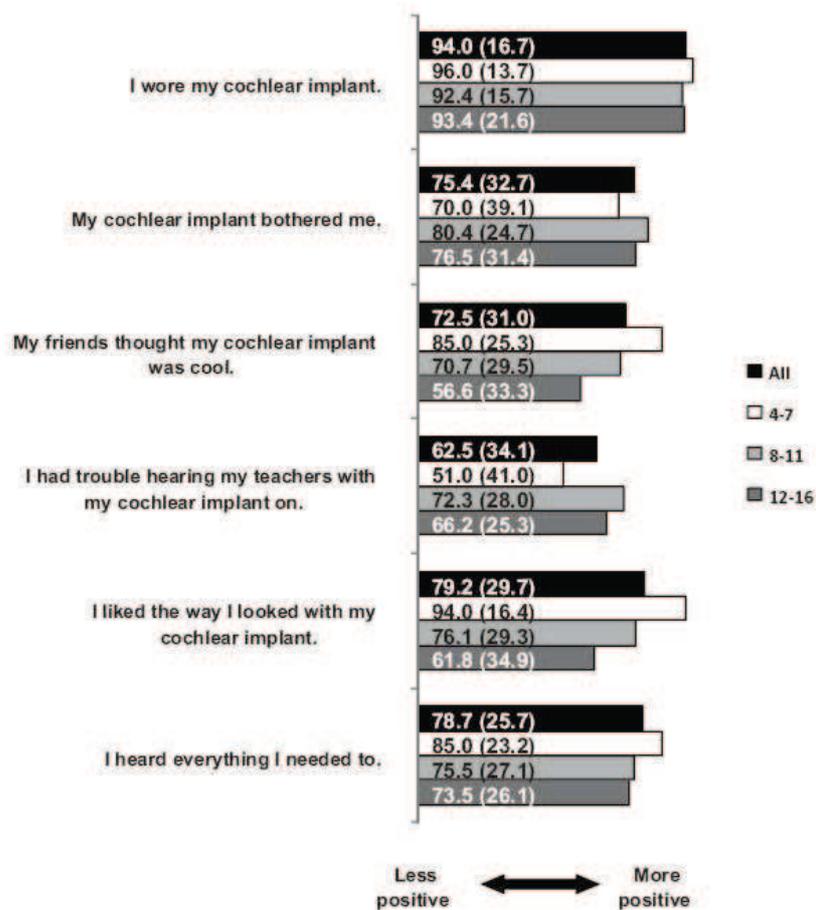


Figure 12: Réponses des enfants implantés concernant leur qualité de vie avec l'implant cochléaire. (Warner-Czyz et al. 2011)

Virole et al. s. d. , en 2004, évaluent l'influence de l'implantation sur le développement socio-affectif des enfants sourds.

Il évalue le développement socio-affectif de 47 enfants sourds, implantés en moyenne à 3,9 ans, grâce à un questionnaire aux parents ou aux professionnels en contact direct avec l'enfant. Le questionnaire est composé de 80 questions qui permettent d'évaluer l'humeur, l'anxiété et la tolérance de l'enfant mais également les compétences sociales de l'enfant, c'est-à-dire si l'enfant est sociable lors de situations de groupe avec d'autres enfants, et lors d'interactions avec des adultes. Les résultats de ces questions sont réunis en un score d'adaptation générale.

Les résultats des différents paramètres (humeur, anxiété, tolérance) sont composés normaux, les enfants présentant un développement socio-affectif similaire à celui de leurs pairs entendants, à l'exception du score d'irritabilité légèrement supérieur à la moyenne.

On notera que les scores d'adaptation générale des enfants implantés sont légèrement supérieurs à la moyenne, et ce malgré le score d'irritabilité.

Les auteurs ont observé l'effet de l'âge d'implantation sur les scores de développement socio-affectif. Ils notent que même si la différence est assez faible, les enfants implantés les plus jeunes ont un score légèrement inférieur à celui des enfants implantés tardivement.

Les auteurs concluent en expliquant que « la dangerosité supposée des implantations cochléaires sur le développement de l'enfant après implantation n'est donc pas constatée ». On peut rappeler que Virole est très réticent à l'implantation des enfants, particulièrement à l'implantation précoce. (Virole s. d. 2007)

Les trois études de Warner-Czyz et al. et celle de Virole montrent donc que les plus jeunes enfants implantés sont plus positifs concernant leur qualité de vie que les plus âgés, mais qu'en général, ils évaluent leur qualité de vie de manière similaire à leurs pairs entendants, contrairement à leurs parents qui sont plus négatifs vis-à-vis de la vie de leur enfant.

Il serait intéressant de comparer la vision de parents d'enfants entendants sur la qualité de vie de leurs enfants, avec celle des parents d'enfants implantés, et il faudrait également comparer la vision des enfants sourds non implantés sur leur qualité de vie et celle de leurs parents.

2. Production

Dans cette partie de notre travail, nous allons tout d'abord nous intéresser au déroulement du développement vocal précoce, c'est-à-dire sur le déroulement du babillage et son contenu. Ensuite, nous présenterons des études sur le développement phonologique des enfants implantés, c'est-à-dire sur la production de voyelles, de consonnes et de syllabes ainsi que sur la prosodie. Enfin, nous décrirons des études sur le développement lexical des enfants porteurs d'un implant cochléaire, c'est-à-dire sur les types de productions et leur précision ainsi que sur la taille du lexique produit par les enfants.

Nous utiliserons le mot « précision », qui nous semble le plus approprié, pour traduire le mot « accuracy » c'est-à-dire l'adéquation par rapport à une cible.

2.1. *Déroulement du développement vocal*

2.1.1. Age de début du babillage

Dans leur première observation d'un groupe d'enfants implantés (10 enfants entre 1 et 2 ans, suivis pendant 1 an à partir d'1 mois post implantation), Schauwers et al. (2004) comparent l'évolution du babillage chez les enfants implantés et chez les enfants entendants (10 enfants) et également entre les enfants implantés précocement ou tardivement. (voir partie 1.2)

Le babillage commence plus tard pour les enfants implantés par rapport aux enfants normo-entendants. En effet, les normo-entendants commencent à babiller entre 6 et 8 mois, alors que dans le groupe d'enfants implantés, un enfant commence à babiller entre 8 et 10 mois, deux à 11 mois et les autres commencent au delà de 11 mois. Il est important de noter que le babillage débute entre 1 et 1,6 mois après activation de l'implant.

Les enfants normo-entendant atteignent le stade du babillage canonique avant 10 mois. Les enfants implantés commencent après 11 mois pour deux d'entre eux, et entre 14 et 22 mois pour les autres. Les auteurs notent une corrélation possible entre le début du babillage canonique et l'âge d'activation de l'implant.

Le stade d'explosion du babillage se situe entre 8,5 et 10,5 mois chez les enfants normo-entendants. Chez l'un des enfants implantés le stade de l'explosion du

babillage se situe à 10 mois alors que chez les autres enfants implantés il se situe entre 14 mois et 28 mois. On note que l'enfant le plus précoce est celui qui a été implanté le plus tôt.

Parallèlement, Schauwers et al. (2004) au cours de leur étude de la plus jeune enfant implantée à l'époque, implantée à 5 mois, constatent que l'enfant commence à babiller à 8 mois, soit deux mois après l'activation de l'implant. (Voir partie 1.2)

2.1.2. Chronologie du développement

Ertmer et al. (2007) étudient le développement vocal de sept enfants sourds implantés entre 10 et 36 mois. Ils sont enregistrés en interaction libre avec leurs parents, deux fois pré-implantation à raison de 30 minutes par enregistrements, puis ils sont enregistrés mensuellement, à partir d'un mois post-implantation jusqu'à la fin du procédé de développement vocal qui est établi grâce au Stark Assessment of Early Vocal Development-Revised (SAEVD-R, Nathani, Ertmer et Stark, 2006). Ce classement est composé de cinq niveaux : réflexif, contrôle de la phonation, expansion, syllabe canonique basique, formes avancées.

On considère qu'un enfant est arrivé à la fin du procédé de développement vocal lorsqu'il atteint deux critères :

- La proportion de ses vocalisations de niveau de 1 à 3 est inférieure aux niveaux 4 et 5 séparément
- La proportions des niveaux 4 et 5 atteint ou dépasse 20% dans deux sessions d'enregistrement consécutives.

Chez chaque enfant, on observe l'âge de production des vocalisations des différents niveaux du SAEVD-R, et l'âge auquel l'enfant atteint la fin du procédé de développement vocal.

Les résultats de l'étude sont présentés dans le tableau 1 (Voir Annexe Figure 38).

En général, plus les enfants sont implantés tard, plus ils termineront leur développement vocal tard. (Figure 13)

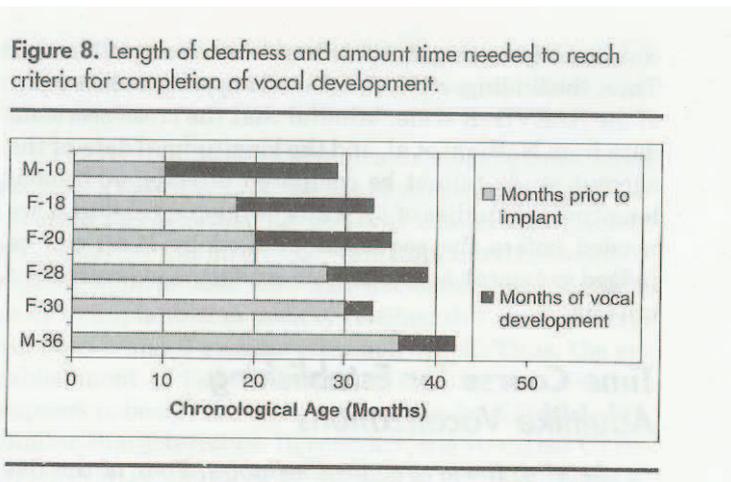


Figure 13: Relations entre l'âge d'implantation et l'âge au développement vocal. (Ertmer et al. 2007)
 L'identification des enfants se fait sur leur sexe (M ou F) et sur leur âge à l'implantation (entre 10 et 36).
 Ainsi, une fille implantée à 28 mois, sera nommée F-28.

Si on compare les résultats des enfants implantés selon leur âge auditif avec les résultats typiques d'enfants entendants, qui établissent le niveau 4 entre 9 et 12 mois d'âge chronologique, on constate que les enfants implantés les plus jeunes (excepté M-10) ont besoin de moins de temps pour établir le niveau 4 ; en effet, F-18, F-20 F-28 mettent respectivement 2, 6 et 2 mois post implantation à établir le niveau 4. L'enfant M-10 a établi le niveau 4 à 17 mois post implantation, ce qui est tard par rapport aux autres enfants. Cependant, il avait établi le niveau 5 avant le niveau 4 ce qui peut expliquer le délai mis pour atteindre le niveau 4.

2.1.3. Type de babillage

L'étude de Lang et al. (2008) présentée au huitième International Seminar on Speech Production, compare le développement de la parole chez un enfant entendant de la naissance jusqu'à un an et un enfant implanté pendant un an post activation de l'implant. Cet enfant a reçu son implant à six mois et il a été activé à dix mois.

Les deux enfants ont été filmés et enregistrés chaque mois, en interaction libre avec leur mère pendant 50 à 60 minutes. L'enfant entendant a produit 1200 vocalisations et l'enfant implanté 1300.

Les vocalisations des enfants ont été classées et analysées grâce au Stark Assessment of Early Vocal Development Revised (Nathany, Ertmer, Stark, 2008). Ce

classement propose cinq stades de développement : Réflexif, Contrôle de la phonation, Expansion, Syllabes canoniques basiques, Formes avancées. Ces cinq stades sont divisés en sous parties, selon les types de vocalisations. On classe les productions des enfants dans les différentes parties en précisant leur fréquence d'apparition : jamais/très rarement, in-fréquemment, parfois, fréquemment.

On compare l'âge de naissance de l'enfant entendant et l'âge d'activation de l'implant de l'enfant sourd.

Pendant les six premiers mois les deux enfants produisent des vocalisations de niveaux réflexifs, contrôle de la phonation et expansion. L'enfant entendant produit plus de sons végétatifs et de noyaux quasi-accentué (« quasi resonant nuclei ») que l'enfant implantée, qui ne produit quasiment pas de sons végétatifs. L'enfant entendant réalise des vocalisations de stade réflexif à partir du premier mois et ce jusque les huitième et neuvième mois, alors que l'enfant implanté cesse d'en produire dès le cinquième mois.

Concernant le stade de contrôle de la phonation, les enfants produisent le même type de vocalisations, mais l'enfant implanté a des productions plus fréquentes et plus cohérentes, c'est-à-dire qu'elles sont régulièrement produites pendant toute l'année.

On note que les deux enfants réalisent des vocalisations de ce stade dès le début des enregistrements ; de plus c'est le type de vocalisation qui sera dominant tout au long de l'année.

Cependant les auteurs précisent que l'enfant entendant produit plus de voyelles que de consonnes en noyau accentué alors que l'enfant implanté produit autant de voyelles que de consonnes.

L'enfant implanté produit des vocalisations de stade « expansion » plus tôt et plus fréquemment que l'enfant entendant.

Les vocalisations de stade Syllabes canoniques basiques et formes avancées apparaissent pendant la deuxième partie de l'année chez les deux enfants.

On observe une augmentation plus rapide des productions de voyelles et de consonnes chez l'enfant implanté que chez l'enfant entendant. De plus l'enfant

implanté a une fréquence de production des syllabes simples CV notée comme « parfois » dès le huitième mois alors que l'enfant entendant n'atteindra ce stade qu'à partir du onzième mois.

Enfin, on observe parfois des syllabes complexes et des diphtongues du neuvième au dixième mois chez l'enfant implanté alors que chez l'enfant entendant, on observe parfois des syllabes complexes au onzième et douzième mois, mais pas des diphtongues.

Les vocalisations chuchotées ne sont présentes chez aucun des deux enfants.

En conclusion, les auteurs notent que l'enfant implanté produit des vocalisations plus matures, c'est-à-dire de stade avancé, plus tôt que l'enfant entendant. Le développement de l'enfant implanté est décrit comme plus rapide que celui de l'enfant entendant.

On explique ces différences par le stade plus avancé de compétences sensori-motrice et cognitive chez l'enfant implanté, étant donné qu'il est plus âgé que l'enfant entendant.

2.1.4. Contenu du babillage

Par la suite, Schauwers et al. (2008) observent le babillage chez dix enfants sourds implantés, en les comparant avec des enfants entendants. (Voir partie 1.2)

Lors du babillage varié, les deux groupes d'enfants ont produit plus de variations de voyelles que de variations de consonnes ou de variations combinées de consonnes et de voyelles.

En comparant les deux groupes, on note que les enfants implantés ont produit plus de variations de voyelles mais moins de variations de consonnes et de voyelles que les enfants entendants.

Dans les deux groupes, le mode d'articulation est plus varié pour les consonnes comme le montrait le « Frame Dominance Theory » (FDT) de McNeilage et Davis (1995).

Les auteurs expliquent que le contenu du babillage est très similaire entre les enfants implantés et les enfants normo entendants, mais que le babillage varié des enfants

implantés est moins complexe que celui des enfants entendants puisque les enfants implantés produisent plus de variations simples (place ou mode) que de variations complexes (place et mode) contrairement aux enfants normo entendants. De plus on observe moins de variations combinées de consonnes et de voyelles puisque les consonnes sont moins variées chez les enfants implantés que chez les enfants entendants.

En résumé, on peut dire que le déroulement du développement vocal précoce des enfants implantés est très similaire à celui des enfants entendants, puisque les enfants implantés passent par les mêmes étapes de développement que les entendants.

De plus, plusieurs auteurs (tels que Schauwers et al. 2004, 2004 et Ertmer 2007) notent que les enfants implantés précocement ont un déroulement du développement vocal précoce plus rapide que les enfants implantés tardivement.

2.2. *Développement phonologique*

2.2.1. Prosodie

L'étude de Hide et al. (2007) sur les aspects suprasegmentaux du langage pré lexical d'enfant implantés, analyse les productions langagières de dix enfants implantés entre 5 et 20 mois. Cinq d'entre eux ont été implantés pendant la première année de vie, c'est-à-dire entre 5 et 10 mois, et les cinq autres ont été implantés pendant la deuxième année de vie, c'est-à-dire entre 13 et 20 mois. Les enfants implantés sont comparés à neuf enfants normo entendants, suivis pendant six mois. Les enfants ont été enregistrés chez eux, lors d'interactions avec leurs parents. Les enregistrements ont été effectués pendant deux stades : le stade de l'explosion du babillage, c'est-à-dire lorsqu'on observe une soudaine augmentation du babillage chez les enfants, et le stade des dix mots c'est-à-dire lorsque les enfants produisent dix mots différents. Les auteurs ont analysé 1222 voyelles extraites de 611 productions bi syllabiques.

Les productions vont être analysées en terme de durée des voyelles, de fréquence fondamentale, et de stabilité de la fréquence fondamentale des voyelles.

Les deux groupes d'enfants produisent des voyelles initiales plus courtes que les finales mais les résultats ne sont significatifs que pour les enfants entendants. On ne note pas de différences sur la durée des finales entre les deux groupes.

A propos de la fréquence fondamentale, on observe beaucoup de différences interindividuelles. De fait, on ne trouvera statistiquement pas de différences entre les deux stades (explosion du babillage vs stade des dix mots) dans les deux groupes d'enfants. De même, il n'y a pas de différences statistiques entre les enfants implantés et les enfants entendants.

La majorité des voyelles produites par les enfants ont un changement de fréquence fondamentale : soit elle est descendante, soit elle est montante.

Les enfants implantés produisent plus de voyelles stables (c'est-à-dire avec une fréquence fondamentale stable) en début de la période de babillage qu'à la fin) mais les résultats ne sont pas significatifs.

Les enfants normo entendants produisent des plus fortes variations de fréquences fondamentales, en fin de babillage, par rapport aux enfants implantés. De plus, les enfants entendants ont une variation plus forte de la fréquence fondamentale entre le début et la fin du babillage alors qu'on ne note pas de différences chez les enfants implantés.

LeNormand & Lacheret (2008) dans leur étude sur la prosodie et le développement du langage chez les enfants implantés cochléaires, observent des erreurs d'allongement de syllabe. (Voir partie 1.2)

Ils observent les productions de parole de cinq enfants sourds implantés entre 27 et 60 mois.

Les productions des enfants sont annotées grâce au logiciel PRAAT en suivant le programme CLAN (*Computerized Language Analysis: methods for linguistic coding*) du « Child Language Exchange System » (CHILDES, McWhinney 1991)

On segmente les productions en groupes intonatifs puis on classe les groupes prosodiques en groupes bien formés ou perturbés. Enfin on note le nombre de syllabes par groupes intonatifs.

Les auteurs décident de traiter trois erreurs principales :

-les erreurs phonétiques, c'est-à-dire l'allongement de syllabes incongru ;

-les erreurs d'accents morpho-phonologiques et la construction erronée de pieds métriques ;

-les erreurs morphosyntaxiques c'est-à-dire lorsque la hiérarchie de frontières prosodiques et syntaxiques ne s'alignent pas ;

En tout 2106 mots regroupés en 623 groupes intonatifs sont analysés.

Les résultats montrent que les enfants implantés tôt c'est-à-dire avant 38 mois d'âge réel, produisent plus de groupes intonatifs bien formés que les enfants implantés tardivement c'est-à-dire après 38 mois (Figure 14).

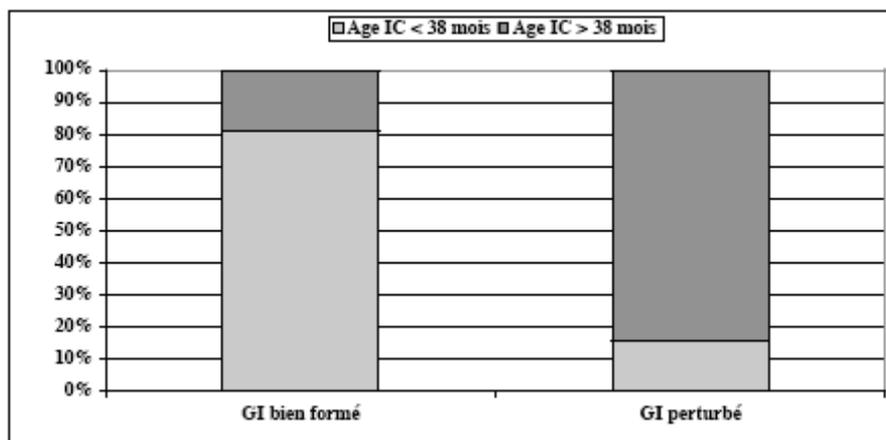


Figure 14: Proportion des groupes intonatifs bien formés et perturbés selon l'âge d'implantation (LeNormand & Lacheret 2008)

Si on observe individuellement les résultats des enfants (Figure 15), on remarque une grande différence entre les enfants implantés avant 38 mois qui produisent largement plus de groupes intonatifs bien formés que de groupes intonatifs perturbés, alors que les deux enfants implantés après 38 mois produisent largement plus de groupes intonatifs perturbés que de groupes intonatifs bien formés.

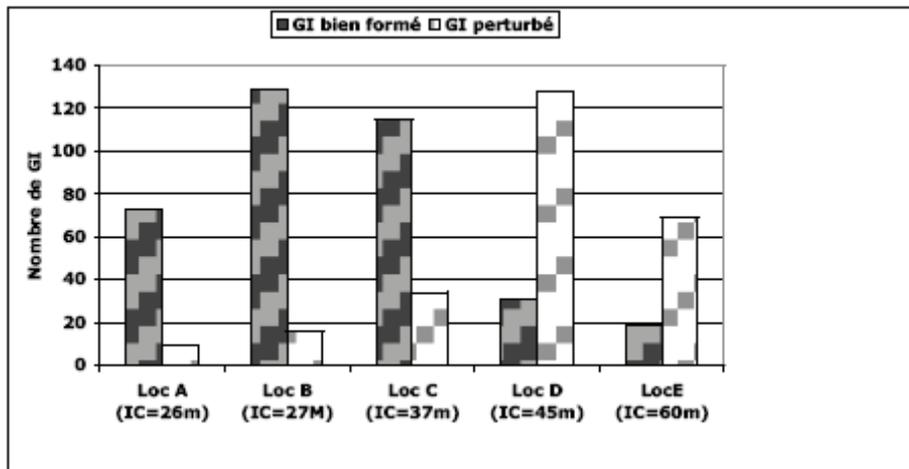


Figure 15: Proportion de groupes intonatifs bien formés et perturbés en fonction des locuteurs (IC=implantation) (LeNormand & Lacheret 2008)

En prenant en compte les types d'erreurs on observe les mêmes différences entre les enfants (Figure 16) : les trois locuteurs implantés avant 38 mois ne font que deux sortes d'erreurs : des erreurs d'incongruité d'allongement syllabique et des erreurs diverses. Les deux autres locuteurs, implantés après 38 mois font en plus des erreurs d'accents morpho-phonologique et des erreurs d'accentuation.

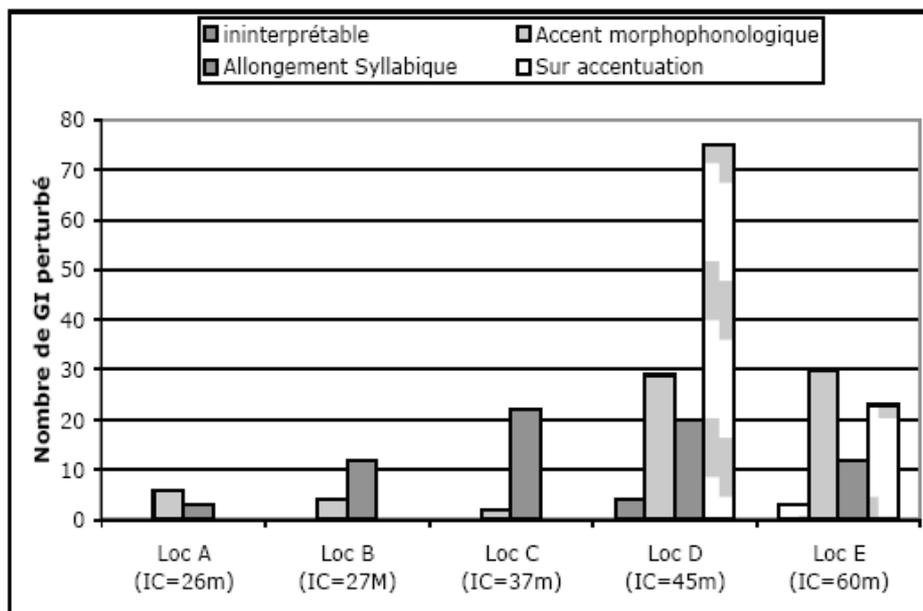


Figure 16: Proportion des types d'erreurs en fonction des locuteurs. (LeNormand & Lacheret 2008)

En résumé, même si LeNormand et Lacheret (2008) ne comparent pas les résultats des enfants implantés avec ceux d'enfants entendants ou d'autres enfants sourds (porteurs d'un appareillage classique, ou sans aide auditive) leur étude, permet de

constater que l'âge d'implantation est important aussi pour l'acquisition de la prosodie, puisque les enfants implantés précocement c'est-à-dire avant 38 mois font moins d'erreurs prosodiques que les enfants implantés tardivement c'est-à-dire après 38 mois.

2.2.2. Voyelles

L'étude d'Ertmer (2001) porte sur le système vocalique d'une enfant implanté cochléaire.

Hannah a été diagnostiquée sourde profonde à la naissance. Elle a porté un appareillage classique à partir de ses 6 mois, puis on l'a implantée à 19 mois. Son implant a été activé à 20 mois.

Elle a été filmée et enregistrée chez elle deux fois pré implantation et douze fois post activation de l'implant à raison d'un enregistrement tous les mois.

En analyse acoustique de l'espace vocalique d'Hannah, Ertmer a retenu cinq exemplaires des voyelles /i/ /a/ /u/ dans les enregistrements post activation 11 et 12. Trois exemplaires de la voyelle /ɪ/ sont sélectionnés dans les mêmes enregistrements. On compare les mesures de ces voyelles avec celles de l'espace vocalique des jumeaux (un sourd et un entendant) étudiés par Kent et al. (1987) ; à un an post-activation de l'implant, l'espace vocalique d'Hannah est plus large que celui du jumeau sourd, mais il est équivalent à celui du jumeau entendant.

Si on observe et que l'on compare la valeur des formants des différentes voyelles on observe :

-en F1, les différentes productions des voyelles /a/ et /ae/ sont plus variables (avec une variation entre les productions de 251 Hz et 378 Hz respectivement) que les productions des voyelles /i/ et /u/ (avec une variation entre les productions de 145 Hz et 202 Hz)

-en F2, les variations de productions des voyelles /i/ (428 Hz), /ae/ (497 Hz) et /u/ (537 Hz) sont en contraste avec celles de la voyelle /a/ (144Hz)

L'analyse acoustique est comparée avec un étiquetage perceptif. Les enregistrements retenus sont validés par deux locuteurs anglophones qui doivent écouter les enregistrements et préciser quelle voyelle ils ont entendue.

Lors des douze enregistrements post activation, les locuteurs ont perçu neuf voyelles différentes /ɪ/ /ɛ/ /æ/ /ə/ /a/ /i/ /u/ /o/ /e/, ils n'ont pas identifié de /ɔ/.

Pré-implantation, trois voyelles (/e/ /a/ /ɪ/) sont identifiées sur les quinze produites. Au premier enregistrement seul le /i/ est identifié sur les neuf voyelles produites. Après deux mois post activation, les voyelles produites et identifiées augmentent considérablement.

En examinant la diversité de lieu et de hauteur des voyelles, l'auteur a effectué plusieurs observations :

Dans les deux enregistrements pré implantation et le premier enregistrement post implantation, les voyelles présentes sont les voyelles avant-hautes centrales et arrières basses.

La voyelle /e/ est dominante ; elle représente plus de 50% des enregistrements 3, 4, 5, 8, 9, 11 post-activation de l'implant.

Les voyelles arrière-basses sont les plus fréquentes à partir du deuxième mois post activation, puis à partir du cinquième mois ce sont les voyelles avant-hautes qui sont les plus produites.

Toutes les voyelles ont été observées au moins une fois entre le cinquième et le douzième enregistrement.

La mère de l'enfant a tenu un journal des productions d'Hannah, où elle précise que les voyelles seules ont joué un rôle dans les premières intentions de communication d'Hannah par exemple le /i/ était interprété par sa mère comme « eat » à l'heure du déjeuner et le /u/ était interprété comme « two » lors d'activités de comptage.

En conclusion, l'auteur note que Hannah a fait des progrès considérables pendant la première année en matière de production de voyelles. Pré-implantation, son inventaire était plus petit que celui des autres enfants sourds, mais dès deux mois post-implantation, son inventaire passe de deux types de voyelles à cinq types de voyelles, ce qui suggère que les voyelles sont plus facile à reproduire pour Hannah une fois qu'elle est implantée.

En 2005, Warner-Czyz et al. (2005) étudient la production des voyelles chez une enfant sourde, faisant partie d'une étude de McCaffrey (1999). Elle a été diagnostiquée à douze mois, implantée à 24 mois et son implant a été activé à 25 mois.

Cinq enregistrements d'une heure en interaction libre ont été effectués : deux à 3 et 1 mois pré-implantation et trois à 2, 7 et 9 mois post implantation. Ils sont annotés via un étiquetage perceptif.

Les voyelles centrales constituent les plus grandes proportions de l'inventaire phonétique pré-implantation et deux mois post implantation.

Après 7 mois post implantation, les types de voyelles sont plus diversifiés pour inclure des voyelles basses-centrales, en égale proportion par rapport aux voyelles moyennes-centrales.

A 9 mois post implantation, on observe une expansion du répertoire vocalique avec l'apparition de voyelles antérieures hautes, de postérieures moyennes et de postérieures basses.

Les voyelles centrales sont plus les plus fréquentes sauf à 9 mois post implantation où les voyelles antérieures représentent 35% des monophthongues.

Les diphtongues représentent 10% des vocalisations produites dans les premiers enregistrements, alors que dans les derniers enregistrements, elles représentent 15 à 22% des productions avec les diphtongues /aɪ / et /aU/ dans la production de « bye-bye » par exemple.

Les voyelles moyennes et centrales sont les plus fréquemment produites jusqu'aux derniers enregistrements, où les voyelles antérieures émergent et la hauteur s'équilibre.

La proportion de voyelles varie selon la position dans le mot. Pré-implantation, et jusque 7 mois post-implantation, la syllabe initiale comprend des voyelles centrales-moyennes dans les mots comme « away » ou « buck-buck ». Les diphtongues commencent par une voyelle centrale basse.

Ce patron vocalique change à neuf mois post implantation, lorsque les voyelles antérieures basses et les voyelles centrales deviennent plus fréquentes dans les productions de l'enfant. Le second patron de syllabe exhibe un effet lexical avec plus de voyelles antérieures moyennes (comme dans « away ») dans les premiers

enregistrements, et plus de voyelles antérieures hautes (comme dans « mommy » et « daddy ») dans les sessions les plus tardives.

Les auteurs observent également la précision des productions des voyelles par rapport à la cible phonologique, en comparaison avec la précision des consonnes ; ils évaluent le taux de précision des voyelles ou des consonnes imprécises, lorsque la production varie dans le mode ou le lieu d'articulation pour les consonnes ou dans l'antériorité ou la hauteur pour les voyelles. Ils observent également le taux de voyelles et de consonnes omises.

En contraste avec les consonnes, où les omissions représentent la majorité des cibles, l'enfant omet seulement 6% des monophthongues.

La précision des syllabes pré-implantation est plus forte pour les voyelles antérieures basses que pour les voyelles moyennes centrales dans les mots « hat » et « away » par exemple.

A 7 mois post implantation, 11 sur 15 voyelles antérieures hautes sont produites correctement dans la première syllabe.

A 9 mois, l'enfant produit un taux de précision de plus de 50% dans six catégories de voyelles : postérieures-hautes, antérieurs-hautes, centrales-basses, antérieures-basses, postérieures-moyennes et centrales-moyennes.

On n'observe pas de voyelles précises en deuxième syllabe avant les derniers enregistrements, où l'enfant réussit 77 à 83% des cibles postérieures moyennes dans les mots comme « yellow » ou « uh-oh », et 59 à 62% des cibles antérieures hautes dans les mots comme « daddy », « piggy » ou « kitty ».

Enfin, l'analyse de l'antériorité révèle une précision de voyelles centrales de plus de 70% comparées aux antérieures (29 à 69%) et postérieures (0 à 86%)

Par la suite, Warner-Czyz, A. D. (2010) cherche à décrire la qualité de production des voyelles, ainsi que leur durée.

Elle analyse les productions de treize enfants sourds, âgés entre 10 et 18 mois au début de l'étude. Ces enfants ont reçu un appareillage classique d'aide auditive, en moyenne à 6,7 mois, puis ils ont été implantés entre 12,2 et 21,6 mois.

Les enfants sont enregistrés une heure par mois pré-implantation et 18 mois post implantation ; leurs productions sont analysées grâce à un étiquetage perceptif.

La qualité de voix des voyelles est principalement perçue comme normale, à plus de 65%. Les voyelles sont cependant nasalisées et laryngalisées à plus de 10% même six mois post implantation. (Figure 17)

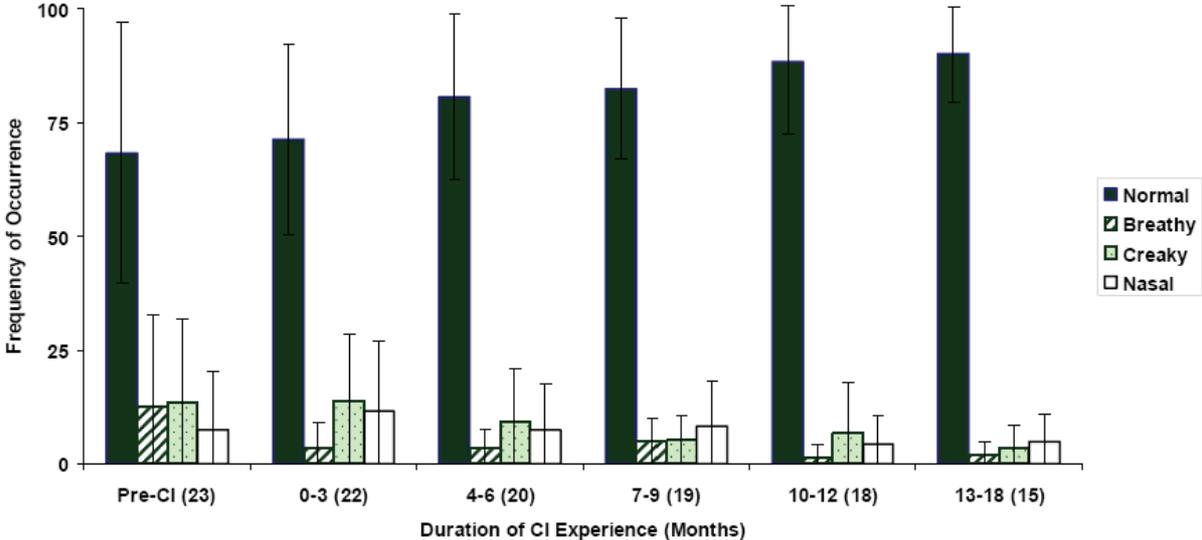


Figure 17 : Perception de la qualité des voyelles (Warner-Czyz, A. D. 2010)

Plus de 70% des voyelles ont une durée normale, même si 20% sont considérées comme prolongées même 6 mois post implantation. (Figure 18)

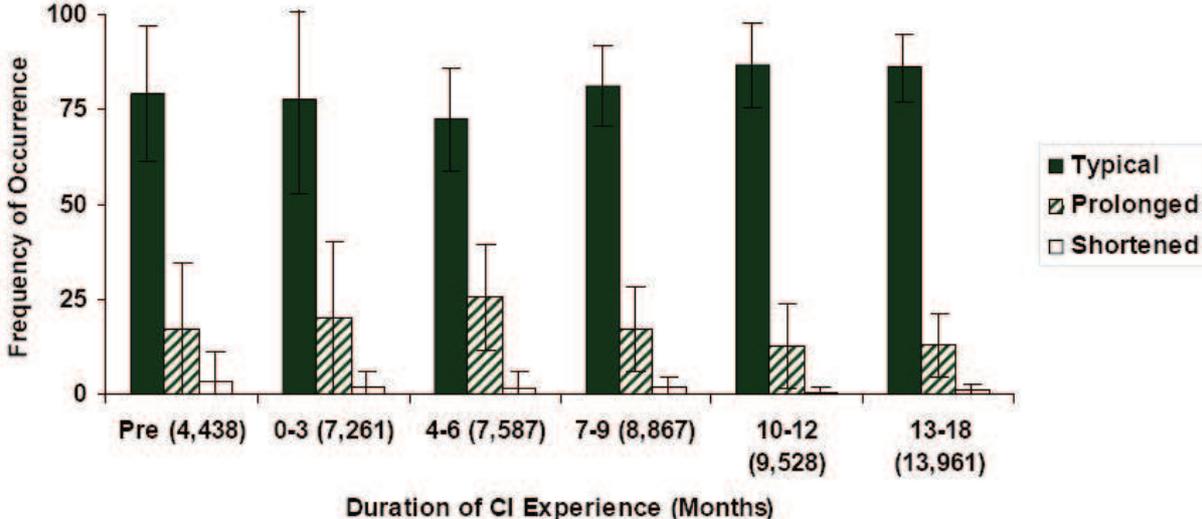


Figure 18 : Durée des voyelles (Warner-Czyz, A. D. 2010)

Enfin, l'auteur note que les voyelles les plus précises sont les voyelles avant basses. On note également que le taux de voyelles précises est supérieur au taux de voyelles substituées ou omises (Figure 19)

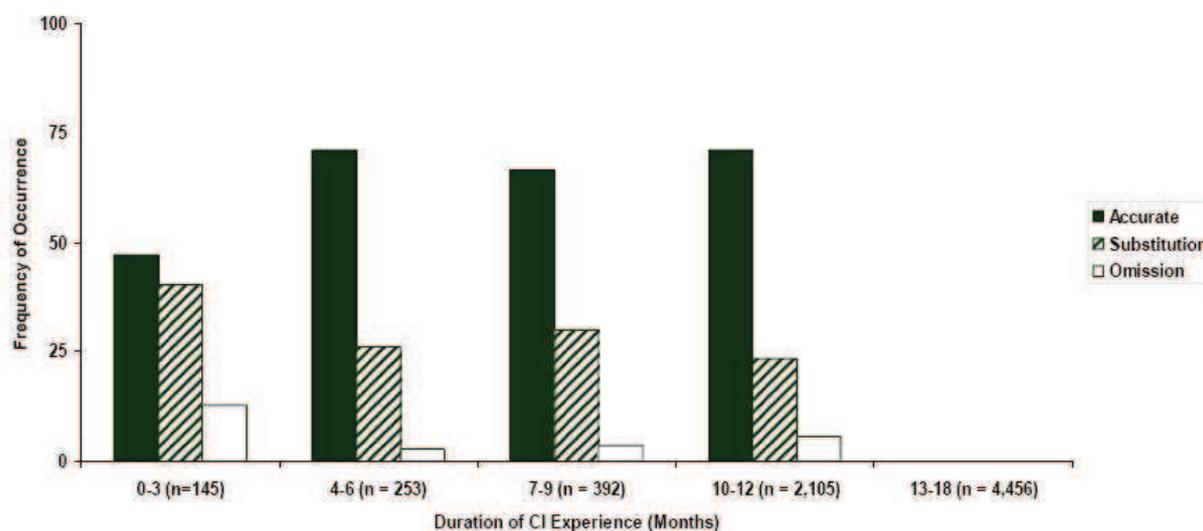


Figure 19: Précision des voyelles (Warner-Czyz, A. D. 2010)

En résumé, on constate que deux études (celles de Hide et al. 2007 et de Ertmer 2001) montrent que l'implant permet aux enfants sourds d'obtenir des résultats équivalents à ceux des enfants entendants en matière de production de voyelle. Les deux études de Warner-Czyz et al. (2005, 2010) ne comparent pas les résultats des enfants implantés avec ceux d'autres enfants et ne permettent donc pas de montrer ni l'apport de l'implant, ni ses limites.

2.2.3. Consonnes

Schauwers et al. (2004) étudient le babillage chez la plus jeune enfant implantée à l'époque, âgée de 5 mois au moment de l'implantation. (Voir partie 1.2) L'enfant produit plus de plosives et de glides que de nasales et de fricatives. La présence de plus de 83% de plosives n'est pas expliquée et les auteurs notent la nécessité de faire plus d'analyses, sur plus d'enfants implantés précocement.

Dans leur étude citée précédemment, Warner-Czyz et al. (2005) observent également les productions de consonnes et la précision de ces productions chez une enfant implantée à 24 mois (Voir partie 2.2.2)

L'inventaire phonétique des consonnes révèle une augmentation considérable de consonnes dans le temps. En effet de 51 consonnes produites pré-implantation, on passe à 377 consonnes à 9 mois post implantation.

L'enfant produit plus de labiales en position centrale et initiale dans le mot. Les nasales sont plus fréquentes lors des premiers enregistrements, particulièrement en position initiale.

A 7 mois post implantation, le répertoire de l'enfant s'élargit en incluant des consonnes plosives orales en position initiale et centrale en plus des glides et des consonnes nasales.

A 9 mois, les plosives représentent 60% des productions de consonnes, dans toutes les positions dans le mot.

Les caractéristiques des cibles lexicales sont similaires à l'inventaire phonétique. Pré-implantation, les labiales en position initiale dominent avec la production de /w/ dans les mots « what, where, want ».

Pendant les sessions pré-implantation, les cibles avec labiales initiales dominent, alors que les coronales initiales émergent seulement.

A 9 mois post implantation, on observe, en position initiale, autant de labiales que de coronales. Par contre, en position centrale, on observe plus de coronales que de labiales.

Les cibles lexicales varient également selon le mode d'articulation, avec, à deux mois post implantation, 30% de nasales, et 50% de plosives, de liquides et de fricatives.

A 7 et 9 mois post implantation, les plosives sont plus fréquentes que les autres consonnes.

Enfin, on note que les modes d'articulation diffèrent selon la position dans le mot. Ainsi, en initiale, on observe des consonnes fricatives pré-implantation alors que post implantation, on observe plus de consonnes plosives.

Pré-implantation, en position centrale, on observe la glide /w/ dans le mot « away » alors que dans les derniers enregistrements, les plosives seront plus observées.

En fin de mot, les consonnes les plus observées seront les plosives, et ce dans tous les enregistrements.

Les auteurs observent moins de précision de consonnes que de voyelles et ce dans toutes les sessions d'enregistrements.

Avant 7 mois post implantation, en position initiale la consonne /m/ est produite à un degré de précision de 80 à 100% et en position centrale, la consonne /w/ est produite à un degré de précision de 100%.

La précision de catégorie est calculée en divisant le nombre de productions dans la catégorie correcte (c'est-à-dire le lieu ou le mode d'articulation pour les consonnes et la hauteur ou l'antériorité pour les voyelles) par le nombre total de tentatives de production, en incluant les productions correctes comme une sous partie ; par contre, les omissions ne sont pas comptabilisées

Ainsi, les labiales initiales sont produites plus précisément dans les sessions les plus précoces. Les coronales et les dorsales n'excèdent pas 30% de précision. Le score de précision par le mode est plus élevé pré implantation et deux mois post implantation, principalement grâce à la production correcte de la consonne /m/.

A 7 et 9 mois post-implantation, les consonnes plosives sont les plus précises, particulièrement en position initiale. Les nasales sont produites plus précisément en position initiale également, alors que les glides sont mieux produites en position centrale.

Le taux de précision s'améliore particulièrement puisque de 17% pour le lieu et le mode d'articulation et 31% pour le lieu uniquement à 3 mois pré-implantation, on passe à 62 et 76% de précision dans les derniers enregistrements.

Les auteurs notent que le niveau de précision montre un petit progrès dans le temps et ne révèle pas la nature des changements de production de patrons.

Enfin, si on observe les omissions de consonnes, on note que les consonnes les plus omises sont les finales. Cependant, le taux d'omissions diminue dans le temps, et passe de 70% lors des premiers enregistrements à entre 38 et 50% dans les sessions finales. Comme la proportion de consonnes omises diminue, le score de précision s'améliore.

On observe quelques différences avec les enfants entendants. L'enfant implantée préfère les consonnes nasales dans les premières sessions d'enregistrements, une tendance qui est souvent observée chez les sourds profonds. A 7 mois post-implantation, la proportion de consonnes nasales baisse pour se rapprocher des données des enfants entendants.

La distribution des consonnes est stable pendant toute la durée de l'étude alors que chez les enfants entendants, on observe une baisse de la proportion de consonnes

labiales et une hausse des consonnes coronales et des dorsales pendant la période des premiers mots.

Les auteurs supposent que la durée de l'étude ne permet pas d'observer un changement du lieu d'articulation. En effet, sans beaucoup d'expérience auditive et avec une information visuelle limitée des consonnes linguales, l'intégration de coronales et de dorsales dans le répertoire de l'enfant ne sera pas faite à 9 mois post-implantation.

Warner-Czyz (2010) observe également dans son étude (13 enfants âgés de 10 à 18 mois, implantés entre 12,2 et 21,6 mois) la précision de production des consonnes, en la comparant avec la précision des voyelles. (Voir partie 2.2.2) Elle note qu'alors que le taux de voyelles précises est supérieur aux taux de voyelles substituées ou omises, pour les consonnes, on observe que le taux de consonnes substituées est supérieur au taux de consonnes précises ou omises (Figure 20).

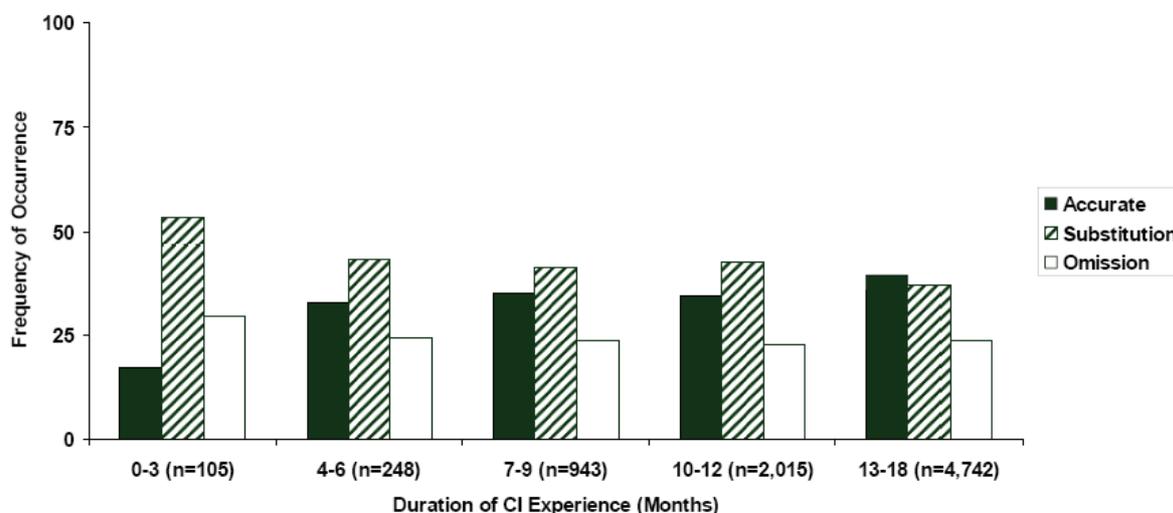


Figure 20: Précision des consonnes (Warner-Czyz, A. D. 2010)

Bouchard et al. (2007) cités précédemment (partie 1.2), suivent la production et la précision des consonnes dans un groupe de 22 enfants sourds implantés entre 25 et 78 mois. Ces enfants ont reçu soit une éducation en LPC, soit en français signé, soit en LSF soit en oral uniquement.

Ils sont filmés et enregistrés à 6, 12 et 18 mois post-implantation, pendant vingt minutes, en interaction libre, stimulée par des jouets. Les productions de consonnes,

annotées grâce à un étiquetage perceptif par trois locuteurs, sont classées en deux critères : émergence et acquis.

Les consonnes les plus fréquentes sont les plosives qui représentent 55% des consonnes à 6 mois post implantation puis 45% à 8 mois post implantation.

La production des autres consonnes varie entre 10 et 15%. On note que les labiales sont les plus présentes à six mois et les alvéolaires augmentent graduellement au cours des trois enregistrements. De plus, les consonnes voisées sont plus fréquentes que les consonnes non voisées.

A six mois, [m, p] sont des consonnes acquises. A la fin de l'étude les consonnes acquises ont considérablement augmenté : /l/ /b/ /n/ /w/ /t/ /j/ /d/ /f/ /r/ /s/.

La production des consonnes est également évaluée en termes de précision de production. A six mois, 64% des fricatives et 95% des plosives sont correctement produites. Tout au long de l'étude, les plosives seront les plus précises tandis que les fricatives seront les moins précises.

De plus on peut préciser que s'il y a une substitution de fricative, elle sera remplacée par une plosive.

En résumé, on constate que les différentes études menées sur la production de consonnes ne comparent pas les productions des enfants implantés. De plus, il n'y a quasiment pas d'études acoustiques sur ce sujet. Il serait donc intéressant de comparer leurs productions grâce à une analyse acoustique avec celles d'enfants entendants, celles d'enfants sourds non appareillés, et éventuellement celles d'enfants sourds porteurs d'un appareillage classique, ceci afin de déterminer l'apport et les limites de l'implant.

2.2.4. Syllabes et compatibilité articulatoire

Ertmer (2001) étudie les syllabes dans la production langagière d'Hannah, implantée à 20 mois. (Voir partie 2.2.2)

L'enfant a produit 1619 phonations qui ont été classées en six types de phonations retenues pour l'expérimentation : voyelles seules, deux premières voyelles d'une série, syllabes CV ou VC, dissyllabes CVCV ou VCVC.

Avant implantation et jusqu'à quatre mois après l'activation de l'implant, les voyelles seules et les séries de voyelles sont les types de vocalisations les plus fréquents d'Hannah puisqu'ils représentent 74 à 94% des productions.

A cinq mois post activation, la proportion de syllabes CV ou VC passe à 50%, puis après six mois post activation, elle représente entre 63 et 80% des productions de l'enfant.

Warner-Czyz et al. (2005) observent également la production de syllabes, chez une enfant implantée à 25 mois. (Voir partie 2.2.2)

Les syllabes CV augmentent considérablement entre les sessions pré-implantation où l'enfant produit 56 et 59 syllabes, et l'enregistrement 9 mois post-implantation, où l'enfant produit 286 syllabes.

Les syllabes labiales-centrales représentent entre 36 et 89% des productions.

Divers types de syllabes CV dépassent les caractéristiques de compatibilité articulaire de plus de 60% dans les premiers enregistrements quand les coronales-postérieures et les labiales-antérieures représentent la majorité du lexique.

A 7 mois post-implantation, l'enfant produit plus de syllabes prédites, enfin à 9 mois post-implantation, on observe plus d'uniformité dans les syllabes, comme son vocabulaire s'étend dans le temps.

L'enfant produit rarement des syllabes précises lors des premières sessions d'enregistrements, excepté pour le mot « more » où elle obtient un score de précision de 100% ainsi que pour le mot « baa », le nom de son jouet-mouton, où elle obtient un score de 33%, lors du premier enregistrement.

Avant implantation, les cibles lexicales sont réalisées comme des non-syllabes omises partiellement. L'omission complète des syllabes est rare, puisque l'enfant marque souvent les syllabes avec une voyelle seule.

Après 7 mois d'utilisation de l'implant, la proportion de non-syllabes dans les vocalisations diminue à 18%, ce qui suggère un effet positif de l'apport auditif sur les capacités de l'enfant à produire des syllabes CV.

Schauwers et al. (2008) dans leur étude décrite précédemment (10 enfants implantés entre 5 et 20 mois), ont analysé 14,918 syllabes provenant de 11,5

sessions d'analyse chez les enfants normo entendants et 11,921 syllabes provenant de 7,5 sessions d'analyse chez les enfants implantés.(Voir partie 1.2) Toutes les syllabes consonnes-voyelles ont été analysées. Les productions des enfants sont analysées sur deux points : la cooccurrence inter-syllabique et les patrons inter-syllabiques.

Les auteurs se sont basés sur le FDT (Frame Dominance Theory) de Davis et McNeilage (1995) qui détermine que les cooccurrences inter-syllabiques les plus fréquentes dans le babillage sont : consonnes coronales+voyelles antérieures, consonnes labiales+voyelles centrales et consonnes vélaires+voyelles postérieures. Des analyses statistiques sont utilisées pour confronter les productions des enfants à ce classement.

Les auteurs se sont servi des analyses des patrons inter-syllabiques pour déterminer comment les consonnes et les voyelles varient d'une syllabe à l'autre ; les consonnes en fonction du lieu d'articulation et du mode d'articulation et les voyelles en fonction de leur degré d'aperture et de leur point d'articulation.

Les normo entendants et les enfants implantés ont produit plus de consonnes coronales/voyelles antérieures et de consonnes labiales/voyelles postérieures et moins de labiales/antérieures et coronales/postérieures qu'attendues.

On ne note pas de différences notables entre les deux groupes.

Les auteurs notent que les productions des enfants sont généralement conformes à la théorie de McNeilage et Davis pour les patrons inter syllabiques mais pas pour les patrons intra syllabiques.

L'étude de Warner-Czyz et al. (2010) analyse les productions de quatre enfants sourds implantés avant deux ans. Trois des enfants ont été diagnostiqués avant neuf mois le dernier l'ayant été à la naissance. Les enfants implantés sont enregistrés au moins six mois après implantation et leur moyenne d'âge est de 24,75 mois. Leurs productions sont comparées à celles de quatre enfants normo entendants d'une autre étude de Davis et al. (2002).

Dans les productions des enfants, on observe la proportion de consonnes selon le lieu d'articulation (labial, coronal, dorsal) et selon le mode d'articulation (plosive, nasale, fricative). Les consonnes affriquées, les glides et les liquides ne sont pas analysées en raison du faible taux de production. Les voyelles sont classées selon leur hauteur (front central back) et leur antériorité (high, mid, low), ce qui donne sept possibilités : *highfront, midfront, lowfront, midcentral, lowcentral, highback, midback*. Les productions sont analysées sur deux points principaux : la compatibilité articulatoire et le niveau de précision de production des syllabes.

La compatibilité articulatoire des syllabes CV est analysée selon la théorie Frame-Content ; on calcule les fréquences de production. Cette méthode avait été utilisée dans d'autres études de Davis et MacNeilage (1995, 1990). Si les enfants produisent 50% de consonnes labiales et 40% de voyelles centrales, alors la fréquence attendue de syllabes CV labiale-centrale sera de 20% ($0,50 \times 0,40 = 0,20$). Ensuite on compare le taux de syllabes produites et le taux de syllabes attendues. Ainsi, si l'enfant produit 40% de CV labiale-centrale, mais qu'on en attendait que 20% alors le rapport observé-produit sera de 2.0 ($0,40 \div 0,20 = 2,0$).

Les enfants normo entendants ont produit 1593 syllabes CV tandis que les enfants implantés en ont produit 1038, les syllabes labiales-centrales sont les plus produites dans les deux groupes d'enfants.

Les enfants normo entendants ont produit un taux de syllabes prédites avec compatibilité articulatoire égale au taux de syllabes non prédites avec diversité articulatoire. Les enfants implantés ont produit plus de syllabes prédites avec compatibilité articulatoire que de syllabes non-prédites avec diversité articulatoire.

La précision d'articulation des syllabes CV est classée en six niveaux : 1. Précis 2. Catégorie CV précise 3. Précision partielle 4. Imprécis 5. Omission partielle 6. Omission totale. Il s'agit des niveaux de précision des productions des enfants d'une cible lexicale identifiée. Plusieurs variables indépendantes sont identifiées : le groupe, la compatibilité articulatoire et le moment post-activation de l'implant.

Au niveau des précisions de productions et des erreurs de patrons syllabiques, on observe que les normo entendants atteignent un niveau de précision plus important

que les enfants implantés. Par contre, les types d'erreurs sont les mêmes dans les deux groupes.

En effet, les deux types d'erreurs les plus réalisées sont des erreurs de niveau 3 c'est-à-dire de précision partielle par exemple une syllabe avec la consonne précise mais avec un placement non précis de la voyelle et des erreurs de niveau 5, c'est-à-dire omission partielle (omission de la consonne ou de la voyelle). Dans les erreurs de niveau 5, on constate que les enfants ont plus tendance à ne pas produire la consonne par rapport à la voyelle.

Enfin, on observe que les syllabes les plus précises dans les deux groupes sont les labiales-centrales, les dorsales-antérieures et les coronales-antérieures.

Une analyse de la variable indépendante du moment d'enregistrement montre qu'il y a plus de précision dans les enregistrements tardifs que dans les enregistrements précoces. L'effet du temps est indépendant au groupe.

En résumé, on peut dire qu'il est dommage qu'il n'y ait pas de comparaison entre les enfants implantés et d'autres enfants que dans une seule étude (celle de Schauwers et al. 2008). Une comparaison des différents résultats aurait permis de confirmer ou d'infirmer les résultats de Schauwers et al. (2008), qui constate que les enfants implantés et les enfants entendants font le même type d'erreurs de production de syllabes, mais que les enfants implantés font plus d'erreurs que les enfants entendants.

2.2.5. Intelligibilité de parole

Ertmer (2003) étudie la même enfant que dans son étude de 2001, Hannah, implantée à 20 mois.

Pour tester l'intelligibilité de parole d'Hannah, on fait écouter ses productions à des locuteurs ne connaissant pas la voix des sourds qui doivent noter ce qu'ils perçoivent.

L'intelligibilité de parole d'Hannah s'améliore considérablement puisque que ses scores passent de 10% à 24 mois à 67% à 42 mois.

L'étude de Johnson & Goswami (2010) porte sur l'intelligibilité de parole d'enfants implantés. Ils comparent un groupe d'enfant entendant, un groupe d'enfants sourds appareillés et deux groupes d'enfants implantés, un groupe implanté à moins de 39 mois et un groupe implanté à plus de 43 mois. (Voir partie 1.2)

L'intelligibilité de parole des enfants est évaluée par Johnson, selon le Phonological Evaluation and Transcription of Audio-Visual Language (Parker, 1999). Les enfants obtiennent des scores de 1 à 5, le score de 1 étant obtenu lorsque la parole de l'enfant est facilement compréhensible, et 5 étant donné lorsque la parole est difficilement compréhensible.

Les auteurs n'ont pas constaté de différences entre les deux groupes d'enfants implantés, par contre les enfants entendants ont obtenu de meilleurs scores que les enfants implantés.

L'intelligibilité de parole semble donc être une limite de l'implantation cochléaire, même si ces deux études, qui sont peu précises, ne permettent pas de comprendre pourquoi les enfants implantés n'ont pas une parole très intelligible. La solution pour comprendre ce problème serait de faire une analyse acoustique des productions des enfants

2.3. Niveau lexical

2.3.1. Prosodie

Adi-Bensaid & Bat- El (2004) suivent le développement de la prosodie dans le langage chez un enfant sourd profond. Il a reçu un appareillage classique à 5 mois puis il a été implanté à un an et deux mois. Il est éduqué en communication orale seule.

Il est enregistré 38 fois pendant 45 minutes lors de parole spontanée. Le premier enregistrement est réalisé à un an et cinq mois, et le dernier enregistrement est effectué à trois ans et quatre mois.

On compare le développement de l'acquisition prosodique de l'enfant implanté avec celui des enfants normo entendants établi précédemment dans une étude de Adam (2002) qui proposait cinq stades d'acquisition :

Etat initial, où les syllabes produites correspondent à une des syllabes du mot cible

Stade des mots pré minimaux : où les mots monosyllabiques produits correspondent aux cibles de mots où la dernière syllabe est accentuée (« du » pour « kadúr ») et où les mots dissyllabiques correspondent à des cibles de mots polysyllabiques donc l'avant dernière syllabe est accentuée (« nána » pour « banána »)

Stade de mots minimaux : où les mots produits correspondent aux deux dernières syllabes du mot cible.

Stade pré-final : où les mots produits sont composés au maximum de trois syllabes, correspondant aux trois dernières syllabes des mots cibles.

Stade final : les productions des enfants correspondent aux mots cibles.

Chez l'enfant implanté, le stade d'état initial est atteint dès le début des enregistrements, c'est-à-dire à 1,5 ans, alors que chez les enfants entendants ce stade commence à 1,3 ans.

Les productions monosyllabiques de l'enfant implanté présentent les caractéristiques attendues, cependant on observe deux phénomènes inattendus : les voyelles longues et les mots uniquement vocaliques produits pour des cibles dissyllabiques.

Le stade de mots pré minimaux n'est pas observé clairement chez l'enfant implanté alors que chez les enfants entendants, il apparaît à 1,3 ans. Un enfant normo-entendant produit des mots monosyllabiques pour des cibles avec accentuations de la dernière syllabe, et des mots dissyllabiques pour des mots cibles avec accentuation de l'avant dernière syllabe.

Chez l'enfant implanté, on observe des voyelles longues et des mots vocaliques comme lors du stade d'état initial.

On peut supposer que l'enfant n'a pas effectué ce stade, mais les auteurs pensent que ce stade était présent mais qu'ils n'ont pas su le détecter. De plus, ils observent des restes du stade de mots pré-minimaux dans le stade des mots minimaux.

Le stade des mots minimaux est atteint à 2,1 ans chez l'enfant implanté, alors que chez un enfant entendant, on l'observe à 1,4 ans. Par contre ce stade est correctement produit chez l'enfant implanté.

Le stade pré-final, observé à 2,6 ans chez l'enfant implanté contre 1,7 chez les enfants entendants, est également bien réalisé.

Enfin, lors du stade final, atteint à 2,9 ans par l'enfant implanté et à 2,2 ans par les enfants entendants, tous les mots sont produits correctement prosodiquement en termes de nombres de syllabes, par contre le développement de la structure de la syllabe et de l'habillage segmental du mot ne sont pas atteints.

On observe donc deux phénomènes dans la parole de l'enfant implanté et non dans celle des enfants entendants : les voyelles longues et les mots uniquement vocaliques.

Les voyelles longues ne sont pas présentes en Hébreu et donc par extension dans la parole des enfants hébréophones normo-entendants, c'est un phénomène seulement observé en langage familier, lors de la perte de la consonne glottale médiane des mots.

Dans la production des enfants implantés, on observe deux cas de cibles où l'enfant produit des voyelles longues : dans une syllabe avec coda (à 57% pendant le stade initial et à 25% ensuite) et dans une syllabe pré-finale accentuée quand l'enfant ne produit pas la syllabe finale (observé à 100% pendant le stade initial et à 60% pendant le stade de mots minimaux, puis l'enfant n'oublie plus la dernière syllabe et arrête donc de produire des voyelles longues)

Les auteurs proposent trois explications possibles pour expliquer pourquoi on n'observe pas de voyelles longues chez les enfants hébréophones entendants :

-Les études sur les enfants normo-entendants ne portent pas sur la longueur des voyelles.

-Les données des enfants implantés sont collectées pendant l'orthophonie, alors que l'orthophoniste parle aux enfants à un rythme plus lent et à une fréquence plus haute et plus intense que la normale.

-Les voyelles longues ne persistent pas après le babillage chez les enfants normo entendants ce qui suggère que pour les enfants implantés, étant donné que l'apport auditif arrive tardivement, une longue période de transition entre le babillage et la parole est présente. En conséquence, les sons et les structures caractérisant le babillage persistent durant la parole.

Les études sur le développement du langage des enfants normo entendants ne sont pas claires en ce qui concerne la présence de mots uniquement vocaliques. En effet,

certaines études expliquent que les mots vocaliques peuvent apparaître lors d'un développement langagier normal, alors que d'autres études affirment le contraire, que les mots vocaliques apparaissent seulement dans le cas d'un développement langagier troublé.

Comme pour les voyelles longues, on suppose que la présence de mots vocaliques est due à l'apport auditif tardif et au reste de structures et de sons du babillage qui persistent durant la parole.

Cette explication est supportée par la diminution du nombre de mots vocaliques dans le temps : de 55% de mots vocaliques parmi les productions du stade initial, on passe à 10,5% lors du stade des mots minimaux puis on n'observe plus de mots vocaliques.

Les auteurs précisent que l'enfant implanté n'a pas de troubles développementaux et qu'il n'est donc pas concerné par les suppositions de présence de mots vocaliques dues à un développement langagier problématique ; plus d'études seraient donc nécessaires pour déterminer les conditions où la présence de mots vocaliques est considérée comme normale chez les enfants normo entendants.

2.3.2. Type de mots produits

L'étude d'Ertmer et al. (2003) est dans la continuité de celle réalisée par les mêmes auteurs, en 2001, qui observait le système vocalique d'Hannah, une enfant sourde implantée à vingt mois.

Les auteurs reprennent les données de l'étude de 2001, et on récolte des échantillons de parole et on réalise également des tests de parole et de langage à 30, 36 et 42 mois post implantation.

Les productions d'Hannah sont classées selon une échelle de six catégories : non-mots (NW), pré-mots (PW), mots simples (SW), combinaison de mots partiellement correcte (PCWC), combinaison de mots correcte (TCWC). Chaque production est classée grâce à sa structure phonologique et à un jugement d'une intention de communication lorsque l'enfant utilise la production pour faire du sens. Pour déterminer quand il y a une intention de communication, on se base sur les gestes de l'enfant, son expression faciale et la réponse de la mère aux productions. Les intentions de communication de l'enfant sont classées dans quatre catégories :

imitation demandée (EI), imitation spontanée (SI), réponses aux questions (RQ), interaction spontanées (SU).

Enfin, Hannah passe deux tests de langage : le PPVT-III qui évalue la taille du vocabulaire réceptif et le ACLC (Assessment of Children's Language Comprehension.)

Les non-mots et les pré-mots diminuent au profit des mots simples (Figure 21) jusque 20 mois post-implantation. Ensuite, entre 30 et 42 mois, les mots simples diminuent alors que les productions de combinaisons de mots correctes et incorrectes augmentent.

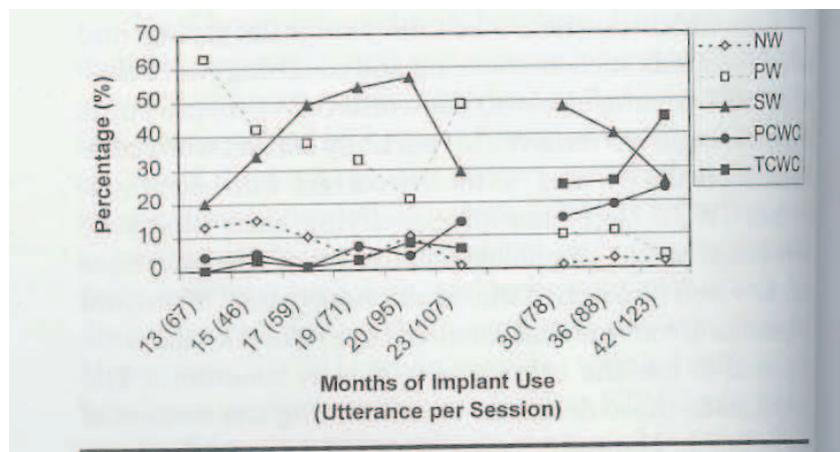


Figure 21: Evolution des types de mots post-implantation (Ertmer et al. 2003)
 (NW : non-mots, PW : pré-mots, SW : mots simples, PCWC : combinaison de mots partiellement correcte, TCWC : combinaison de mots correcte)

Parmi les intentions de communication, les non-imitations sont plus communes que les imitations (Figure 7). De plus on note qu'entre 30 et 42 mois post-implantation, les réponses aux questions deviennent plus fréquentes alors que les productions spontanées diminuent.

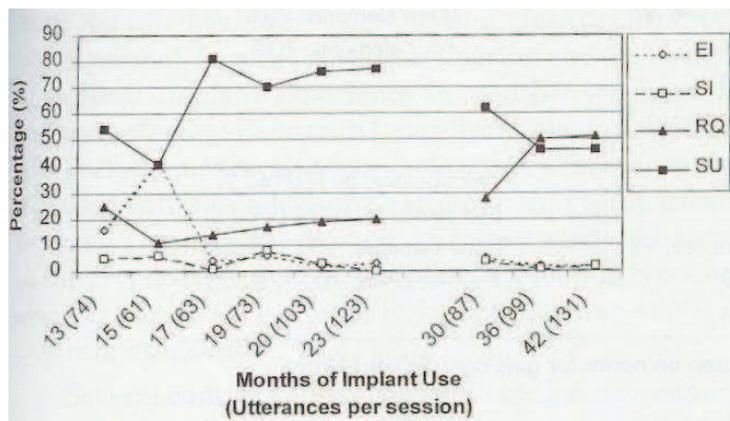


Figure 7 : Evolution des types de production post-implantation (Ertmer et al. 2003)
 (EI : Imitation demandée, SI : imitation spontanée, RQ : réponse aux questions, SU : interactions spontanées)

Entre 13 et 48 mois post implantation, les types de mots différents augmentent en passant de 9 à 48 mots différents. La fréquence d'apparition de mots augmente également en passant de 9 à 97 occurrences ; enfin, les interventions spontanées augmentent aussi en passant de 4 à 50 interactions.

Les auteurs notent que même si la fréquence d'apparition des mots est typique la plupart du temps, on observe que l'enfant produit plus de mots différents que les enfants entendants, et ce de manière plus modérée.

Les résultats de l'enfant au test PPVT-III correspondent à ceux de son âge auditif. Ses résultats au test ACLC atteignent presque 100% à 30 et 36 mois post implantation, puis à 42 mois post implantation, elle réussit à 100% le test. On observe que lorsque l'enfant connaît le vocabulaire, ses scores correspondent à ceux des enfants d'âge chronologique équivalent.

2.3.3. Précision des productions

Ertmer (2001) étudie les productions d'Hannah répertoriées par sa mère qui en a tenu un journal, à partir du troisième mois post activation. Elle note d'un côté les productions réalisées et de l'autre le mot qu'Hannah voulait dire. Ainsi, elle note « pee » pour « please » ou « yoggi » pour « doggy ». (Voir partie 2.2.2)

En tout 54 mots et petites phrases sont notées entre 3 et 11 mois post activation ; 94% des voyelles et 65% des consonnes reportées sont correctes par rapport à la cible.

Warner-Czyz et al. (2005) (Voir partie 2.2.2) notent qu'ils observent un pauvre niveau de précision de mots dans le répertoire de l'enfant implantée (implantée à 25 mois), puisqu'un bon niveau de précision nécessite une association correcte des caractéristiques des cibles lexicales des consonnes et des voyelles, ce qui peut être difficile pour l'enfant étant donné qu'elle n'obtient pas de bons scores de précision de voyelles et de consonnes séparément. Ainsi dans les trois premiers enregistrements, le taux de précision des mots est de 0%. A 7 mois il passe à 6% avec plus de 75% de précision pour les mots « bye » et « like ». Enfin à 9 mois post-implantation, le taux de précision atteint 14% avec 75% de production correcte pour les mots « baa », « two », « wash », « eye », « pee » et « up ».

Adi-Bensaid & Bat- El (2004), dans leur étude sur la prosodie chez les enfants sourds (Voir partie 2.3.1), expliquée précédemment, expliquent que le développement des mots prosodiques chez l'enfant implanté (implanté à un an et deux mois) est similaire à celui d'un enfant entendant. En effet, l'enfant implanté passe par les mêmes stades de développement que l'enfant entendant, même s'il atteint les différents stades à un âge plus tardif que l'enfant entendant. Les auteurs notent que l'enfant implanté met seulement 7 mois à parvenir à l'état final de développement alors que les enfants entendants suivis mettent entre 9 et 13 mois à établir l'état final.

Cependant au début du développement prosodique, pendant les trois premiers stades, l'enfant implanté produit certaines erreurs qui ne sont pas présentes chez les enfants entendants : les voyelles allongées et les mots uniquement vocaliques.

Par la suite, LeNormand & Lacheret (2008), dans leur étude décrite dans la partie précédente de notre travail, étudient la prosodie et les erreurs de productions de groupes intonatifs. (Voir partie 2.2.1)

Les auteurs établissent trois types d'erreurs principaux qu'ils mettent en relation avec l'âge d'implantation : les erreurs phonétiques, les erreurs d'accents morpho-

phonologiques et la construction erronées de pieds métriques, et les erreurs morphosyntaxiques.

Ils expliquent que les erreurs phonétiques sont des erreurs indépendantes de l'âge d'implantation, et qu'elles disparaîtront grâce à une rééducation orthophonique. Par contre, l'âge est un facteur important concernant les erreurs fonctionnelles qui alternent la communication, c'est-à-dire les erreurs morphosyntaxiques.

Les auteurs pensent que les enfants implantés tardivement n'ont pas eu la période auditive essentielle pendant laquelle l'enfant fait l'apprentissage des contraintes syntaxiques importantes pour la segmentation prosodique.

L'étude d'Ertmer & Goffman (2011) est dans la continuité de l'étude de Warner-Czyz et al. (2005). Les productions d'un groupe d'enfants implantés sont comparées avec celles d'un groupe d'enfants entendants, d'âge et de sexe équivalents. Le groupe d'enfants implantés est composé de deux garçons et quatre filles qui reçoivent leur implant entre 11 et 24 mois. Ils sont enregistrés deux ans post implantation, entre 35 et 61 mois.

Les enfants passent le First Words Speech Test (Ertmer, 1999). Il s'agit d'analyser les productions de 60 mots familiers aux enfants faisant partie du MacArthur Communicative Development Inventory (Fenson, Dale, Resnick et Bates, 1993). Les mots sont représentés par des jouets ou des petits objets que l'on présente aux enfants afin de faciliter la production. Les participants doivent répéter le mot trois fois. Les 60 mots sont répartis en quatre groupes : 1. mots commençants par /p/ /b/ /n/ /m/ /w/, 2. Mots commençants par /k/ /d/ /t/ /g/, 3. mots commençants par /f/ /l/ /j/ /s/ /r/, 4. mots commençants par /dʒ/ /z/ /ʃ/ /tʃ/ /v/.

Les productions des enfants sont analysées en termes de précision et de variation de le production. Ainsi, pour le mot « pig », lorsqu'un enfant produit [pɪg] [pɪg] [pɪk] il aura un score de précision de 100% pour la production de consonne initiale et la voyelle et 89% pour la production de mot puisque huit sur neuf phonèmes sont précis.

Les scores de variation varient entre 1 et 3, si on reprend l'exemple précédent, l'enfant aura 2.0 puisque deux productions différentes sont observées.

Les enfants implantés ont des scores de précision de consonne initiale plus élevés pour les groupes de mots 1 et 2 où ils obtiennent respectivement 89% et 80% que pour les groupes 3 et 4 où ils obtiennent des scores de 30 et 47%. Les enfants normo entendants ont des scores supérieurs à 90% pour les groupes de mots 1, 2 et 3 et de plus de 80% pour le groupe 4.

Au niveau de la précision des voyelles, les enfants implantés ont des scores entre 79 et 84% et les enfants normo entendants obtiennent des scores entre 98 et 99%.

Les enfants implantés obtiennent des scores entre 64 et 77% de précision de mots tandis que les enfants normo entendants atteignent des scores plus élevés, entre 95 et 98%.

Enfin, au niveau des différences entre les groupes de mots, on observe que les enfants implantés réussissent mieux les groupes 1 et 2 que les groupes 3 et 4 alors qu'il n'y a pas de différences significatives pour les enfants entendants.

Concernant la variation de production, les enfants normo entendants sont constants dans leurs scores selon les groupes de mots alors que les enfants implantés produisent des taux de variations supérieurs pour les groupes 3 et 4 que pour les groupes 1 et 2.

Les voyelles varient plus chez les enfants implantés que chez les enfants entendants puisque les enfants implantés obtiennent des scores allant de 1.14 à 1.22 alors que les enfants entendants obtiennent des scores entre 1.02 et 1.09. On ne note pas de différences entre les groupes de mots pour les deux groupes d'enfants.

Enfin, les deux groupes d'enfants produisent une variation de mots supérieure pour les groupes 3 et 4 que pour les groupes 1 et 2. Cette différence est plus marquée chez les enfants implantés que chez les enfants entendants. De plus, on note que les enfants implantés produisent plus de variation que les enfants entendants.

En conclusion les auteurs indiquent que les scores des enfants normo entendants montrent qu'ils semblent prêts à terminer leur processus de développement phonologique alors que les scores des enfants implantés montrent qu'ils sont à un stade de développement inférieur à celui des entendants.

Les auteurs expliquent que cette différence est due au fait que les enfants normo entendants ont une plus grande expérience auditive que les enfants implantés.

Ils précisent que les résultats montrent que deux ans d'expérience auditive post implant ne suffisent pas pour acquérir la stabilité des consonnes, des voyelles et donc des mots.

En résumé, même si la plupart des études ne font pas de comparaison entre les enfants implantés et d'autres groupes d'enfants (entendants, sourds appareillés, sourds sans aide auditive), on peut dire que les enfants implantés obtiennent des scores relativement bons en précision de production, même si, dans l'étude de Ertmer et Goffman (2011), les enfants implantés ont eu des scores légèrement inférieurs à ceux des enfants entendants.

2.3.4. Vocabulaire

Lors de leur suivi de la plus jeune implantée, Schauwers et al. (2004) (Voir partie 1.2) font passer des tests linguistiques à l'enfant :

- Une adaptation germanique du test de Mac Arthur Communicative Development Inventories (1993), basé sur les compétences de vocabulaire entre 8 et 30 mois, à partir d'un répertoire donné par les parents ;

- L'adaptation germanophone du Reynell Developmental Language Scales (1977) qui évalue le langage en perception et en production entre 2 et 5 ans, au niveau du vocabulaire et de la syntaxe ;

- Le Language Assessment Remediation and Screening Procedure (1977) qui consiste en une analyse morphosyntaxique du langage entre 1 et 4 ans ;

Les auteurs expliquent qu'au niveau lexical, à l'âge de quatre ans, le langage de la patiente est riche et expressif en termes de vocabulaire et de morphosyntaxe. Il est plus ou moins équivalent au langage des enfants entendants. On note une importante amélioration du langage à partir de trois ans.

L'étude de Ruggirello & Mayer (2010) suit les productions de deux jumelles: l'une est entendante, l'autre sourde ayant été implantée à un an, avec deux implants bilatéraux.

On a découvert la surdité de l'enfant implantée à 4 mois ; elle a d'abord porté des aides auditives classiques mais elle les rejette et ne les porte qu'entre 2 et 4 heures

par jour. Ses parents ne notent pas d'amélioration avec l'appareillage et communiquent avec elle par gestes et par le toucher. Elle sera implantée trois mois avant ses un an puis son implant sera activé plus ou moins 3 semaines après ses un an, c'est-à-dire à environ 12,5 mois.

Un mois après l'activation de l'implant, elle est calme mais semble percevoir des sons comme « un avion ou de l'eau qui coule ». Elle est suivie par un orthophoniste et par un professeur à domicile.

Les jumelles sont suivies entre 7 mois et 2,4 ans.

Des notes sont prises à domicile, au cours de séances d'interaction libre entre la mère et les filles, celles-ci étant stimulées par des jouets, des livres et des puzzles. Les neufs premiers mois, les séances sont réalisées chaque semaine, à raison de deux heures par semaines. Les dix mois suivant, les séances ont lieu toutes les deux semaines puis trois séances de deux heures sont réparties pendant les quatre derniers mois.

Les jumelles passent un test de langage : le SKI-III Language Development Scale (Watkins 2004) réalisé tous les quatre mois à partir de 11 mois

Le Language Development Scale (LDS) est un rapport des parents, qui notent le niveau de langage réceptif et productif. (Figure 22)

Pré-implantation, l'enfant implantée n'a pas des résultats appropriés à son âge chronologique. A trois mois post-implantation, elle obtient un score approprié en perception, et un score juste en dessous de la moyenne en production.

A huit mois post implantation, ses capacités de perception du langage se développent correctement, alors que ses scores en production du langage correspondent à ceux d'enfants de cinq mois plus jeunes qu'elle.

A partir de dix mois post implantation, ses scores de vocabulaire réceptifs et perceptifs sont corrects.

L'enfant entendante, quant à elle, obtient de bons scores dès les premiers tests.

Date of assessment	Chronological age	Hearing age (months)	Expressive language (months)	Receptive language
TD				
January 24, 2006	11 months	0 (preimplant)	6–8	6–8
June 21, 2006	1 year 4 months (16 months)	3 (postimplant)	12–14	14–16
November 23, 2006	1 year 9 months (21 months)	8	14–16	18–20
January 19, 2007	1 year 11 months (23 months)	10	22–24	22–24
May 17, 2007	2 years 3 months (27 months)	15	24–28	24–28
TNH				
May 17, 2007	2 years 3 months		32–36	32–36

**Figure 22: Résultat du Language Development Scale (Ruggirello & Mayer 2010)
(TD : Jumelle implantée, TNH : Jumelle entendante)**

On récolte également des échantillons de langage lors d'interactions avec d'autres membres de la famille et l'examineur, lorsque les enfants ont 2,10 ans donc 1,9 an d'âge auditif pour l'enfant implantée. Les sessions d'enregistrement durent 80 minutes, c'est-à-dire 20 minutes par enfant puis 40 minutes d'enregistrement avec les deux enfants. Les jumelles sont enregistrées sur une période de 19 mois, une fois par semaine pendant les neufs premiers mois puis deux fois par semaine pendant les dix mois suivants. Les mêmes activités sont proposées aux deux enfants.

L'enfant entendante sait poser des questions de type « what, why, can » ou des questions à choix simple (oui ou non) sous la forme de « is it... ? »

L'enfant implantée commence à produire des questions de type « did you... ? », « can, what ».

Les deux enfants sont capables de répondre à des questions simples de type « why, where ». Elles répondent à des questions de type « where » avec des réponses comme « here, there ». De plus elles répondent correctement aux questions de type « what, who » ; l'enfant entendante sait aussi répondre à des questions type « can, how many » et des questions à deux choix.

Enfin, la mère des jumelles note que la différence principale entre les deux sœurs est le développement d'un langage parlé post implantation. Le développement de l'enfant entendante est noté comme avancé pour son âge avec une parole claire, un large vocabulaire et une grammaire correcte.

Par contre elle vocalise moins que l'enfant implantée qui a besoin de raconter à son auditoire tout ce qu'elle voit et sait, même si ses vocalisations ne sont pas intelligibles.

Après l'implantation le langage de l'enfant implanté s'améliore et on note qu'elle parle beaucoup avec sa sœur : elles regardent un livre ensemble et le commentent, ont des discussions à propos de leur nourriture lorsqu'elles mangent et sur les jeux lorsqu'elles jouent.

En résumé, on peut dire que l'enfant implantée a des résultats similaires à la majorité des enfants entendants. De plus, les auteurs ont constaté qu'après l'implantation, son répertoire lexical s'est étendu considérablement.

3. Perception de la parole et des sons par les enfants porteurs d'un implant cochléaire

Nos références sur la perception par les enfants implantés sont moins nombreuses que celles sur la production de parole. En effet, nous avons décidé de plus axer notre travail sur la production de parole, même si nous sommes conscients que les études concernant la perception sont importantes pour comprendre l'acquisition de la parole des enfants implantés.

Nous étudierons donc la perception des sons et la reconnaissance des voix ainsi que la perception de la parole au niveau phonologique puis lexical.

3.1. *Perception des sons*

3.1.1. Perception de sons purs, de fréquence, de durée et d'intensité de son

Schauwers, et al. (2004), évaluent la perception de sons purs par la plus jeune enfant implantée âgée de 5 mois au moment de l'implantation (voir partie 1.2), en comparant ses résultats avec ceux d'enfants normo-entendants. En « pure-tone audiometry », avec l'appareillage classique, l'enfant n'aura pas de bons résultats, mais ils s'amélioreront dès l'implantation, pour finalement atteindre le même score que les enfants entendants, à trois ans.

L'étude de Sanchez et al. (2006) suit le développement langagier de cinquante enfants sourds implantés, sur une période de cinq ans.

Le principal critère de choix des enfants était la découverte de leur surdité avant l'acquisition du langage. Ils sont nés entre 1992 et 1996 et ont été implantés entre 2 et 6,11 ans, la plupart d'entre eux l'ayant été entre 2 et 3,11 ans.

Les enfants sont répartis en trois groupes selon l'âge d'implantation : avant trois ans, entre trois et quatre ans, après quatre ans.

Au début de l'étude, les enfants présentaient une certaine compréhension des gestes, d'un tiers des mots et de 15% des phrases. La plupart montraient un début de production orale.

L'étude procède à une analyse de trois segments de perception :

- intégration auditive des situations du quotidien,
- perception de l'environnement sonore, c'est-à-dire fréquence, intensité, durée des sons
- perception de parole c'est-à-dire des phonèmes, des mots et des phrases simples et complexes.

La perception des sons du quotidien est évaluée avec l'échelle MAIS (Robbins et al. 1997) (Figure 23: Résultats des enfants implantés à l'échelle MAIS.(Figure 23) qui mesure, en observation directe, l'alerte aux sons de l'environnement, selon une échelle de comportement entre 0 et 4 c'est-à-dire entre jamais et toujours.

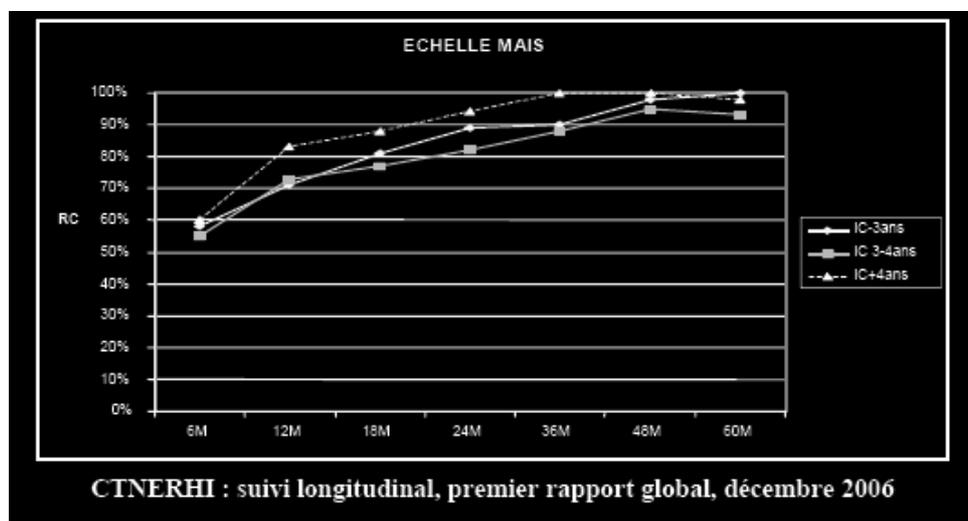


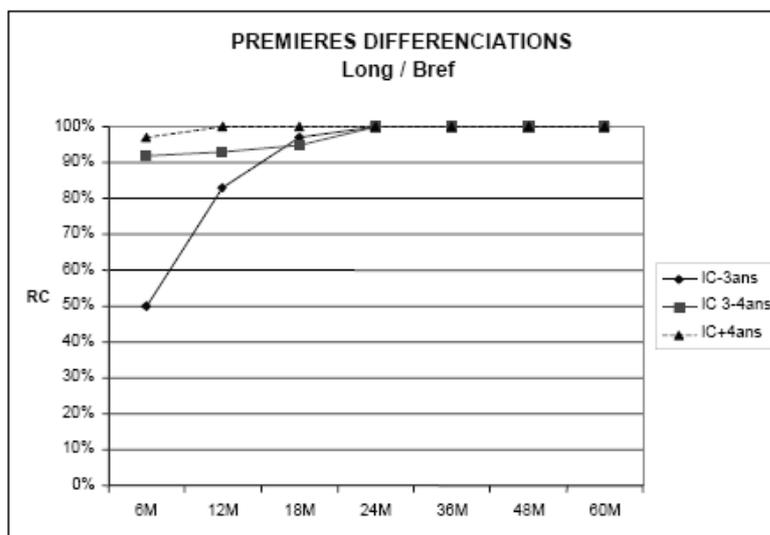
Figure 23: Résultats des enfants implantés à l'échelle MAIS. (Sanchez et al. 2006)

Les résultats montrent un effet positif de la durée de l'implant puisque les trois groupes d'enfants ont présenté des scores plus élevés corrélés avec la durée de leur expérience auditive.

Les enfants implantés après quatre ans sont ceux qui obtiennent les meilleurs résultats. Cependant il faut rappeler qu'il s'agit également des enfants les plus âgés ; on suppose donc que les résultats dépendent également de l'âge chronologique des enfants.

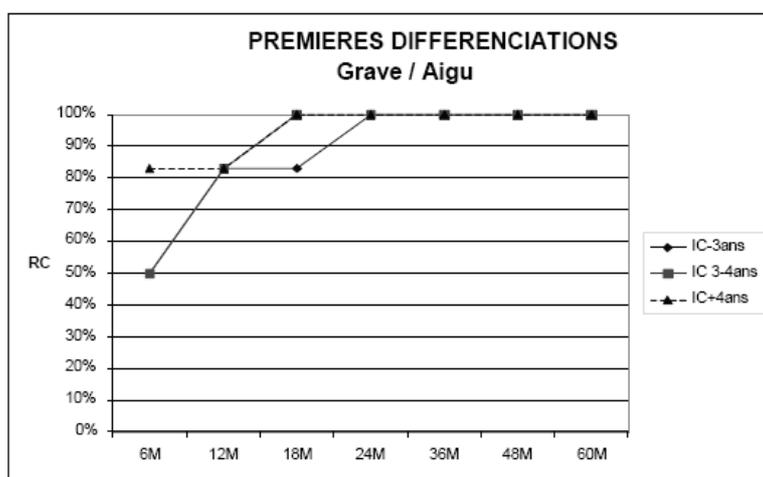
Les trois groupes d'enfants obtiennent des résultats similaires à partir de 24 mois en termes de perception de la durée du son (Figure 24), qui est mesurée avec une écoute du phonème /a/ produit par une voix naturelle et de fréquence du son (Figure

25), c'est-à-dire grave/aigu, mesurée grâce à un clavier, dont l'expérimentateur appuie sur les touches et observe les réactions de l'enfant



CTNERHI : suivi longitudinal, premier rapport global, décembre 2006

Figure 24: Résultats de perception de durée de son (Sanchez et al. 2006)



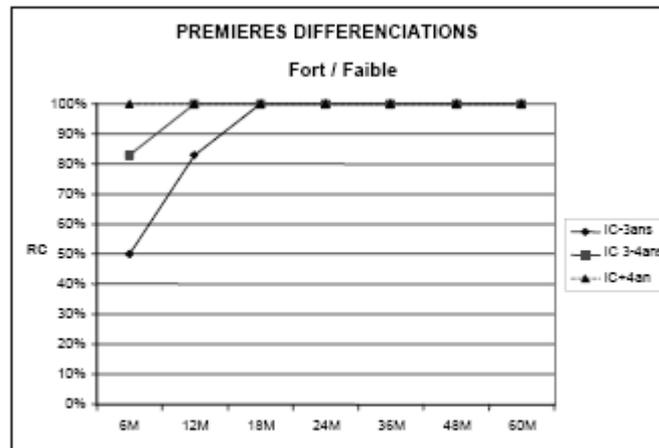
CTNERHI : suivi longitudinal, premier rapport global, décembre 2006

Figure 25: Résultats de perception de fréquences de son (Sanchez et al. 2006)

La perception de l'intensité du son est évaluée en faisant écouter deux bruits de flute aux enfants, fort puis faible en intensité (Figure 26). On mesure la perception du nombre de sons via la production de la syllabe /pa/ par l'examinateur qui sera produite une ou plusieurs fois (Figure 27). Enfin les examinateurs ont également proposé aux enfants une identification de cris d'animaux à travers des onomatopées produites par l'examinateur en audio seul (Figure 28). Les résultats de ces trois tests

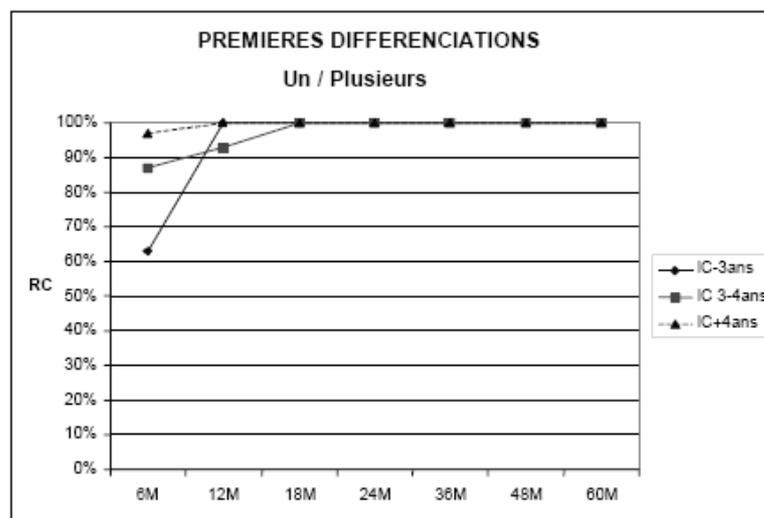
sont sensiblement les mêmes. En effet, les trois groupes d'enfants implantés présentent des résultats identiques à 18 mois.

On notera cependant qu'à 6 mois post-implantation, les enfants implantés avant 3 ans ont obtenu des résultats bien plus faibles que les deux autres groupes d'enfants. Cependant, les enfants implantés les plus jeunes étant également les plus jeunes chronologiquement, les auteurs supposent que ces faibles résultats sont causés par le développement naturel de l'enfant.



CTNERHI : suivi longitudinal, premier rapport global, décembre 2006

Figure 26 : Résultats de perception d'intensité de son (Sanchez et al. 2006)



CTNERHI : suivi longitudinal, premier rapport global, décembre 2006

Figure 27: Résultats d'identification du nombre de syllabes (Sanchez et al. 2006)

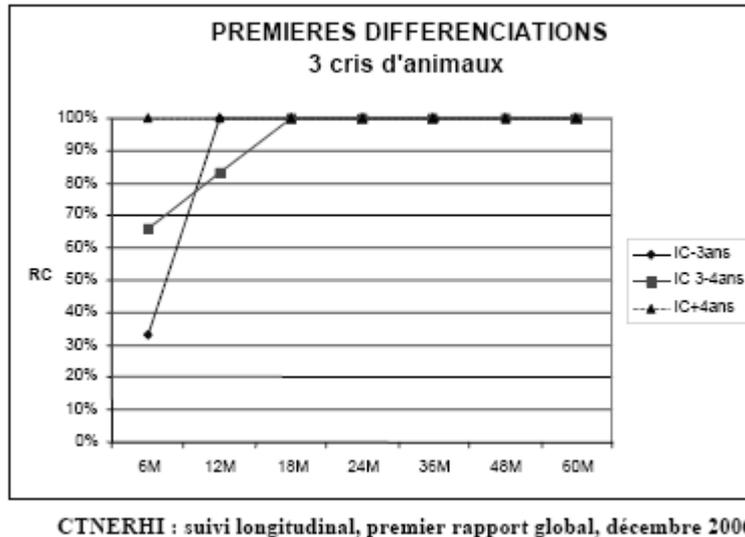


Figure 28: Résultats d'identification de cris d'animaux (Sanchez et al. 2006)

En résumé, ces deux études sur la perception des sons montrent que même s'ils mettent un peu de temps à y parvenir, les enfants implantés obtiennent finalement des résultats équivalents à ceux des enfants entendants. De plus, on notera que l'évolution de la perception des sons est plus rapide chez les enfants implantés précocement c'est-à-dire avant 3 ans que chez les enfants implantés tardivement c'est-à-dire après trois ans.

3.1.2. Reconnaissance des voix

Les deux expérimentations de Vongpaisal et al. (2010) étudient la reconnaissance de la voix de leur mère chez des enfants sourds implantés.

Vingt et un enfants implantés ayant entre 4,8 et 14,3 ans participent à l'étude. Ils ont été implantés entre 3 et 8 ans. Cinq des enfants sont implantés bilatéralement.

Ils sont comparés à seize enfants normo entendants, d'une moyenne d'âge de 5,6 ans, l'âge du plus jeune implanté.

Les stimuli proposés aux enfants comportent dix phrases, cinq questions et cinq affirmations. Les phrases sont prononcées par la mère et par trois autres locuteurs : un homme une femme et une fillette de dix ans.

Les locuteurs sont enregistrés une première fois en condition naturelle, puis une deuxième fois en condition d'imitation, où ils doivent se rapprocher le plus possible de la voix de la mère.

On informe les enfants qu'ils vont entendre soit la voix de leur mère soit la voix d'un homme d'une femme ou d'un enfant. Ils doivent écouter la phrase puis sélectionner la photo du bon locuteur. Les phrases ne sont écoutées qu'une fois.

Les enfants écoutent une première fois les phrases en condition naturelle, puis en condition d'imitation, et une deuxième fois en condition d'imitation puis en condition naturelle.

On ne constate pas de différences de performance entre les enfants implantés unilatéralement et bilatéralement.

Les enfants normo entendants ont des performances élevées de perception, comme dans les études précédemment menées sur le sujet.

Les performances des enfants implantés varient en fonction du type de production et de l'ordre de présentation des productions. En effet, lors de la deuxième présentation, les enfants obtiennent un score en condition naturelle 9% supérieur au score de la condition d'imitation. (Figure 29)

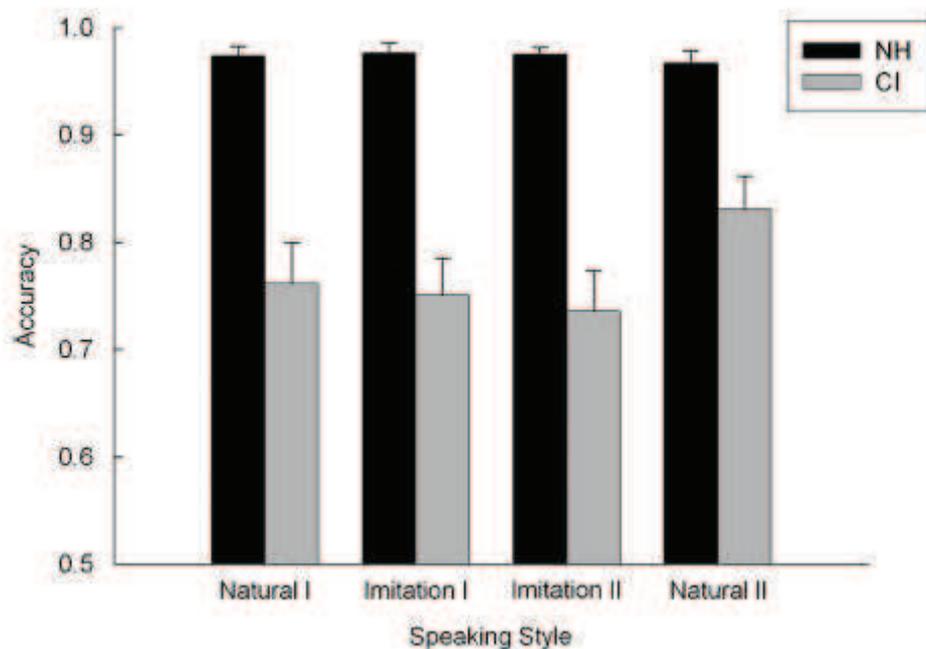


Figure 29: Pourcentage de réponses correctes selon les conditions (Vongpaisal et al. 2010)

Une exposition prolongée aux stimuli est donc nécessaire pour que les enfants montrent des performances différentes.

En observant les scores individuels des enfants implantés pour la seconde présentation des stimuli, on constate que les enfants ont des performances nettement supérieures de reconnaissance de voix en condition naturelle par rapport aux imitations.

La Figure 30 montre les scores d'identification selon les locuteurs à identifier. On constate que l'homme est le locuteur le mieux identifié, suivi de la fillette puis de la mère et enfin de l'autre femme.

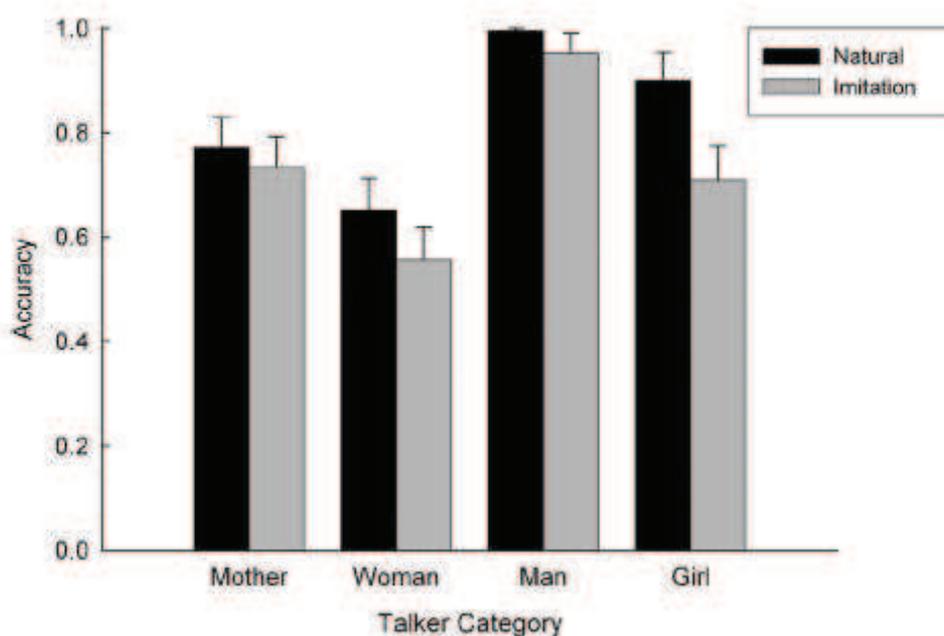


Figure 30: Score de perception en fonction du locuteur à identifier. (Vongpaisal et al. 2010)

La différence de score pour la fillette peut être expliquée par le fait que son imitation de la voix de la mère masque sa propre voix et par extension, son âge.

Les auteurs rappellent que l'implant capte les fréquences seulement à partir de 300Hz seulement, ce qui ne permet pas de percevoir la fréquence fondamentale (F0) des voix féminines. Cependant on rappelle que la fréquence fondamentale peut être récupérée par la distance entre les harmoniques.

La deuxième expérimentation reprend 19 des 21 enfants implantés de la première expérimentation, et 11 des 16 enfants entendants. Entre les deux expérimentations, quatre enfants implantés ont reçu un deuxième implant.

Cette fois, les enfants doivent discriminer la voix de leur mère par rapport à la voix d'une autre femme, d'âge et d'accent régional équivalents.

Les stimuli sont présentés dans l'ordre condition naturelle-imitation-imitation-naturelle pour la moitié des enfants et imitation-naturelle-naturelle-imitation pour l'autre moitié des enfants.

Les résultats des enfants entendants étant nettement supérieurs à ceux des enfants implantés (Figure 31), seuls les résultats des enfants implantés seront pris en compte dans le reste de l'étude.

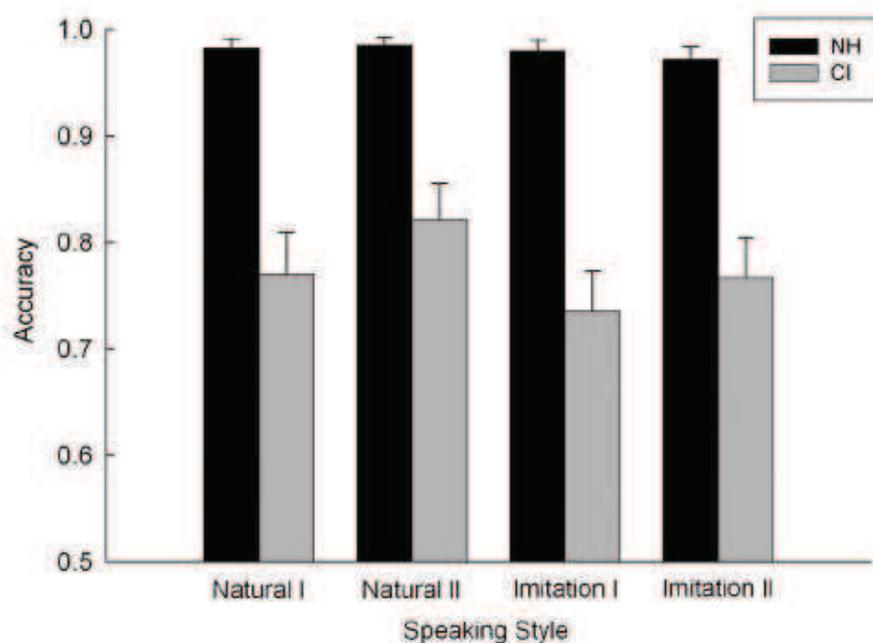


Figure 31: Résultats des enfants entendants et des enfants implantés selon les conditions.
(Vongpaisal et al. 2010)

Si on compare les performances des enfants lors de la première expérimentation avec ceux de la deuxième expérimentation (Figure 32), on constate que les enfants ont obtenu des scores plus élevés pour la première que pour la deuxième expérience.

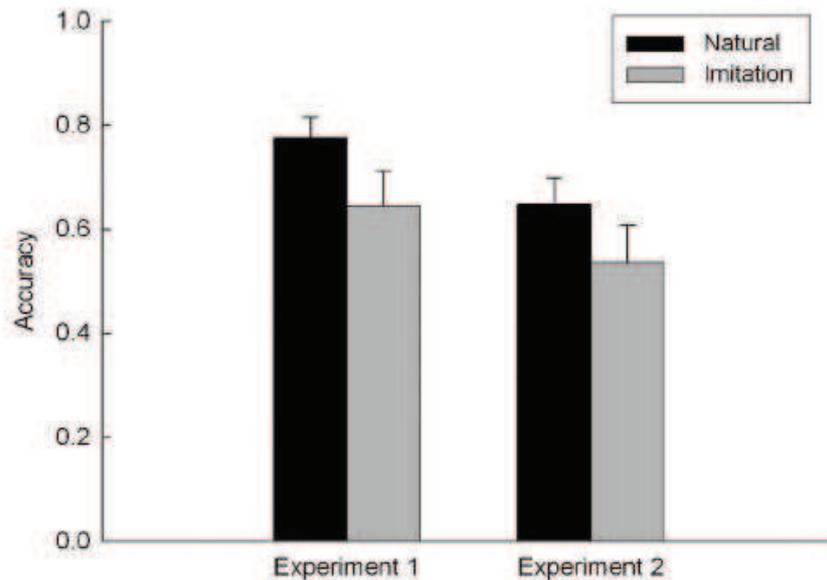


Figure 32: Résultats des enfants implantés dans les deux expériences (Vongpaisal et al. 2010)

En résumé, on constate donc que les enfants implantés reconnaissent moins les voix que les enfants entendants.

3.2. Perception de la parole au niveau phonologique

3.2.1. Sensibilité phonologique

Schauwers et al. (2004) évaluent la sensibilité phonologique des enfants implantés entre leur première et leur deuxième année de vie. (Voir partie 1.2)

Les auteurs ont soumis les enfants à une autre tâche de perception. Cette tâche consistait à différencier sept paires de phonèmes (/u/ et /i/, /i/ et /a/, /u/ et /a/, /z/ et /s/, /m/ et /z/, /s/ et /j/, /v/ et /z/) Les enfants ont été testés avant implantation avec les appareils auditifs classiques puis 6 et/ou 12 mois post implantation. Avant implantation, aucun enfant n'a pu différencier les phonèmes à part un seul enfant qui a différencié seulement la paire /i/ /a/. Après implantation toutes les paires de phonèmes ont été discriminées par les enfants.

James et al. (2007) étudient la sensibilité phonologique chez deux groupes d'enfants implantés. (Voir partie 1.2)

Les enfants passent trois tests de sensibilité phonologique qui concernent la capacité des enfants à refléter les structures phonologiques de leur langue, à travers les syllabes, la rime et en phonème.

Lors de ces tests on propose deux images aux enfants, qu'ils doivent nommer à haute voix pour ensuite dire si les images sont congruentes au niveau du phonème de la rime ou du phonème initial.

Si l'on compare les résultats des tests de sensibilité phonologique des enfants implantés à ceux des entendants de même niveau de lecture, on constate que pour la perception de syllabes, les deux groupes d'enfants implantés présentent de bons résultats par rapport aux entendants. En perception de rime, les enfants implantés précocement ont des résultats qui ressemblent à ceux des entendants, plus que les enfants implantés tardivement.

Enfin, en perception de phonèmes, lorsque l'orthographe est congruente dans les deux images, les résultats des enfants implantés précocement sont plus proches de ceux des entendants que ceux des enfants implantés tardivement. Lorsque l'orthographe des deux images est incongruente, les deux groupes d'enfants implantés présentent des résultats inférieurs à ceux des enfants entendants.

En comparant les résultats des enfants implantés avec des enfants entendants de même âge chronologique, on constate que les deux groupes d'enfants implantés présentent des scores équivalents à ceux des enfants entendants pour les syllabes et la rime. Par contre, pour l'identification de phonèmes, les enfants implantés précocement obtiennent des résultats similaires à ceux des entendants, alors que les enfants implantés tardivement ont un niveau très en dessous de celui des enfants entendants.

Johnson & Goswami (2010) évaluent également la sensibilité phonologique chez deux groupes d'enfants implantés, un groupe implanté précocement et un autre groupe implanté tardivement (Voir partie 1.2). Leurs résultats sont comparés à ceux d'un groupe d'enfants entendants et à ceux d'un groupe d'enfants appareillés.

La sensibilité phonologique est évaluée grâce à des paires d'images. L'enfant doit déterminer si le nom des images riment ou non, s'ils commencent par le même phonème ou non et enfin s'ils se terminent par le même phonème ou pas.

Premièrement, on propose une discrimination de 24 paires de mots qui riment comme « walk/fork », et 24 paires de mots qui ne riment pas. Parmi les paires de mots qui riment, 12 paires sont similaires orthographiquement, comme « leg/peg » et 12 paires ne sont pas similaires comme « walk/fork ».

Ensuite on propose une deuxième discrimination de 64 paires de mots : l'enfant doit déterminer si le phonème initial est le même ou non. Parmi les 32 mots ayant le même phonème initial, 16 phonèmes sont similaires orthographiquement comme « plate/pig » et 16 phonèmes ne sont pas similaires comme « swim/circus ».

Enfin, une dernière discrimination de 48 paires de mots est proposée : il s'agit de tester la perception de la coda. L'enfant doit dire si le phonème final dans les paires est le même comme dans la paire « wheal/leef » ou si elle est différente comme dans « train/bone ». Parmi les paires concordantes, 19 concernent des voyelles avant comme « wheal/leef » et 17 concernent des voyelles arrières comme « horse/ball ».

Dans tous les tests, les auteurs n'observent pas de différences significatives entre les enfants sourds, tous groupes confondus. Par contre, les performances des enfants entendants sont supérieures à celles des enfants sourds.

En résumé, on peut dire que deux des études portant sur la sensibilité phonologique montrent l'apport de l'implant, puisque les résultats des enfants implantés sont similaires à ceux des enfants entendants.

La troisième étude n'obtient pas les mêmes résultats puisque les enfants implantés ont des performances plus faibles que celles des enfants entendants ; par contre leurs performances sont de même niveau que celles des enfants appareillés.

3.2.2. Lecture labiale

Johnson & Goswami (2010) évaluent également les performances de lecture labiale chez les enfants sourds implantés, sourds appareillés et entendants à travers un test de visualisation d'une vidéo silencieuse d'un locuteur prononçant un mot (Voir partie 1.2). Les enfants doivent choisir parmi six images celle correspondant au mot prononcé.

Ensuite la perception de lecture labiale de paires minimales est testée. Les enfants doivent également regarder une vidéo silencieuse d'un locuteur prononçant un mot, puis on leur propose deux images parmi lesquelles ils doivent choisir celle représentant le mot prononcé, les noms des images différant seulement sur un phonème comme « ball/bull ».

Les enfants sourds implanté tardivement c'est-à-dire après 43 mois obtiennent des résultats similaires à ceux des enfants porteur d'un appareillage classique, et ils obtiennent des meilleurs scores que les enfants entendants. Par contre, les auteurs notent que les enfants sourds implantés tardivement ont des performances supérieures aux enfants implantés tôt.

3.3. Perception de la parole au niveau lexical

3.3.1. Perception de vocabulaire

Ertmer et al. (2003) (voir partie 2.2.5) évalue les performances de perception d'Hannah en lui faisant passer deux tests de langage : le PPVT-III qui évalue la taille du vocabulaire réceptif et le ACLC (Assessment of Children's Language Comprehension.)

Les résultats de l'enfant au test PPVT-III correspondent à ceux de son âge auditif. Ses résultats au test ACLC atteignent presque 100% à 30 et 36 mois post implantation, puis à 42 mois post implantation, elle réussit à 100% le test. On observe que lorsque l'enfant connaît le vocabulaire, ses scores correspondent à ceux des enfants d'âge chronologique équivalent.

Comme nous l'avons vu dans la partie production, Ruggirello & Mayer (2010) (Voir partie 2.3.4) font passer le test Language Development Scale aux jumelles, qui permet d'évaluer les compétences de réception et de production du vocabulaire. Les résultats en perception de l'enfant implanté étaient en dessous des scores appropriés à son âge chronologique pré-implantation, puis à trois mois post-implantation, elle a obtenu des scores correspondant à son âge chronologique.

L'enfant implanté passe ensuite le Preschool Language Scale-4 (PLS) qui évalue la compréhension auditive c'est-à-dire la compréhension du vocabulaire de base, des concepts et des marqueurs grammaticaux, et la communication expressive c'est-à-dire la capacité à nommer les objets, à exprimer les quantités et à utiliser les marqueurs grammaticaux. (Figure 33)

A 2,9 ans, l'enfant implantée obtient un score de compréhension d'un enfant de 3,7 ans et un score de production de 3,1 ans, c'est-à-dire que son niveau de langage

expressif est supérieur de 4 mois à celui de son âge réel, et que son niveau de langage réceptif est supérieur de 10 mois à son âge réel.

Subscales	Age (months)	Standard score	Age equivalent (months)	Percentile
Auditory comprehension	21	117	43	87
Expressive communication	21	106	37	66

Figure 33: Résultats de l'enfant implantée au test PLS (Ruggirello & Mayer 2010)

Les auteurs récoltent des échantillons de langage lors d'interactions avec d'autres membres de la famille et l'examineur, lorsque les enfants ont 2,10 ans donc 1,9 an d'âge auditif pour l'enfant implantée. Ils notent que les deux enfants sont capables de répondre à des questions simples de type « why, where ». Elles répondent à des questions de type « where » avec des réponses comme « here, there ». De plus elles répondent correctement aux questions de type « what, who » ; l'enfant entendante sait aussi répondre à des questions de type « can, how many » et des questions à deux choix.

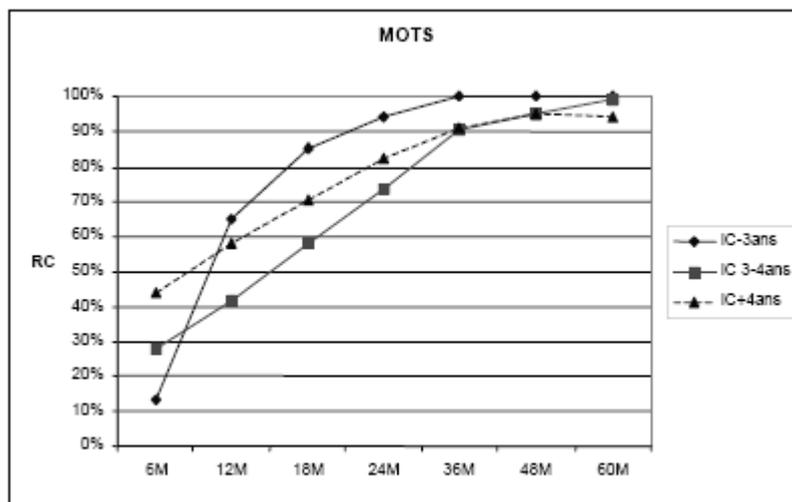
L'enfant entendante comprend quelques adjectifs, des prépositions sophistiquées (au dessous de, au dessus de...) et les concepts comme jour/nuit par exemple.

L'enfant implantée comprend les prépositions de base, comme « sous, dans, sur, dedans » quelques adjectifs et homonymes (comme « two/to/too »), des synonymes, des auxiliaires et des conjonctions.

Sanchez et al. (2006), (Voir partie 3.1) lors du suivi sur cinq ans d'enfants implantés, évaluent la perception des mots et des phrases simples et complexes.

Le test d'identification de mots est composé d'une liste de mots simples (déterminants+noms) trisyllabiques, bi syllabiques et polysyllabiques.

Les résultats (Figure 34) des enfants implantés après quatre ans stagnent à 60 mois post-implantation tandis que les résultats des enfants implantés avant trois ans sont plus élevés à partir de 12 mois. A 36 mois, les enfants identifient 100% des mots

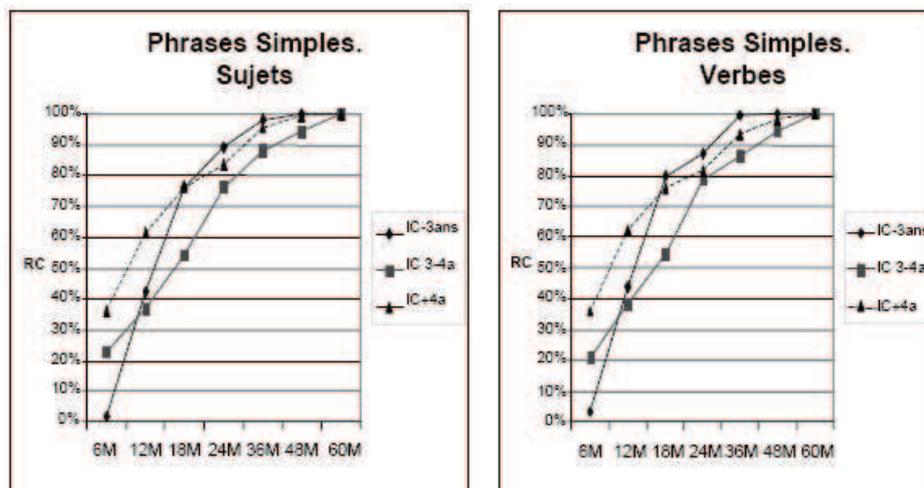


CTNERHI : suivi longitudinal, premier rapport global, décembre 2006

Figure 34: Résultats d'identification de mots par les enfants implantés (Sanchez et al. 2006)

Le test d'identification de phrases simples, c'est-à-dire composées d'un syntagme nominal et d'un syntagme verbal, est réalisé avec une corrélation entre des phrases et des images. Une confusion est possible sur le syntagme nominal, le syntagme verbal ou le sens global des phrases. (Figure 35)

A partir de 24 mois le groupe d'enfants implantés le plus tôt présente de meilleurs résultats que les autres, puis à 60 mois, tous les enfants identifient 100% des phrases.



CTNERHI : suivi longitudinal, premier rapport global, décembre 2006

Figure 35: Identification de phrases simples par les enfants implantés (Sanchez et al. 2006)

Le test d'identification de phrases complexes est composé de quatre planches de huit images illustrant des phrases complexes (composés de deux syntagmes

nominaux et d'un syntagme verbal) ; l'enfant doit désigner, sur la planche d'image la phrase qu'il entend.(Figure 36)

A 6 mois post implantation, les enfants des groupes implantés le plus tôt ont des résultats moins élevés que les enfants implantés après 4 ans. A partir de 24 mois, les enfants implantés avant trois ans ont des scores plus élevés que les autres, tandis que les résultats des enfants implantés après quatre ans stagnent entre 38 et 48 mois. A 60 mois, les trois groupes atteignent un score de 100 % d'identification de phrases complexes.

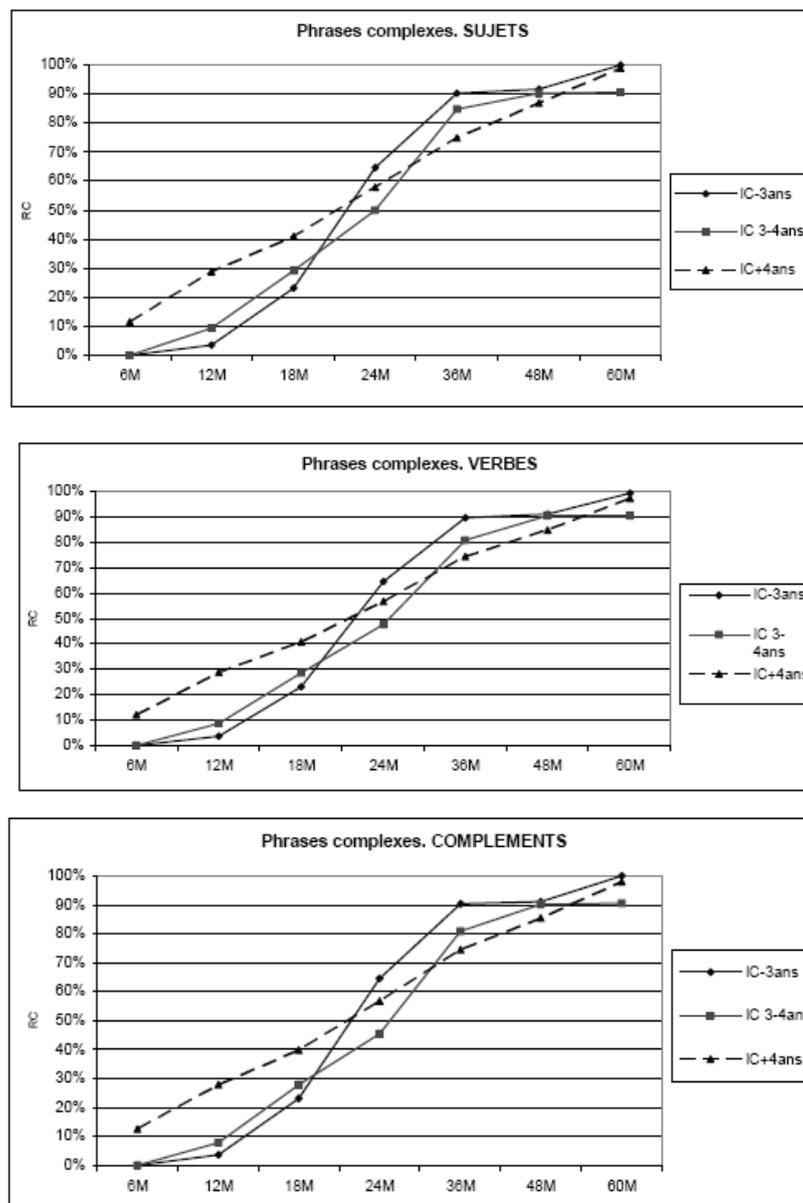


Figure 36: Résultat d'indentification de phrases complexes (Sanchez et al. 2006)

James et al. (2007) étudient la perception de vocabulaire d'enfants implantés entre 2 et 5 ans (groupe de 43 enfants). (Voir partie 1.2)

Les enfants passent le test du British Picture Vocabulary Scale, qui évalue la connaissance du vocabulaire parlé en perception en auditif seulement, et le Test of Word Reading from the British Ability Scale, qui consiste en une lecture de mots simples, avec la possibilité d'utiliser les signes pour les enfants en communication totale.

Les résultats des tests de réception de vocabulaire et de lecture de mots montrent une grande différence entre les enfants implantés et les enfants entendants, puisque les deux groupes d'enfants implantés ont des scores très en dessous de ceux des enfants entendants.

On note une différence entre les deux groupes d'enfants implantés lors du premier temps de test ; en effet, le groupe d'implantés précocement obtient des résultats plus élevés que le groupe d'implantés tardivement. Par contre, entre les deux temps de tests, les résultats des enfants implantés tardivement ont plus augmenté que ceux des enfants implantés précocement.

Enfin, on note que les enfants obtiennent des meilleurs résultats en lecture qu'en réception de mots.

Les auteurs notent que les deux enfants qui obtiennent les meilleurs scores dans les deux groupes d'enfants implantés confondus, sont ceux qui ont obtenu les meilleurs scores pré-implantation, et également ceux qui ont le meilleur quotient intellectuel.

Contrairement à l'étude précédente, Johnson & Goswami (2010) n'observent pas de différences de compétences de réception de vocabulaire entre les trois groupes d'enfants sourds (appareillés ou implantés précocement ou tardivement).

Les auteurs évaluent la discrimination auditive, en faisant passer un test auditif aux enfants. On leur fait écouter un mot puis ils doivent choisir parmi deux images celle qui correspond au mot qu'ils ont entendu. Les groupes d'images ont un contraste de phonème final, de phonème initial et de phonème médian.

Les résultats des enfants sourds sont similaires entre les trois groupes, par contre ils sont inférieurs à ceux des enfants entendants.

Spencer (2004), étudie les facteurs influant sur les compétences de perception chez les enfants implantés (13 enfants implantés entre 13 et 36 mois, âgés entre 3 et 11 ans). (Voir partie 3.1)

Les enfants passent plusieurs tests :

-« Peabody picture vocabulary test »(PPTV), troisième édition (Dunn et Dunn, 1997), un test sur la perception du vocabulaire ;

-« Clinical Evaluation of language functioning preschool » (CELF) (Wiig, Secord, Semel, 1992) qui porte sur la grammaire et les marqueurs grammaticaux ;

-« Language proficiency profile » (LPP) (Bebko, McKinnon, 1993, 1998) qui évalue la pragmatique et l'habileté conversationnelle des enfants ;

-un test de cognition ;

-un test de perception de parole, soit le "Nucleus Consonant word test" (Peterson, Lehiste, 1962) soit le "Bench Kowal Bamford word and sequences tests" (Bench, Bamford 1979, Bench, Doyle, Greenwood, 1987)

Les enfants ayant le mieux réussi le « Clinical Evaluation of language functioning preschool » sont les quatre enfants en classe oraliste et l'enfant qui avait été entendant jusque ses deux ans. Un enfant a été exclu du résultat du test car il n'a pas atteint le niveau de base. Le score moyen des enfants est de 46,5%.

L'enfant éliminé dans le CELF a le score le plus faible dans le PPTV. L'enfant le plus fort est celui qui avait des scores élevés dans le CELF, c'est-à-dire celui qui est devenu sourd.

Le score moyen en PPTV est de 71%.

En perception auditive, les enfants ont obtenu des scores entre 35 et 89% pour la perception de phonèmes avec une moyenne de 69%. Pour la perception de mots, ils obtiennent une moyenne de 43%, leurs scores se situant entre 4 et 71%.

Seul six enfants ont un score suffisant pour les perceptions de phrases, ils obtiennent des taux de réussite entre 26 et 63%.

On observe une corrélation entre les scores de perception de mots et de vocabulaire et les tests de cognition non verbaux.

Les scores en LPP sont liés à ceux des tests de cognition, du CELF et du vocabulaire.

En résumé, les différentes études menées sur la perception de vocabulaire ont des résultats disparates. En effet, Ertmer (2003), Ruggirello et al. (2003) et Sanchez et al. (2006) trouvent que les enfants implantés ont des performances égales à celles des enfants entendants, alors que les enfants implantés de l'étude de James et al. (2007) ont des résultats faibles par rapport aux enfants entendants. Par contre, les auteurs notent que les enfants implantés précocement sont plus performants que ceux implantés tardivement.

Johnson et Goswami (2010) trouvent également que les enfants implantés obtiennent des résultats inférieurs à ceux des enfants entendants. De plus, ils constatent que les enfants implantés et les enfants sourds appareillés classiques présentent les mêmes performances.

3.3.2. Outils d'évaluation de la compréhension

Schauwers et al., dans leurs différentes études ((Schauwers et al. 2004), (Schauwers et al. 2004) évaluent la perception chez les enfants implantés à travers le test des Categories of Auditory Performance (Archbold et al, 1994) (Voir partie 1.2)

Cette échelle est définie en 8 niveaux de gradation de perception, notés de 0 à 7, 7 correspondants à la compréhension d'une conversation téléphonique. Une étude de Govaerts et al. (2002) citée par Schauwers, a été menée sur 113 enfants normo entendants de 13, 18, 24 et 30 mois et a montré qu'ils avaient un niveau de CAP de respectivement 2, 5, 6 et 7.

Concernant les enfants implantés, huit des enfants ont atteint un niveau de 5 ou 6 un an post implantation. Au bout de 18 mois post implantation, neuf enfants ont atteint un niveau de 5 ou 6 et le dixième a atteint le niveau de 7. Enfin deux enfants ont également atteint le niveau 7 à 24 et 30 mois post implantation.

Les auteurs remarquent que les enfants implantés pendant leur première année de vie atteignent un score correspondant à leur âge réel trois mois post implantation, alors que les enfants implantés pendant leur deuxième année de vie ont besoin de plus de 12 mois pour atteindre un score normal.

La plus jeune enfant implantée (à 5 mois) (Schauwers et al. 2004) obtient un score CAP de 7 à 3 ans.

Conclusion

Les différentes études décrites dans notre travail nous permettent donc d'évaluer l'intérêt et les limites de l'implant cochléaire sur la production de parole et la perception de sons et de parole des enfants implantés. Enfin, on constate que l'âge d'implantation est un facteur déterminant dans l'acquisition de la parole chez les enfants sourds.

En production, on constate que les enfants sourds post-implantation suivent le même développement de babillage que les enfants entendants, même s'ils atteignent les différents stades à des âges plus avancés que les entendants en raison de l'absence d'information auditive avant l'implantation.

L'implant semble également être un apport positif pour les enfants sourds dans la production de voyelles, de types et de précision de productions, ainsi que dans la production de vocabulaire.

En perception, l'implant permet aux enfants de récupérer les sons purs, la fréquence, la durée et l'intensité des sons. Pareillement, plusieurs études démontrent que les enfants implantés ont des résultats similaires à ceux des enfants entendants dans la perception de vocabulaire.

Par contre, l'implant n'apporte pas d'aide aux enfants en prosodie et en intelligibilité de parole, puisque si l'on compare les résultats des enfants implantés avec ceux des enfants entendants, on constate que les enfants implantés ont des capacités inférieures à celles des enfants entendants.

De même, en perception, les enfants implantés arrivent moins à reconnaître les voix que les enfants entendants.

Cependant on doit rappeler que la plupart des études ne compare pas les résultats des enfants implantés avec ceux d'autres enfants, et que si elles réalisent une comparaison, on compare surtout les enfants implantés avec des enfants normo-

entendants, alors qu'il serait intéressant de les comparer également avec des enfants sourds sans appareillage et/ou porteur d'un appareillage classique.

On voit que la plupart des études sont des études de cas, et qu'aucune étude ne se base sur une analyse acoustique des types de productions phonétiques. La grande majorité des études se base sur un étiquetage perceptif des productions.

Ces études évaluent donc si les productions des enfants implantés sont « suffisamment bonnes » pour être interprétables par les entendants.

Nous voulons réaliser une étude acoustique comparant les productions des enfants implantés avec celles des enfants entendants, afin d'évaluer un éventuel décalage résiduel pouvant nuire à l'intelligibilité ou à l'appréciation « sociale » de la production des enfants implantés, donc à leur qualité de vie.

Ainsi, on pourrait mener une étude sur la voix des enfants sourds implantés pour la comparer aux résultats obtenus par Balbine Maillou (Maillou 2010, Maillou 2011) qui étudie la voix des sourds non implantés. En effet, celle-ci observe dans le triangle vocalique d'une patiente sourde (Figure 37), que les valeurs du F1 sont correctes/normales, comparées aux valeurs du deuxième formant. On constate donc que la patiente sourde arrive à réaliser les mouvements de la mandibule correctement. Les mouvements posant problème sont donc probablement ceux des cordes vocales et/ou ceux de la langue.

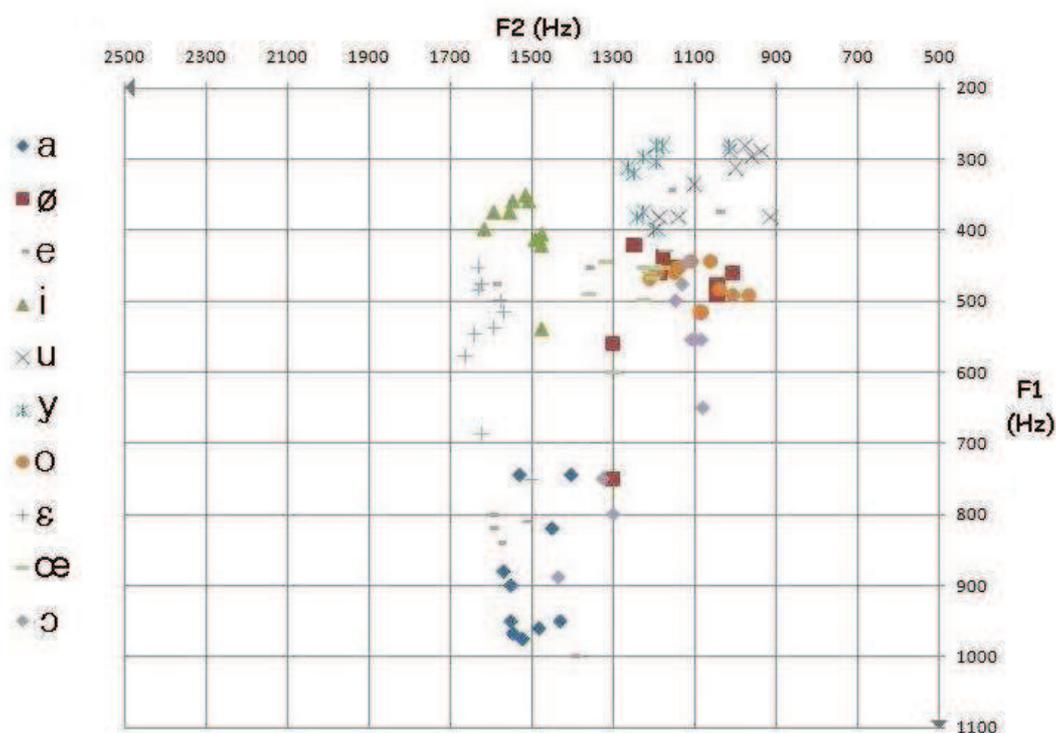


Figure 37: Triangle vocalique du sujet sourd

On suppose que puisque les mouvements de la mâchoire sont de modalité visuelle, la patiente est capable de récupérer ces informations, mais que puisqu'elle n'entend pas, elle ne peut pas obtenir les informations non-visuelles, comme les mouvements de la langue ou des cordes vocales.

Il serait donc intéressant d'analyser l'espace vocalique d'enfants implantés en les enregistrant en lecture de mots, en lecture de texte et en parole spontanée, puis il faudrait comparer ces résultats avec ceux d'enfants entendants et d'enfants sourds sans aide auditive.

Cette étude permettrait d'évaluer les catégories vocaliques et leurs variations, ainsi que la variation de la F0. Cela permettrait ainsi de vérifier si les enfants implantés produisent des catégories vocaliques similaires à celles des enfants entendants, ou s'ils présentent les mêmes problèmes que les sourds non appareillés, c'est-à-dire qu'en F1 on observe une bonne répartition de l'espace vocalique alors qu'en F2 l'espace vocalique n'est pas bien réparti, ou si les enfants implantés développent des problèmes spécifiques en rapport avec la segmentation de l'échelle des fréquences, et ce en raison du nombre d'électrodes implantées dans la cochlée. Cette étude sera le but de notre futur travail.

De plus, nous voudrions contacter des orthophonistes afin de comprendre les modalités de rééducation de la voix des enfants sourds implantés. Cela permettrait de constater où la voix pose problème et où la rééducation ne peut pas aider les enfants, afin que, par la suite, des études puissent être menées pour pallier ces problèmes et que de nouveaux outils de rééducation puissent éventuellement être créés.

Bibliographie

- Adi-Bensaid, L. & Bat-El, O., 2004. The development of the prosodic word in the speech of a hearing-impaired child with a cochlear implant device. *Journal Of Multilingual Communication Disorders*, 2, p.187-206.
- Bouchard, M.-E.G., Normand, M.-T.L. & Cohen, H., 2007. Production of Consonants by Prelinguistically Deaf Children with Cochlear Implants. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 21(11), p.875–884.
- Ertmer, D.J., 2001. Emergence of a Vowel System in a Young Cochlear Implant Recipient. *J Speech Lang Hear Res*, 44(4), p.803–813.
- Ertmer, D.J. & Goffman, L.A., 2011. Speech Production Accuracy and Variability in Young Cochlear Implant Recipients: Comparisons With Typically Developing Age-Peers. *J Speech Lang Hear Res*, 54(1), p.177–189.
- Ertmer, D.J., Strong, L.M. & Sadagopan, N., 2003. Beginning to Communicate After Cochlear Implantation: Oral Language Development in a Young Child. *J Speech Lang Hear Res*, 46(2), p.328–340.
- Ertmer, D.J., Young, N.M. & Nathani, S., 2007a. Profiles of Vocal Development in Young Cochlear Implant Recipients. *J Speech Lang Hear Res*, 50(2), p.393–407.
- Ertmer, D.J., Young, N.M. & Nathani, S., 2007b. Profiles of Vocal Development in Young Cochlear Implant Recipients. *J Speech Lang Hear Res*, 50(2), p.393–407.
- Gaul Bouchard, M.E., Le Normand, M.T. & Cohen, H., 2007. Consonant production by prelinguistically deaf children with cochlear implant. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 21, p.875-884.
- Grant Nicholas, J. & Geers, A.E., 2007. Will they catch up? The role of age at Cochlear Implantation in the spoken language development of children with severe to profound hearing loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50, p.1048-1062.
- Hide, O., Gillis, S. & Govaerts, P., 2007. Suprasegmental Aspects of Pre-Lexical Speech in Cochlear Implanted Children. Dans 8th Annual Conference of the International Speech Communication Association.
- James, D. Rajput, K., Brown, T., Sirimanna, T., Brinton, J. 2007. Phonological Awareness, Vocabulary, and Word Reading in Children Who Use Cochlear Implants: Does Age of Implantation Explain Individual Variability in Performance Outcomes and Growth? *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*.
- Johnson, C. & Goswami, U., 2010. Phonological Awareness, Vocabulary, and Reading in Deaf Children With Cochlear Implants. *J Speech Lang Hear Res*, 53(2), p.237–261.

Lang, S., Lüders, S., Sandrieser, P., Kröger, B. 2008. Early Vocal Development in a Normally Hearing Infant and a Young Cochlear Implant Recipient. Dans 8th International Seminar on Speech Production.

LeNormand, M.T. & Lacheret, A., 2008. Prosodie et acquisition du langage chez les enfants implantés cochléaires. Dans Journées d'Etude sur la parole.

Loy, B. Warner-Czyz, A.D., Tong L., Tobey, E.A., Roland, P.S., 2010. The children speak: an examination of the quality of life of pediatric cochlear implant users. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery: Official Journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 142(2), p.247–253.

Maillou, B., 2010. La voix des sourds: caractérisation des différences acoustiques. Faculté des Sciences et Techniques du Mans

Maillou, B., 2011. La voix sourde, approche physique des différences acoustiques. Faculté des Sciences et Techniques du Mans.

Meynard, A., 2010. Soigner la surdité et faire taire les Sourds. Essai sur la médicalisation du Sourd et de sa parole Eres, éd.,

Ruggirello, C. & Mayer, C., 2010. Language Development in a Hearing and a Deaf Twin With Simultaneous Bilateral Cochlear Implants. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 15(3), p.274 –286.

Sanchez, J. et al., 2006. Suivi longitudinal sur 10 ans d'enfants sourds implantés: premier rapport global à cinq ans. Dans Centre technique national d'étude et de recherche sur les handicaps et les inadaptations.

Schauwers, K., Govaerts P., & Gillis S., 2008. Co-occurrence patterns in the babbling of children with a cochlear implant. Dans B. Davis & K. Zajdo, éd. Taylor and Francis, p. 187-204.

Schauwers, K., Gillis, S., Daemers, K., De Beukelaer, C., Govaerts, P.J. 2004a. Cochlear implantation between 5 and 20 months of age: the onset of babbling and the audiologic outcome. *Otology & Neurotology: Official Publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 25(3), p.263–270.

Schauwers, K., Gillis, S., Daemers, K., Beukelaer, C.D., Ceulaer, G.D. 2004. Normal hearing and language development in a deaf-born child. *Otology & Neurotology: Official Publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 25(6), p.924–929.

Spencer, P.E., 2004. Individual Differences in Language Performance after Cochlear Implantation at One to Three Years of Age: Child, Family, and Linguistic Factors. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 9(4), p.395 –412.

Virole, B., Implants cochléaires et langue des signes: une cohérence fondatrice 2007.

Virole, B., Les implants cochléaires chez l'enfant sourd Perspectives de développement 2007.

Virole, B., Bounot, A. & Sanchez, J., Influence des implantations cochléaires sur le développement socio-affectif de l'enfant sourd 2004.

Vongpaisal, T., Trehub, S.E., Schellenberg, E.G., Van Lieshout P., Papsin, B.C. 2010. Children With Cochlear Implants Recognize Their Mothers Voice. *Ear and Hearing*, 31(4), p.555–566.

Warner-Czyz, A. D, 2010. The greater context of speech production in pediatric cochlear implant users. Dans *Child Phonology Conference*.

Warner-Czyz, A.D., Loy B., Roland P.S., Tong L., Tobey, E.A. 2009. Parent versus child assessment of quality of life in children using cochlear implants. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 73(10), p.1423–1429.

Warner-Czyz, A.D., Loy, B., Tobey, E.A., Nakonezny, P., Roland, P.S. 2011. Health-related quality of life in children and adolescents who use cochlear implants. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 75(1), p.95–105.

Warner-Czyz, A.D., Davis, B.L. & MacNeilage, P.F., 2010. Accuracy of Consonant-Vowel Syllables in Young Cochlear Implant Recipients and Hearing Children in the Single-Word Period. *J Speech Lang Hear Res*, 53(1), p.2–17.

Warner-Czyz, A.D., Davis, B.L. & Morrison, H.M., 2005. Production Accuracy in a Young Cochlear Implant Recipient. *Volta Review*, 105(2), p.151–173.

France5, émission « l'œil et la main », « Eulalie ou la belle parole » [Vidéo en ligne] <http://www.france5.fr/oeil-et-main/archives/37347791-fr.php>

France 5, émission « l'œil et la main », « Sourd autrement » [Vidéo en ligne] <http://www.france5.fr/oeil-et-main/archives/36570060-fr.php>

France 5, émission « l'œil et la main », « Le choix de Laurence » [Vidéo en ligne] <http://www.france5.fr/oeil-et-main/archives/36799720-fr.php>

Annexe

enfant	niveau 2	niveau 3	niveau 4	niveau 5	fin dvt vocal
M-36	baisse à 4 mois	plus ou moins stable	établi pré implantation	établi à 5 mois post implant	7 mois
F-30	rarement observés		dominant	établi à 3 mois post implant	4 mois
F-28	dominant pré implantation puis baisse	majorité des vocalisations pendant 10 mois post implantation		à 10 mois, plus forte proportion, accompagné d'une baisse de niveau 3	12 mois
M-24		majorité des vocalisations tout au long de l'étude		pas établi	pas atteint
F-20	s'améliore post implantation puis baisse à 8 mois	dominant pré implantation et jusque 5 mois	amélioration accompagné d'une baisse de niveau 3		16 mois
F-18	baisse pendant les 6 premiers mois devient rare à 10 mois	dominant pré implantation et abondant jusque 13 mois	dominants après 15 mois		16 mois
M-10	s'améliore post implant et baisse à partir de 10 mois	dominant pré implant et pendant la première année, baisse considérablement à 19 mois	établi à 17 mois	établi à 10 mois	20 mois

Figure 38: Résultats par enfants du SAEVD-R (Etude d'Ertmer, 2007)

L'identification des enfants se fait sur leur sexe (M ou F) et sur leur âge à l'implantation (entre 10 et 36). Ainsi, une fille implantée à 28 mois, sera nommée F-28.



Déclaration anti-plagiat

Document à scanner après signature
et à joindre au mémoire électronique

DECLARATION

1. Ce travail est le fruit d'un travail personnel et constitue un document original.
2. Je sais que prétendre être l'auteur d'un travail écrit par une autre personne est une pratique sévèrement sanctionnée par la loi.
3. Personne d'autre que moi n'a le droit de faire valoir ce travail, en totalité ou en partie, comme le sien.
4. Les propos repris mot à mot à d'autres auteurs figurent entre guillemets (citations).
5. Les écrits sur lesquels je m'appuie dans ce mémoire sont systématiquement référencés selon un système de renvoi bibliographique clair et précis.

NOM : ...SCARBE.L... PRENOM : ...LUCIE.....

DATE : ..27..06..2011..