

## **Identification des sons environnementaux et parole en milieu bruyant chez les adultes implantés : quel lien ?**

TREVILLE-PROTAIN Noëlle \*, TOUATI Sarah \*\*, PONCET-WALLET Christine \*\*\*, ERNST Emilie \*\*\*\*

\* Master 2, orthophoniste, Paris 8ème

\*\* Master 2, orthophoniste, France

\*\*\* Dr., Chef de service, PH, Service ORL, Centre de Réglage des Implants Cochléaires, Hôpital Rothschild, APHP, 75012 Paris

\*\*\*\* Ph. D., orthophoniste, Service ORL, Centre de Réglage des Implants Cochléaires, Hôpital Rothschild, APHP, 75012 Paris, Chargée d'enseignement, Sorbonne Université, Paris 6

**Auteur de correspondance :** [noelle.trevilleprotain@gmail.com](mailto:noelle.trevilleprotain@gmail.com)

**Résumé :**

L'étude vise à rechercher si un lien existe entre l'identification de sons environnementaux (SE) et la compréhension de la parole dans le bruit chez des sujets adultes implantés cochléaires. 33 sujets adultes implantés depuis au moins 12 mois ont été évalués via un test d'identification de sons environnementaux (TISE), en liste ouverte, préalablement administré à 24 sujets adultes normo-entendants et via un test de compréhension de la parole dans le bruit (MBAA, Marginal Benefits from Acoustic Amplification). Les scores de leur dernier bilan annuel orthophonique ont été recueillis. Leur ressenti subjectif a été également évalué par un auto-questionnaire de qualité de vie (NCIQ, Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire). Les scores en compréhension de la parole dans le bruit (MBAA) des 33 sujets implantés sont corrélés significativement avec ceux obtenus au TISE ( $r = 0,75$  ;  $p < 0,0001$ ) et avec les réponses au NCIQ ( $r = 0,68$  ;  $p < 0,0001$ ). Il existe également une corrélation entre le MBAA dans le silence et le TISE ( $r = 0,66$  ;  $p < 0,0001$ ). Les sujets implantés qui ont une bonne compréhension dans le bruit identifient bien les SE, et réciproquement. Ce qui est observé d'un point de vue objectif se retrouve d'un point de vue subjectif (auto-questionnaire de qualité de vie NCIQ). L'entraînement structuré à l'identification des SE pourrait enrichir la prise en charge orthophonique en vue d'améliorer la compréhension de la parole dans le bruit.

**Mots clés :** surdité, implant cochléaire, adultes devenus sourds, sons environnementaux, compréhension dans le bruit

### **Identification of environmental sounds and speech in noise by cochlear implant adult users: which link?**

**Summary:**

The aim of this study is to investigate whether a link exists between non-linguistic sound identification and speech perception in noise for adult users of cochlear implant. 33 adults of both genders with an average duration of cochlear implant use of 12 months were assessed via an open-set test of non-linguistic sound perception (TISE), created for the study and previously administered to 24 normal-hearing adults, and via a speech perception test in noise (MBAA). The results of their last annual hearing skills and language intelligibility assessment were collected. Their subjective quality of life was also measured with the Nijmegen Cochlear Implantation Questionnaire (NCIQ, adapted in French). The noise speech scores (MBAA) of the 33 implanted subjects were significantly correlated with those obtained with TISE ( $r = 0,75$  ;  $p < 0,0001$ ) and with NCIQ responses ( $r = 0,68$  ;  $p < 0,0001$ ). There is also a correlation between MBAA in silence and TISE ( $r = 0,66$  ;  $p < 0,0001$ ). Implanted users with good speech perception in noise have good performance in non-linguistic sound identification, and vice versa. These objective results are confirmed by the results to the subjective self-questionnaire quality of life (NCIQ). A structured training to non-linguistic sound identification could ameliorate speech therapy practice in order to improve speech perception in noise, which is an ability related to the quality of life for experienced cochlear implant users.

**Key words:** deafness, cochlear implant, deafened adults, environmental sounds, speech perception in noise

## ----- INTRODUCTION -----

L'implant cochléaire (IC) permet une réhabilitation de qualité des adultes devenus sourds et malentendants. La perception des sons environnementaux (SE) est souvent la première expérience auditive des sujets nouvellement implantés qui recouvrent le sens de l'alerte. Cela peut contribuer à une meilleure relation au monde environnant, une plus grande détection des sons en lien avec leur sécurité et participer à la satisfaction qu'ils ont de leur IC (Shafiro, Sheft, Kuvadiah & Gygi, 2015).

L'identification des SE peut rester déficitaire même après des années d'utilisation de l'IC mais il existe une grande variabilité interindividuelle (Shafiro, Gygi, Cheng, Vachhani & Mulvey, 2011 ; Inverso & Limb, 2010 ; Looi & Arnephy, 2010 ; Reed & Delhorne, 2005). Le faible niveau de performances en identification des SE de certains sujets implantés est d'ailleurs une cause de préoccupation, mettant en évidence l'importance de la perception sonore environnementale pour les sujets implantés cochléaires (Inverso & Limb, 2010). Des attentes demeurent également sur l'amélioration de la compréhension de la parole en milieu bruyant et l'écoute de la musique. En cas de bruit de fond, le mécanisme de démasquage de la parole consiste à exploiter les fluctuations temporelles ou spectrales du signal sonore masquant en s'appuyant sur les vallées du bruit. Plus la vallée du bruit est large et bien définie, meilleur est le démasquage et donc meilleure est l'identification des signaux de parole (Gnansia, Jourdes & Lorenzi, 2008). Certains implantés peuvent exploiter les vallées du bruit pour améliorer leur intelligibilité dans des conditions qui facilitent l'effet de démasquage, tandis que d'autres subissent des distorsions issues des modulations du bruit de fond. Ainsi, identifier des SE et comprendre la parole en milieu bruyant mettent en jeu des processus complexes et représentent un défi pour les sujets implantés, même expérimentés.

Peu d'études ont recherché et approfondi le lien pouvant exister entre la compréhension de la parole dans le bruit et l'identification des SE. Notre étude vise à rechercher s'il existe un lien entre les performances des sujets implantés au Test d'Identification des Sons de l'Environnement (TISE), créé pour l'étude, et aux tests de compréhension de la parole dans le bruit (MBAA et FRAMATRIX). Nos hypothèses sont les suivantes : les performances objectives en compréhension de la parole dans le bruit (MBAA) pourraient s'expliquer par celles obtenues au TISE. Cela se reflèterait également à travers les réponses subjectives à un auto-questionnaire de qualité de vie (Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire ; NCIQ). Il s'agirait de voir dans quelle mesure un entraînement à la perception des SE en rééducation orthophonique pourrait améliorer la compréhension de la parole dans le bruit.

## ----- METHODOLOGIE -----

### 1. Population

#### a. Critères d'inclusion et de non-incusion

Les sujets inclus dans cette étude sont normo-entendants (NE) pour la pré-étude de constitution du TISE et implantés cochléaires. Tous les sujets sont majeurs et ont donné leur consentement écrit pour participer à l'étude. Ils maîtrisent bien la langue française et ne bénéficient pas de mesure de protection légale. Les NE doivent présenter une audition bilatérale normale pour l'âge selon les critères du BIAP (Bureau International d'Audiophonologie). Concernant les sujets implantés cochléaires, ils doivent être porteurs d'au moins un IC depuis au minimum 12 mois pour être considérés comme réhabilités. Les critères d'exclusion sont en miroir des critères d'inclusion.

#### 1. Sujets normo-entendants

24 sujets normo-entendants (NE), âgés de 25 à 75 ans (moyenne d'âge de 48,94 ans ;  $\pm 15,89$  DS, étendue : [25 – 75]) constituent la population contrôle et présentent des seuils auditifs dans la norme (compris entre 0 et 20 dB, aux fréquences testées entre 0,5 et 4 kHz).

#### 2. Sujets implantés cochléaires

33 sujets adultes implantés cochléaires participent à l'étude (12 hommes et 21 femmes ; moyenne d'âge de 59,57 ans,  $\pm 13,96$  DS, étendue : [28 - 81]). La durée de la privation auditive est variable parmi les participants, de 3 mois à 68 ans, avec une moyenne de 25,98 ans ( $\pm 15,10$  DS). La moyenne de durée post-implant est de 62,58 mois ( $\pm 45,16$  DS, étendue : [12,09 - 159,64]), avec un minimum de 12 mois de port de l'IC (marques : Advanced Bionics ; Cochlear ; Neurelec ; Medel).

L'ensemble des sujets a été testé dans la meilleure situation auditive qui est celle de leur quotidien. Différentes situations auditives se sont donc présentées : IC seul ; 2 IC ; IC + ACA (Appareil de Correction Auditive). Les sujets ont été invités à choisir le programme le plus adapté de leurs dispositifs pour chacun des tests. Tous les sujets ont été testés en identification des sons de l'environnement (TISE) et en compréhension de la parole dans le bruit (FRAMATRIX). Les scores aux tests en compréhension de la parole dans le bruit (MBAA mots et phrases, RSB = + 10 dB) et dans le silence (phonèmes et mots du test de Lafon, phonèmes et mots du test de Fournier, mots et phrases du test MBAA), proposés lors de l'évaluation orthophonique annuelle du sujet implanté, ont été recueillis dans leur dossier (cf. tableau 1).

L'étude s'est déroulée dans le service du CRIC (Centre de Réglage des Implants Cochléaires) de l'Hôpital Rothschild (APHP) à Paris. Un consentement écrit a été recueilli pour tous les sujets de l'étude.

N° Sujet	Sexe	Age (ans)	Type Surdit�	Situation Auditive	Marque IC	Dur�e post-IC (mois)	Moyenne Scores Silence (%)*	Moyenne MBAA Mots et Phrases Silence (%)	Moyenne MBAA Mots et Phrases RSB=+10 dB (%)	TISE Score Total (%)
1	F	72	Brusque	2 IC s�quentiel	Neurelec ICG – Cochlear ICD	130,27	47,55	77,56	36,03	37,50
2	F	60	Progressive	2 IC simultan�	AB	36,11	57,11	72,99	22,05	33,33
3	F	70	Brusque	ACA OG + IC OD	AB	12,14	92,79	100	46,57	54,17
4	F	65	Brusque	IC OG	AB	26,35	71,25	96,17	33,83	45,83
5	H	28	Progressive	ACA OG + IC OD	Cochlear	142,36	71,89	84,42	63,56	66,67
6	F	53	Progressive	IC OG + ACA OD	AB	84,04	68,74	80,90	23,86	58,33
7	H	30	Brusque	2 IC simultan�	Cochlear	51,29	98,98	100	88,52	62,50
8	H	48	Progressive	IC OD	AB	61,40	39,83	53,79	0,00	50,00
9	F	44	Brusque	IC OD	Neurelec	49,22	43,83	54,02	0,00	41,67
10	F	58	Brusque	IC OG	Cochlear	48,53	93,43	100	49,21	54,17
11	F	31	Progressive	2 IC s�quentiel	Cochlear	48,10	94,41	100	81,67	66,67
12	F	53	Progressive	IC OD	Medel	21,65	35,81	48,85	7,41	54,17
13	H	73	Progressive	IC OG + ACA OD	AB	12,09	39,95	51,31	0,00	41,67
14	F	76	Progressive	IC OG	Neurelec	86,14	38,76	59,11	0,00	45,83
15	H	66	Brusque	2 IC simultan�	Cochlear	159,64	86,77	100	73,53	62,50
16	H	69	Progressive	IC OG	Cochlear	144,00	84,71	100	71,75	58,33
17	F	72	Progressive	IC OG + ACA OD	Medel	12,25	80,92	100	41,95	58,33
18	F	77	Progressive	IC OD	AB	51,88	20,57	23,66	0,00	29,17
19	H	67	Progressive	IC OD	Medel	27,60	62,77	71,75	29,48	58,33
20	F	39	Progressive	ACA OG + IC OD	Cochlear	64,99	76,49	100	64,99	62,50
21	F	46	Progressive	IC OD	Cochlear	42,41	57,63	85,91	34,62	66,67
22	F	66	Progressive	2 IC s�quentiel	Medel ICG - AB ICD	128,79	86,96	100	95,25	58,33
23	H	52	Progressive	IC OG + ACA OD	Cochlear	51,38	99,02	100	100	91,67
24	F	58	Progressive	IC OG + ACA OD	AB	39,00	93,10	100	87,28	70,83
25	F	60	Progressive	2 IC s�quentiel	Cochlear	75,89	86,42	91,47	78,80	54,17
26	F	68	Progressive	2 IC s�quentiel	Cochlear	49,45	92,61	100	90,56	79,17
27	H	71	Progressive	2 IC s�quentiel	Medel ICG - Neurelec ICD	133,62	90,76	100	87,68	66,67
28	F	67	Brusque	IC OG + ACA OD	Cochlear	31,54	94,01	100	100	66,67
29	F	81	Progressive	IC OD	AB	142,46	69,52	88,06	2,97	50,00
30	H	54	Progressive	IC OD	Cochlear	26,18	77,45	100	47,40	66,67
31	H	55	Progressive	IC OG	Medel	20,04	47,17	53,01	14,23	58,33
32	H	63	Progressive	IC OG	AB	29,47	47,65	60,72	9,82	41,67
33	F	74	Progressive	IC OG + ACA OD	Medel	24,87	91,48	96,20	86,20	70,83

AB : Advanced Bionics ; TISE : Test d'Identification des Sons de l'Environnement ; MBAA : Marginal Benefits from Acoustic Amplification ;

RSB : Rapport Signal sur Bruit ; OG : Oreille Gauche ; OD : Oreille Droite ; ACA : Appareil de Correction Auditive ; ICG : Implant Cochleaire Gauche ; ICD : Implant Cochleaire Droit.

\*Scores Silence : Moyenne Lafon (Phonèmes et mots), Fournier (Phonèmes et mots) et MBAA (mots et phrases).

Tableau 1. Profils des sujets implantés cochleaires

## 2. Les différents tests de l'étude

### a. TISE

#### 1. Matériel

Le test, créé dans le cadre de cette étude, a été administré pour déterminer les performances des sujets implantés en identification des SE. Il regroupe 24 sons du quotidien, choisis en fonction de la littérature (Shafiro et al., 2015 ; Shafiro et al., 2011 ; Inverso & Limb, 2010 ; Looi & Arnephy, 2010). Une pré-étude s'est assurée de la bonne identification de ces sons chez une population contrôle de 24 normo-entendants. Ils ont été extraits de sites internet et calibrés en durée (moyenne de 10 s) et en intensité (entre 60 et 70 dB) sur le logiciel de recherche HUBSOUND. Les sons ont été recueillis au format .wav. Vingt listes ont été créées comprenant une répartition aléatoire des 24 sons. L'ensemble a été stocké sur clé USB.

Les sons ont été sélectionnés selon 3 catégories (sons humains/sons de la nature/sons d'objets) et selon des caractéristiques fréquentielles (aigu/grave) et temporelles (continu/discontinu), afin de mesurer l'importance des facteurs acoustiques dans l'identification des sons. La catégorie des sons humains comprend des sons vocaux (voix parlée et voix chantée) et des sons non langagiers (éternuement, ronflement, etc.).

La réalisation de spectrogrammes a permis au préalable d'analyser le pattern temporel et fréquentiel de chacun des sons (cf. annexe A).

#### 2. Procédure

Les consignes ont été présentées à l'écrit à chaque sujet avant le début du test. Il a été demandé aux sujets d'écouter chaque son en entier avant de donner leur réponse. Au préalable, un item d'entraînement leur a été présenté. La présentation des sons s'est faite dans une pièce insonorisée et en champ libre par deux haut-parleurs situés à 60° de part et d'autre du sujet et à une distance d'un mètre. Le test a été administré en liste ouverte avec une intensité fixée à 65 dB. Les sujets devaient identifier verbalement chaque son présenté avec la possibilité de le réentendre une seconde fois. Le recueil des réponses par l'expérimentateur s'est fait manuellement sur un document de passation (cf. annexe D). Une tolérance a été admise pour certains items, tels que « pompiers » ou « ambulance » pour l'item « sirène » ; « église » pour l'item « cloches » ; « anniversaire » ou « joyeux anniversaire » pour l'item « voix chantée ». En revanche, certaines réponses n'ont pas été acceptées, telles que « eau qui coule » pour l'item « pluie ».

Les résultats obtenus ont été convertis en pourcentages pour faciliter l'analyse des données. La durée totale de la passation, instructions comprises, était d'environ 20 minutes.

### b. FRAMATRIX

#### 1. Matériel

Le test MATRIX, développé par Hagerman en 1982 permet de recueillir différentes mesures de performances de compréhension de la parole dans le bruit auprès de sujets adultes implantés cochléaires.

Le matériel dans sa version française (Jansen et al., 2012) (FRAMATRIX) est constitué de mots fréquents, équilibrés phonétiquement selon l'occurrence des phonèmes dans la langue et équilibrés en nombre de syllabes au sein de chaque groupe de mots (Hochmuth et al., 2012). Selon Flament et Perron (communication personnelle), le FRAMATRIX présente une fiabilité pour l'évaluation de la discrimination de la parole dans le bruit chez les NE et les malentendants. La procédure adaptative du FRAMATRIX vise à ce que le seuil d'intelligibilité de la parole dans le bruit n'excède pas 50 % (Kollmeier et al., 2015).

## 2. Standardisation

Les études de Flament et Perron (communication personnelle) et Hochmuth et al. (2012) ont montré l'importance d'une double liste d'entraînement pour diminuer l'impact de la variabilité intra-sujet, avant de recueillir les résultats lors du test consistant en la répétition d'une liste de 20 phrases dont les mots sont issus d'un inventaire limité (Kollmeier et al., 2015). La particularité de ce test est sa reproductibilité du fait du matériel vocal utilisé qui est très homogène, avec une structure syntaxique standardisée (Hochmuth et al., 2012) : prénom + verbe + nombre + objet + adjectif de couleur (10 mots pour chacune des 5 catégories), avec par exemple, la phrase : « Eugène ramasse trois rubans rouges ». Il est donc possible de répéter les listes aussi souvent que nécessaire sans influencer sur les résultats par une familiarisation au matériel (Hey, Hocke, Hedderich & Müller-Deile, 2014). La génération aléatoire des mots de chaque phrase empêche leur mémorisation (Flament & Perron, communication personnelle ; Hey et al., 2014 ; Hochmuth et al., 2012). De plus, la constitution des phrases du FRAMATRIX ne permet pas de recourir à de la suppléance mentale car les phrases sont sémantiquement imprédictibles (Kollmeier et al., 2015). Le bruit spécifique du FRAMATRIX a été généré à partir du matériel vocal du test afin de créer un bruit interférent proche d'un bruit stationnaire, sans de trop grandes fluctuations (Kollmeier et al., 2015). Selon l'étude de Flament et Perron (communication personnelle), le FRAMATRIX est aujourd'hui l'un des tests qui présente les plus grandes fiabilités et précision dans le cadre de protocoles de recherche en laboratoire.

## 3. Procédure

Des consignes ont été données aux sujets sur les modalités du test. La parole a été délivrée par le haut-parleur situé en face du sujet. Les conditions choisies ont été une parole fixe à 65 dB et un bruit fluctuant, afin d'éviter que l'intensité de la parole ne s'élève trop en cas de difficulté du sujet, une parole trop forte n'étant pas plus facile à traiter avec un implant. Au préalable, deux listes d'entraînement de 20 phrases ont été présentées aux sujets, suivies d'une liste-test de 20 phrases. La présentation de ces listes s'est faite dans une pièce insonorisée et en champ libre. Le rapport signal sur bruit (RSB) à 50 % d'intelligibilité a été recueilli manuellement par l'expérimentateur sur un document de passation.

La durée totale de la passation, instructions comprises, était d'environ 40 minutes.

La passation du TISE et du FRAMATRIX s'est déroulée sur la même journée pour chaque sujet. Une partie de la population test (16 sujets) a passé le TISE puis le FRAMATRIX et l'autre partie (17 sujets) le FRAMATRIX puis le TISE.

## c. MBAA

### 1. Matériel

Le test MBAA, dérivé du test de phrases du quotidien de Davis et Silverman (1970), a été établi par Cormary en 1992. Il est composé de différentes listes qui comportent chacune 15 phrases avec un total d'environ 100 mots, à 65 dB HL dans le silence. Le test a pour but d'évaluer la compréhension de phrases du quotidien. La cotation est double : elle prend en compte le nombre de mots et de phrases correctement identifiés, les scores sont ensuite ramenés en pourcentages. Le RSB retenu pour l'étude est de + 10 dB. Le bruit proposé dans le test est un bruit de cocktail party.

### 2. Procédure

Les données du MBAA mots et phrases, dans le silence et dans le bruit, issues du dernier bilan orthophonique annuel de chaque sujet implanté datant de moins d'un an (moyenne : 5,19 mois ;  $\pm 6,53$  DS), ont été recueillies afin d'être exploitées.

## d. NCIQ

### 1. Matériel

L'auto-questionnaire de qualité de vie NCIQ (Hinderink, Krabbe & van Den Broek, 2000) est de type Likert (1 = jamais, 2 = parfois, 3 = régulièrement, 4 = habituellement, 5 = toujours, 6 = aucune réponse ne convient) et comprend 60 questions. Les questions concernent 3 domaines (physique, psychologique et social) et 6 sous-domaines (*perception des sons de base, perception des sons élaborés, qualité de la parole produite et langage parlé, estime de soi, limitation des activités, interactions sociales*). Chaque sous-domaine a le même nombre d'items. Un score est attribué à chaque réponse et ramené en pourcentage.

### 2. Procédure

L'auto-questionnaire était soit rempli le jour de la passation, soit retourné par courrier au CRIC.

## ----- RESULTATS -----

Dans cette étude, nous cherchons à déterminer si la variable « compréhension de la parole dans le bruit » peut être expliquée par la variable « identification de SE ». Pour cela, nous avons examiné différentes variables potentiellement explicatives : le sexe, l'âge, le niveau socio-culturel (NSC), la durée et le mode de survenue de la surdité, l'audition résiduelle estimée par la perte auditive moyenne (PAM) de la meilleure oreille, la situation auditive (IC seul, 2 IC ou IC + ACA), la durée d'implantation, la perception des SE, le niveau de compréhension dans le silence.



## 1. Etude des variables explicatives

### a. Variables sexe, âge, NSC, durée et mode de survenue de la surdité, audition résiduelle et situation auditive, durée d'implantation

#### 1. MBAA

Des analyses statistiques non paramétriques (Mann–Whitney) et paramétriques (Test-t de Student et ANOVA à un facteur) ont été réalisées. Il ressort que les variables sexe, âge, NSC, durée et mode de survenue de la surdité, audition résiduelle, durée d'implantation ne sont pas explicatives du niveau de compréhension de la parole dans le bruit (moyenne des scores au MBAA mots et phrases dans le bruit).

La situation auditive impacte significativement la moyenne des scores en compréhension de la parole dans le bruit ( $F = 11,402$  ;  $p < 0,0001$ ) : les sujets appareillés bilatéralement (2 IC ou IC + ACA) sont logiquement plus performants que ceux en condition monaurale, du fait des bénéfices reconnus de l'audition binaurale pour l'intelligibilité en milieu bruyant (cf. annexe C).

#### 2. TISE

Par ailleurs, les mêmes analyses ont été réalisées pour expliquer les scores au TISE. Il ressort de cette analyse que pour l'ensemble des sujets implantés, l'audition résiduelle (estimée par la perte auditive moyenne) influence les performances au TISE, celles-ci étant moins bonnes en cas d'audition résiduelle pauvre ( $r = 0,40$  ;  $p = 0,018$ ). En excluant les sujets implantés qui n'ont plus d'audition résiduelle, à savoir les porteurs de 2 IC ( $n = 9$ ) et certains porteurs d'un seul IC ( $n = 3$ ), il ressort que l'audition résiduelle est significativement corrélée aux performances du TISE ( $n = 21$  ;  $r = 0,51$  ;  $p = 0,016$ ). L'audition résiduelle influence donc l'identification des SE.

## 2. Résultats au TISE

### a. Chez les normo-entendants

La moyenne des performances des sujets NE s'élève à 97,40 % ( $\pm 3,43$  DS ; étendue : [83,33 – 100]). La catégorie la mieux identifiée est celle des sons humains avec 100 % d'identification. La catégorie des sons de la nature est identifiée à 97,39 % ( $\pm 5,18$  DS) et la catégorie des sons d'objets à 96,35 % ( $\pm 5,80$  DS) (cf. figure 2). Sur l'ensemble des 24 sons du TISE, 16 ont été identifiés correctement par tous les sujets NE (100 %), les 8 autres étant identifiés entre 83,33 % et 95,83 %. Les 4 sons les moins bien identifiés sont le marteau (91,67 %), les canards (91,67 %), le feu (83,33 %) et les clés (83,33 %).

### b. Chez les sujets implantés cochléaires

La moyenne des scores au TISE pour les 33 sujets implantés est de 57,07 % ( $\pm 13,15$  DS), avec une grande variabilité interindividuelle (étendue : [29,17 – 91,67]). La distribution des résultats est présentée dans la figure 1.

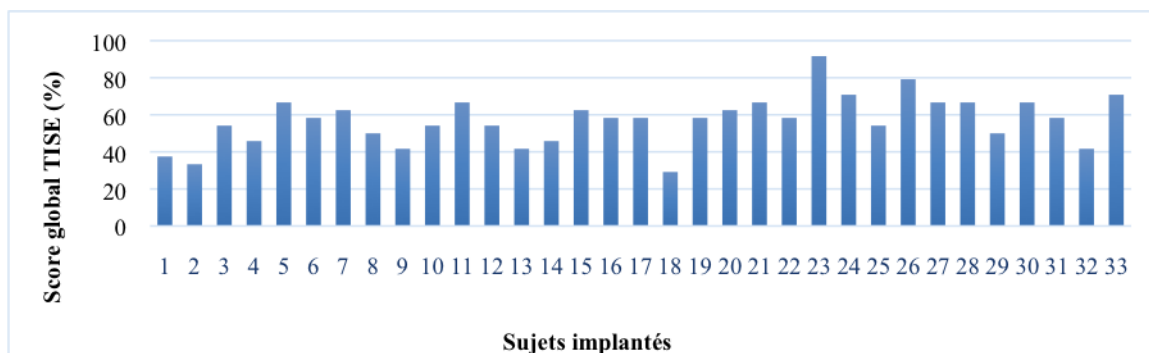


Figure 1. Score global au TISE (Test d'Identification des Sons de l'Environnement) obtenu par chacun des sujets implantés. Le graphique représente en abscisse le numéro de chaque sujet et en ordonnée la performance en %.

Les performances des sujets implantés réparties selon les catégories de sons sont présentées dans la figure 2. La catégorie des sons humains est la mieux identifiée à 71,97 %, avec par exemple, les cris du bébé ou le rire qui sont facilement reconnus (respectivement 84,5 % et 93,94 %). Dans cette catégorie, parmi les sons les moins bien identifiés, nous retrouvons le ronflement (39,39 %). Dans la catégorie des sons de la nature qui est la moins bien identifiée (43,56 %), deux sons ont été malgré tout particulièrement bien identifiés : les oiseaux (90,91 %) et l'aboïement de chien (81,82 %). Dans cette même catégorie, les sons les moins bien identifiés sont la pluie (36,36 %), le vent (18,18 %), les canards (12,12 %) et le feu (0 %). Quant à la catégorie des sons d'objets, l'identification globale s'élève à 55,68 %. Les sons les mieux identifiés sont les cloches (87,88 %) et le marteau (81,82 %). Pour cette dernière catégorie, les difficultés ont notamment concerné le marteau-piqueur (42,42 %) et les clés (21,21 %).

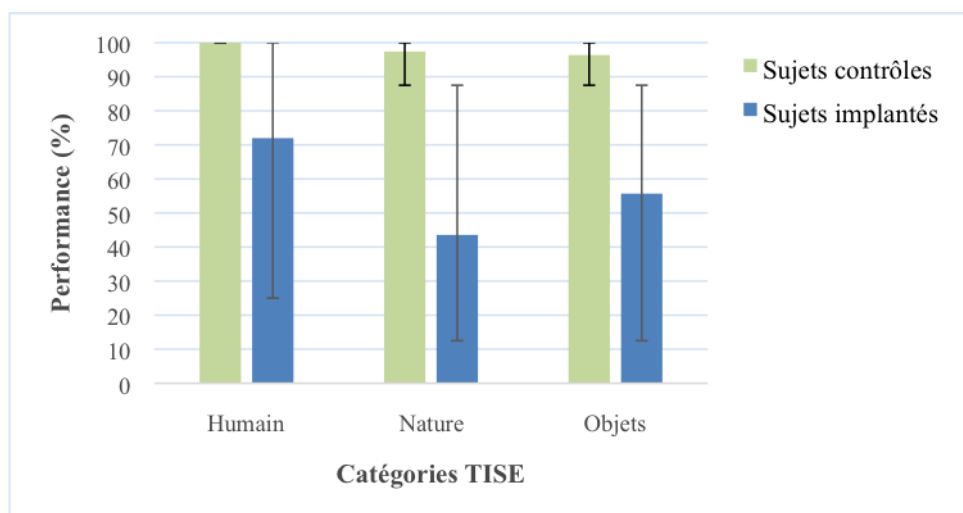


Figure 2. Performances au TISE (Test d'Identification des Sons de l'Environnement) par catégorie des sujets contrôles et des sujets implantés. L'axe des abscisses représente les 3 catégories du TISE (Humain, Nature, Objets). L'axe des ordonnées représente les performances en %.

Les performances au TISE sont détaillées dans le tableau 2 qui précise les performances de l'ensemble des sujets implantés par son. La variation des performances en identification des 24 sons est importante et s'étend de 0 % à 96,97 %. La moyenne des scores est de 56,82 % ( $\pm$  28,61 DS).

Parmi tous les sons présentés, les difficultés d'identification (score inférieur à 38 %) ont notamment concerné la pluie (36,36 %), les clés (21,21 %), le vent (18,18 %), les canards (12,12 %) et le feu (0 %). En revanche, les sons les mieux identifiés (score supérieur à 86 %) sont les cloches (87,88 %), les oiseaux (90,91 %), le rire (93,94 %), la voix chantée (96,97 %) et la voix parlée (96,97 %).

Les données recueillies lors de l'identification des SE du TISE ont été analysées selon des caractéristiques acoustiques, à la fois par sujet implanté et par son.

La moyenne du pourcentage d'identification des sons du TISE par sujet, selon des paramètres temporels et fréquentiels est de 57,83 % pour les sons continus ( $\pm 14,72$  DS ; étendue : [33,33 – 91,67]) ; 55,80 % pour les sons discontinus ( $\pm 15,24$  DS ; étendue : [25,00 – 91,67]) ; 58,84 % pour les sons aigus ( $\pm 13,33$  DS ; étendue : [33,33 – 91,67]) et 54,79 % pour les sons graves ( $\pm 15,59$  DS ; étendue : [25,00 – 91,67]).

Il est à noter que les sons du TISE n'ont pas été confondus entre eux. Toutefois, des confusions avec d'autres SE ont pu être constatées. Par exemple, le bruit du marteau-piqueur a pu être confondu avec le bruit d'une tondeuse à gazon.

Catégorie	Stimulus	Identification (% correct)	Continu / Discontinu Aigu / Grave	Catégorie	Stimulus	Identification (% correct)	Aigu / Grave Continu / Discontinu
Humain	voix parlée	96,97	Continu – Aigu	Humain	hemmage	51,52	Discontinu – Grave
Humain	voix chantée	96,97	Continu – Grave	Objets	sirène	45,45	Discontinu – Aigu
Humain	rire (femme)	93,94	Discontinu – Aigu	Nature	chat	42,42	Discontinu – Aigu
Nature	oiseaux	90,91	Continu – Aigu	Objets	marteau-piqueur	42,42	Continu – Grave
Objets	cloches	87,88	Discontinu – Grave	Objets	verre rempli	42,42	Continu – Grave
Humain	bébé	84,85	Continu – Aigu	Humain	ronflement	39,39	Continu – Grave
Nature	chien	81,82	Discontinu – Grave	Humain	pas	39,39	Discontinu – Grave
Objets	marteau	81,82	Discontinu – Grave	Nature	pluie	36,36	Continu – Aigu
Humain	éternuement	69,7	Discontinu – Aigu	Objets	clés	21,21	Continu – Aigu
Nature	tonnerre	63,64	Continu – Grave	Nature	vent	18,18	Continu – Grave
Objets	réveil, sonnerie	63,64	Discontinu – Aigu	Nature	canards	12,12	Discontinu – Grave
Objets	papier froissé	60,61	Continu – Aigu	Nature	feu	0,00	Discontinu – Aigu

Tableau 2. Pourcentages d'identification des sons du TISE par les sujets implantés (classement décroissant).

L'étude des performances globales au TISE par son, selon les caractéristiques temporelles (continu/discontinu) et fréquentielles (aigu/grave) ne met pas en évidence de différences. La moyenne d'identification des sons continus s'élève à 57,83 % ( $\pm 28,79$  DS ; étendue : [18,18 – 96,97]), contre 55,80 % ( $\pm 29,67$  DS ; étendue : [0 – 93,94]) pour les sons discontinus. Par ailleurs, la moyenne d'identification des sons aigus est de 58,84 % ( $\pm 30,70$  DS ; étendue : [0 – 96,97]) contre 54,79 % ( $\pm 27,57$  DS ; étendue : [12,12 – 96,97]) pour les sons graves.

Parmi les 5 sons les moins bien identifiés (score inférieur à 38 %) (cf. tableau 2), 4 appartiennent à la catégorie des sons de la nature et ont des caractéristiques temporelles et fréquentielles qui diffèrent. Parmi les 5 sons les mieux identifiés, 3 appartiennent quant à eux à la catégorie des sons humains (score supérieur à 86 %) (cf. tableau 2).

### 3. Recherche de corrélations

#### a. Performances de compréhension de la parole et TISE

##### 1. MBAA silence et MBAA dans le bruit (+10 dB)

Au préalable, une corrélation a été recherchée en compréhension de la parole (MBAA) entre les deux conditions silence et bruit. Nous avons fait le choix d'exploiter la moyenne des scores obtenus en compréhension de mots et de phrases.

Il ressort de l'analyse statistique que la moyenne des performances au MBAA en compréhension de la parole dans le silence (83,33 % ;  $\pm 21,21$  DS) est bien corrélée à celle en compréhension de la parole dans le bruit (47,85 % ;  $\pm 35,50$  DS) ( $r = 0,81$  ;  $p < 0,0001$ ). Plus un sujet est performant dans le silence, plus il l'est dans le bruit.

## 2. MBAA dans le bruit (+10 dB) et FRAMATRIX

Les résultats des sujets implantés à deux tests dans le bruit ont été analysés : le MBAA issu des bilans orthophoniques et le FRAMATRIX passé pour cette étude.

Concernant les résultats en compréhension de la parole dans le bruit au FRAMATRIX, la moyenne des RSB est de 18,5 dB ( $\pm 13,21$  DS). La moyenne des scores au MBAA mots et phrases dans le bruit est de 47,85 % ( $\pm 35,50$  DS). Il existe une corrélation significative entre les RSB obtenus au FRAMATRIX et la moyenne des scores mots et phrases au MBAA dans le bruit ( $r = -0,49$  ;  $p < 0,03$ ). Ainsi, les sujets qui ont un RSB élevé au FRAMATRIX ont un score faible au MBAA dans le bruit (scores s'étendant de 10 à 40 %). Cependant, l'analyse des données met en évidence que parmi les 33 sujets implantés de l'étude, 20 ont obtenu un RSB supérieur à 20 dB, ce qui équivaut à une passation dans le silence. Ainsi, nous n'avons pas exploité les RSB obtenus au FRAMATRIX. La passation du MBAA étant plus rapide que celle du FRAMATRIX, cela pourrait minimiser les baisses de performances liées à la fatigue. De plus, dans l'ensemble, les sujets ont eu tendance à exprimer un sentiment d'échec lié à la passation du FRAMATRIX, ce qui a pu impacter leurs performances.

## 3. MBAA et TISE

Pour étudier l'existence d'une corrélation entre le TISE et la compréhension de la parole dans les deux conditions (silence et bruit), des coefficients de corrélation de Pearson ( $r$ ) ont été calculés entre le TISE et la moyenne des performances en compréhension de la parole au MBAA mots et phrases, d'une part dans le silence ( $r = 0,66$  ;  $p < 0,0001$ ) et d'autre part dans le bruit ( $r = 0,75$  ;  $p < 0,0001$ ). Nous pouvons observer que la corrélation entre le TISE et le MBAA est plus forte dans la condition bruit.

### b. Corrélations avec le NCIQ

#### 1. TISE versus NCIQ

Le score global au TISE a été comparé aux différents scores obtenus à l'auto-questionnaire NCIQ (score global et sous scores). Il est apparu des corrélations significatives entre le score global au TISE et le score global au NCIQ ( $r = 0,61$  ;  $p < 0,0001$ ) ainsi qu'entre le score global au TISE et les scores obtenus à différents sous-domaines (*qualité de la parole produite et langage parlé* ( $r = 0,68$  ;  $p < 0,0001$ ) ; *sons élaborés* ( $r = 0,56$  ;  $p = 0,0006$ ) ; *sons de base* ( $r = 0,56$  ;  $p = 0,0007$ ) ; *interactions sociales* ( $r = 0,49$  ;  $p = 0,0034$ ) et dans une moindre mesure avec le sous-domaine *limitation des activités* ( $r = 0,39$  ;  $p = 0,022$ )). Seul le sous-domaine *estime de soi* n'est pas corrélé significativement au score global du TISE ( $r = 0,31$  ;  $p = 0,07$ ). Ainsi, une corrélation entre le NCIQ et le score global au TISE est établie : meilleurs sont les scores des sujets implantés au TISE, meilleure est leur qualité de vie.

## 2. MBAA dans le bruit versus NCIQ

La moyenne des scores au MBAA mots et phrases dans le bruit a été comparée à la moyenne des scores du NCIQ via une analyse de corrélations. Il ressort de cette analyse une corrélation positive entre la moyenne des scores au MBAA dans le bruit et le score global au NCIQ ( $r = 0,68$  ;  $p < 0,0001$ ), ainsi qu'entre la moyenne des scores au MBAA dans le bruit et les différents sous-domaines *qualité de la parole produite et langage parlé* ( $r = 0,69$  ;  $p < 0,0001$ ), *sons élaborés* ( $r = 0,68$  ;  $p < 0,0001$ ), *sons de base* ( $r = 0,58$  ;  $p = 0,0003$ ) et dans une moindre mesure avec les sous-domaines *interactions sociales* ( $r = 0,55$  ;  $p = 0,001$ ) ; *limitation des activités* ( $r = 0,47$  ;  $p = 0,005$ ) et *estime de soi* ( $r = 0,36$  ;  $p = 0,037$ ). Nous pouvons souligner que des sujets implantés, qui ont des performances élevées en compréhension de la parole dans le bruit, ont également une appréciation globale positive de leur environnement et une meilleure qualité de vie.

Les différentes corrélations retrouvées sont présentées dans le tableau 3.

	MBAA silence (mots et phrases)	MBAA RSB = +10 dB (mots et phrases)	TISE	NCIQ
MBAA silence (mots et phrases)	1	0,88*	0,66*	0,67*
MBAA RSB = +10 dB (mots et phrases)		1	0,75*	0,68*
TISE			1	0,61*
NCIQ				1

\*  $p < 0,05$

Tableau 3. Corrélations entre la moyenne des scores au MBAA mots et phrases (silence et bruit), les scores totaux au TISE et ceux au NCIQ.

Différentes matrices de nuages de points sont présentées dans l'Annexe B (MBAA et TISE ; TISE et NCIQ ; MBAA et NCIQ).

## ----- DISCUSSION -----

Une corrélation significative a bien été retrouvée entre les performances en compréhension de la parole dans le bruit et l'identification des SE.

### 1. Performances en identification des sons environnementaux

#### a. Moyenne des scores, catégories de sons et paramètres acoustiques

De façon générale, les sujets implantés cochléaires ont des performances plus faibles que les NE en identification des SE. La moyenne du score global au TISE est de 57,07 % alors que les NE obtiennent une moyenne de 97,40 %. Les stratégies de codage de l'IC étant établies pour la perception de la parole, l'identification des SE peut donc être moins aisée. Les performances obtenues par les sujets implantés au TISE, proposé en liste ouverte, rejoignent globalement celles relevées dans les autres études portant sur les SE (Shafiro et al, 2011 ; Inverso & Limb, 2010 ; Looi & Arnephy, 2010), même si les protocoles peuvent varier d'une étude à l'autre. De plus, à l'instar des autres études, il y a des différences de performances d'identification selon la catégorie des sons, comme cela est décrit dans la figure 2. Nous pouvons constater que la catégorie des sons de la nature est la moins bien identifiée. Les paramètres acoustiques fréquentiels et temporels des sons de notre étude (cf. annexe A) ne semblent pas influencer les performances des sujets. Les résultats concernant les sons les mieux et les moins bien identifiés dans notre étude concordent avec les résultats des autres études (Shafiro et al., 2011 ; Inverso & Limb, 2010 ; Looi & Arnephy, 2010).

### 2. Analyse des corrélations entre compréhension et identification des SE

La corrélation entre la moyenne des performances en compréhension de la parole dans le bruit au MBAA (mots et phrases) et les scores obtenus au TISE établit que les sujets implantés qui ont de bons scores en compréhension de la parole dans le bruit ont également de bonnes performances en identification des SE et réciproquement. Peu d'études ont recherché un lien entre la perception des SE et la compréhension de la parole, en particulier en condition bruyante.

#### a. Spécificités de l'étude au regard de la littérature

Toutefois, dans cette étude transversale, il est difficile de savoir si la variable « identification des SE » influence la variable « compréhension de la parole dans le bruit » ou si elles sont covariantes. Des corrélations entre les performances au test des SE et celles au test HINT de compréhension de la parole dans le silence ( $r = 0,73$  ;  $p < 0,05$ ) et dans le bruit ( $r = 0,69$  ;  $p < 0,05$ ) ont aussi été retrouvées par Shafiro et al. (2011). Cependant, dans l'étude de Shafiro et al. (2011), la corrélation est plus forte dans le silence que dans le bruit, contrairement à ce qui ressort de notre étude. Selon ces mêmes auteurs, ces corrélations pourraient s'expliquer par l'implication d'un même processus de perception et par les similarités des structures acoustiques entre parole et sons non-linguistiques. Par ailleurs, l'impact de processus de bas niveau mais aussi de haut niveau ne peut être négligé, que ce soit pour la compréhension de la parole ou l'identification des SE. Les processus de bas niveau impliqueraient le traitement d'informations spectrales et temporelles, et ceux de haut niveau feraient intervenir de nombreux processus cognitifs dont la mémoire de travail (Shafiro et al., 2011).

## b. Influence des variables explicatives

Il a été mis en évidence dans l'analyse statistique que l'audition résiduelle impactait les performances en identification des SE en excluant les sujets porteurs de 2 IC (ceux-ci n'ont pas de restes auditifs). La préservation d'une audition résiduelle influence donc positivement les résultats au TISE.

Il est à noter que dans l'étude de Shafiro et al. (2015), les sujets implantés unilatéralement ont été testés sans audition résiduelle en obstruant l'oreille controlatérale et une corrélation (variant entre  $r = 0,45$  et  $0,66$ ) a bien été démontrée dans la condition sans audition résiduelle entre les trois différents tests de compréhension de la parole et le test d'identification des SE utilisés pour l'étude.

De plus, concernant notre étude, l'analyse statistique a également montré que la situation auditive influençait les performances de la compréhension de la parole dans le bruit. En effet, il ressort des analyses statistiques que les sujets bénéficiant de la binauralité (2 IC ou IC + ACA) ont des performances statistiquement supérieures à ceux qui ne sont implantés que d'un côté. Les sujets avec 2 IC et ceux ayant un IC et un ACA obtiennent respectivement une moyenne de scores plus élevée au MBAA (72,67 % et 62,4 %) que ceux possédant un seul IC (21,48 %). La différence de performances entre les sujets porteurs de 2 IC et ceux ayant un IC et un ACA n'est statistiquement pas significative ( $p = 0,702$ ), tandis qu'elle l'est entre les sujets porteurs d'un IC et ceux porteurs de 2 IC ( $p < 0,0001$ ) ainsi qu'entre les sujets porteurs d'un IC et ceux porteurs d'un IC et d'un ACA ( $p = 0,003$ ).

## c. Autres facteurs possibles

Il pourrait y avoir aussi d'autres facteurs impliqués dans les performances d'identification des SE, tels que la valence émotionnelle (agréable, désagréable) ou la familiarité que peuvent revêtir certains sons pour les sujets implantés. Par exemple, le gazouillis des oiseaux, perçu comme agréable et familier, est le son de la catégorie Nature le mieux identifié (90,91 %). De plus, certains sons pourraient faire l'objet de plus grandes attentes de la part des sujets implantés, comme entre autres le rire d'un proche ou l'aboiement d'un chien.

## 3. Analyse des réponses à l'auto-questionnaire de qualité de vie

### a. Les différents sous-domaines du NCIQ

Concernant les réponses obtenues au questionnaire de qualité de vie (NCIQ), la corrélation trouvée entre le sous-domaine *sons de base* et le score global au TISE pourrait s'expliquer par l'orientation des questions portant sur les SE perçus en vie quotidienne. Par exemple, 3 items (7, 13 et 42) sur les 10 du sous-domaine *sons de base* portent respectivement sur la perception des pas, d'une sonnerie et de personnes parlant à la radio. Ces stimuli fréquents en vie quotidienne font d'ailleurs partie des sons retenus pour le TISE. Nous pouvons donc remarquer que d'un point de vue objectif, les résultats obtenus au TISE se retrouvent dans les réponses subjectives au NCIQ.

## **b. Qualité de vie et performances aux tests**

En ce qui concerne la recherche d'une relation entre les performances en compréhension de la parole dans le bruit et les réponses au NCIQ, une corrélation significative a été établie. Nous pouvons ainsi souligner que les sujets implantés qui présentent de bonnes performances en compréhension de la parole dans le bruit considèrent avoir une bonne qualité de vie, ce qui indique que la perception de la parole en milieu bruyant représente un enjeu important pour les sujets implantés. Nous pourrions donc supposer que plus les sujets sont à même de percevoir et comprendre les sons de parole de leur environnement, plus ils seraient capables en milieu bruyant de les identifier en tant que signal cible et de mieux les inhiber au sein d'un bruit de fond.

Par ailleurs, il est à noter que parmi toutes les corrélations significatives relevées entre le MBAA dans le bruit et le NCIQ, ainsi qu'entre le TISE et le NCIQ, il y a notamment 2 sous-domaines du NCIQ (*qualité de la parole produite et langage parlé* et *sons de base*) corrélés à la fois avec le TISE et le MBAA dans le bruit, certaines questions de ces sous-domaines portant plus particulièrement sur la compréhension de la parole et l'identification des SE.

## **4. Difficultés de compréhension dans le bruit des sujets implantés**

### **a. Phénomènes de distorsions issues du signal masquant**

Les performances plus faibles en compréhension de la parole dans le bruit par rapport à la moyenne des sujets implantés de l'étude pourraient s'expliquer par la présence de distorsions issues des modulations du bruit de fond. Selon l'étude de Kwon, Perry, Wilhelm et Healy (2012), cela indiquerait des déficits pouvant être liés à une réduction des différences perceptives entre la parole et le bruit et à une perturbation de la segmentation du signal de parole à cause du bruit.

### **b. Phénomènes d'entraînement**

Par ailleurs, des effets d'entraînement en identification des SE ont été montrés d'une part pour des SE entraînés et d'autre part pour des SE non entraînés mais issus d'une même source sonore, tels que différents exemplaires d'un aboiement de chien (Shafiro *et al.*, 2015). Ainsi, il existe une capacité de généralisation sur la base de certains indices perceptifs pertinents. De plus, la sollicitation de l'attention sélective durant un entraînement pourrait permettre aux sujets implantés de mettre en lien leurs nouvelles expériences sensorielles via l'IC avec leurs représentations stockées en mémoire auditive (Shafiro *et al.*, 2015). Il est également reconnu que des processus cognitifs de haut niveau, attentionnels et mnésiques, peuvent jouer également un rôle dans la compréhension de la parole dans le bruit chez les sujets implantés. Enfin, selon Lazard, Giraud, Truy et Lee (2011), l'écoute des SE ainsi que leur évocation mentale sur image permettraient de renforcer la perception de la parole des adultes implantés par l'activation de plusieurs formes de représentation des sons non langagiers.



## ----- CONCLUSION -----

Compte tenu des résultats de notre étude, l'identification des SE pourrait jouer un rôle sur les capacités d'intelligibilité de la parole dans le bruit. Ainsi, il pourrait être intéressant d'enrichir la rééducation orthophonique de la compréhension de la parole dans le bruit chez des sujets implantés par la réactivation de la mémoire auditive des sons non-linguistiques. Cette réactivation pourrait être favorisée par la mise en place d'un entraînement structuré en identification des SE prenant en compte les spécificités propres à chaque sujet en termes de familiarité et de valence émotionnelle des sons de leur environnement. Nous pourrions supposer que cet axe de rééducation puisse augmenter les performances en compréhension de la parole dans le bruit et ainsi améliorer la qualité de vie des sujets adultes implantés.

## ----- BIBLIOGRAPHIE -----

Davis, H., & Silverman, S.R. (1970). *Hearing and deafness*. Holt, Rinehart et Winston of Canada Ltd.

Flament, J., & Perron, L. (soumis). Comparaison de deux tests vocaux adaptatifs dans le bruit FraMatrix et HINT « Hearing In Noise Test » : Etude préliminaire.

Gnansia, D., Jourdes, V., & Lorenzi, C. (2008). Effect of masker modulation depth on speech masking release. *Hearing Research*, 239(1-2), 60-68. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2008.01.012>

Hagerman, B. (1982). Measurement of speech reception threshold: A comparison between two methods. *Scandinavian Audiology*, 11(3), 191-193. <https://doi.org/10.3109/01050398209076217>

Hey, M., Hocke, T., Hedderich, J., & Müller-Deile, J. (2014). Investigation of a matrix sentence test in noise: reproducibility and discrimination function in cochlear implant patients. *International Journal of Audiology*, 53(12), 895-902. <https://doi.org/10.3109/14992027.2014.938368>

Hinderink, J.B., Krabbe, P.F., & van Den Broek, P. (2000). Development and application of a health-related quality-of-life instrument for adults with cochlear implants: the Nijmegen cochlear implant questionnaire. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 123(6), 756-765. <https://doi.org/10.1067/mhn.2000.108203>

Hochmuth, S., Brand, T., Zokoll, M.A., Castro, F.Z., Wardenga, N., & Kollmeier, B. (2012). A Spanish matrix sentence test for assessing speech reception thresholds in noise. *International Journal of Audiology*, 51(7), 536-544. <https://doi.org/10.3109/14992027.2012.670731>

Inverso, Y., & Limb, C.J. (2010). Cochlear implant-mediated perception of nonlinguistic sounds. *Ear and Hearing*, 31(4), 505-514. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181d99a52>

Jansen, S., Luts, H., Wagener, K.C., Kollmeier, B., Del Rio, M., Dauman, R., ... & van Wieringen, A. (2012). Comparison of three types of French speech-in-noise tests: A multi-

center study. *International Journal of Audiology*, 51(3), 164-173. <https://doi.org/10.3109/14992027.2011.633568>

Kollmeier, B., Warzybok, A., Hochmuth, S., Zokoll, M.A., Uslar, V., Brand, T., & Wagener, K.C. (2015). The multilingue matrix test: Principles, applications, and comparison across languages: A review. *International Journal of Audiology*, 54(sup2), 3-16. <https://doi.org/10.3109/14992027.2015.1020971>

Kwon, B.J., Perry, T.T., Wilhelm, C.L., & Healy, E.W. (2012). Sentence recognition in noise promoting or suppressing masking release by normal-hearing and cochlear-implant listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(4), 3111-3119. <https://doi.org/10.1121/1.3688511>

Lazard, D.S., Giraud, A.L., Truy, E., & Lee, H.J. (2011). Evolution of non-speech sound memory in postlingual deafness: Implications for cochlear implant rehabilitation. *Neuropsychologia*, 49(9), 2475-2482. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.04.025>

Looi, V., & Arnephy, J. (2010). Environmental sound perception of cochlear implant users. *Cochlear Implants International*, 11(4), 203-227. <https://doi.org/10.1002/cii.428>

Reed, C.M., & Delhorne, L.A. (2005). Reception of environmental sounds through cochlear implants. *Ear and Hearing*, 26(1), 48-61.

Shafiro, V., Sheft, S., Kuvadia, S., & Gygi, B. (2015). Environmental sound training in cochlear implant users. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 58(2), 509-519. PMC4675129 accès ouvert

Shafiro, V., Gygi, B., Cheng, M.Y., Vachhani, J., & Mulvey, M. (2011). Perception of environmental sounds by experienced cochlear implant patients. *Ear and Hearing*, 32(4), 511-523. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3182064a87>

----- ANNEXES -----

Annexe A. Spectrogrammes issus du logiciel HUBSOUND

Annexe B. Matrice des nuages de points entre les différents tests (MBAA, TISE) et l'auto-questionnaire de qualité de vie NCIQ

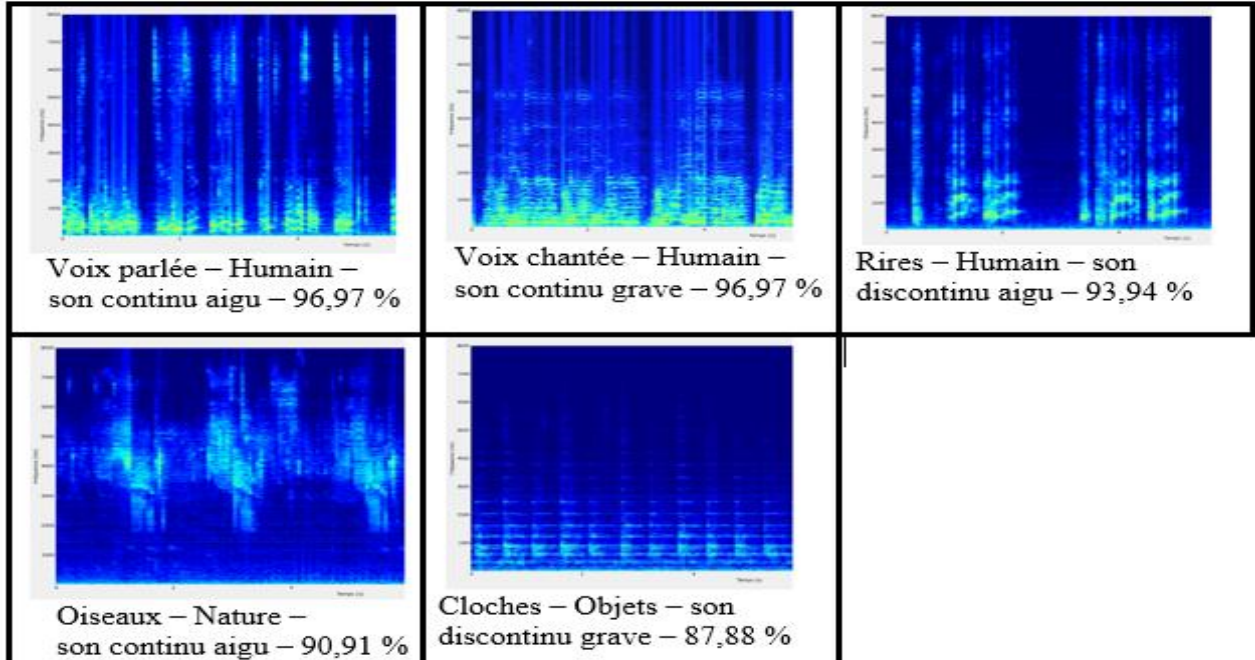
Annexe C. Variable situation auditive (appareillage : IC seul ou IC + ACA ou 2 IC) sur les performances en compréhension de la parole dans le bruit (RSB = + 10 dB) (MBAA)

Annexe D. Document de passation du TISE

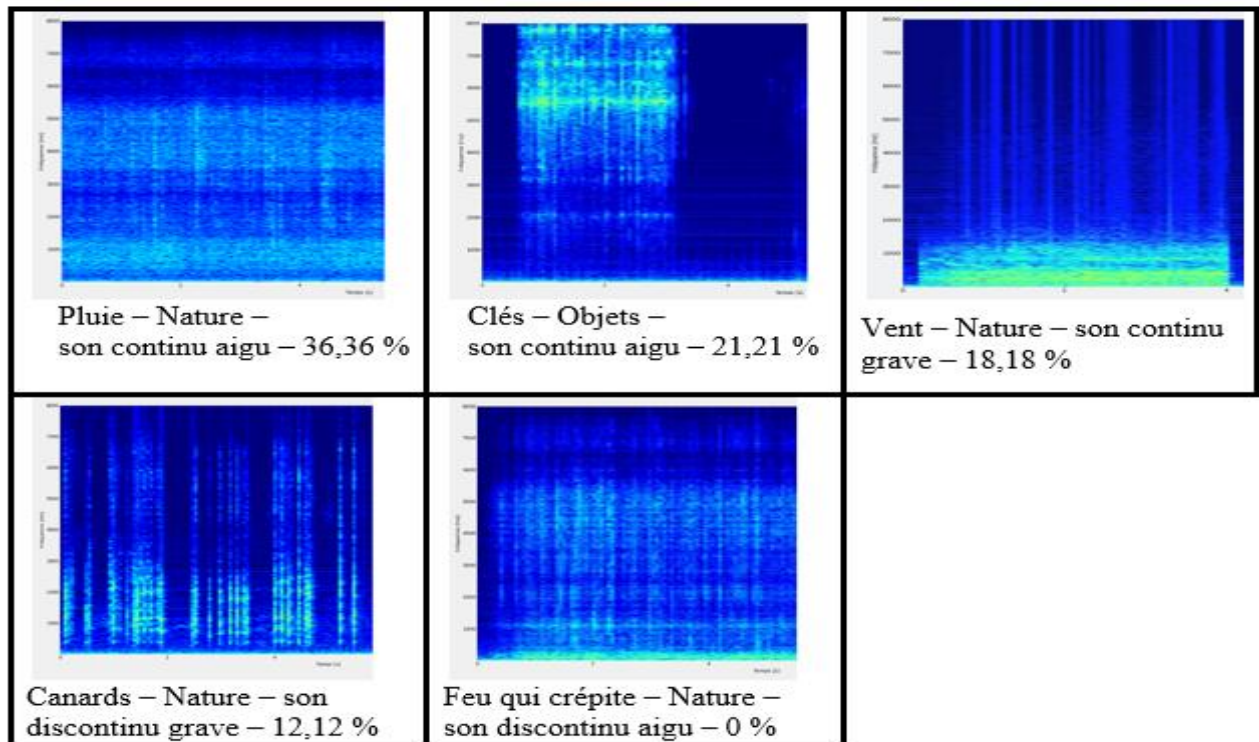
**Annexe A.**

**Spectrogrammes issus du logiciel HUBSOUND**

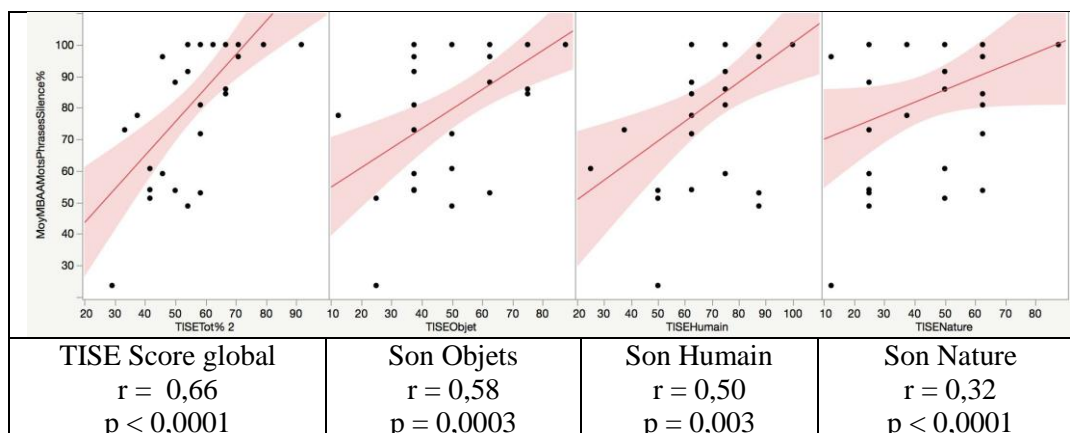
**Sons les mieux identifiés selon des caractéristiques temporelles et fréquentielles**



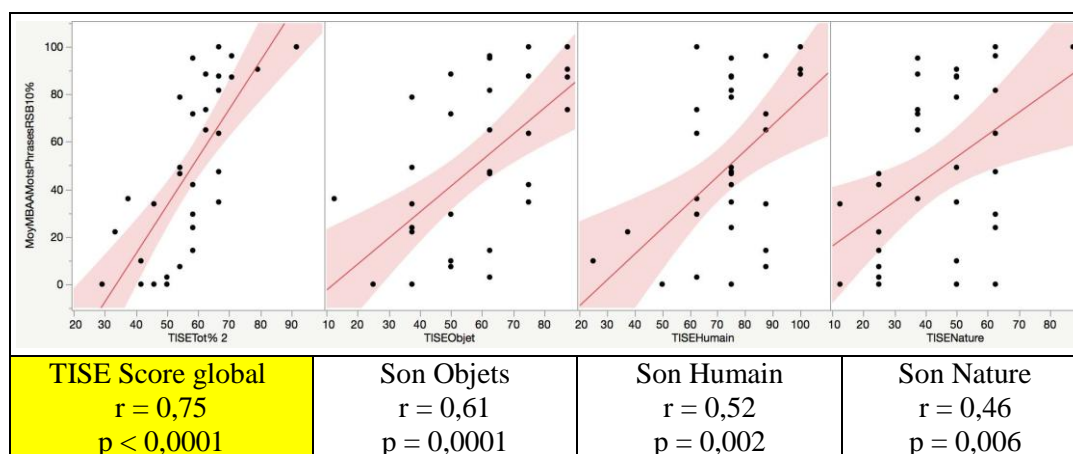
**Sons les moins bien identifiés selon des caractéristiques temporelles et fréquentielles**



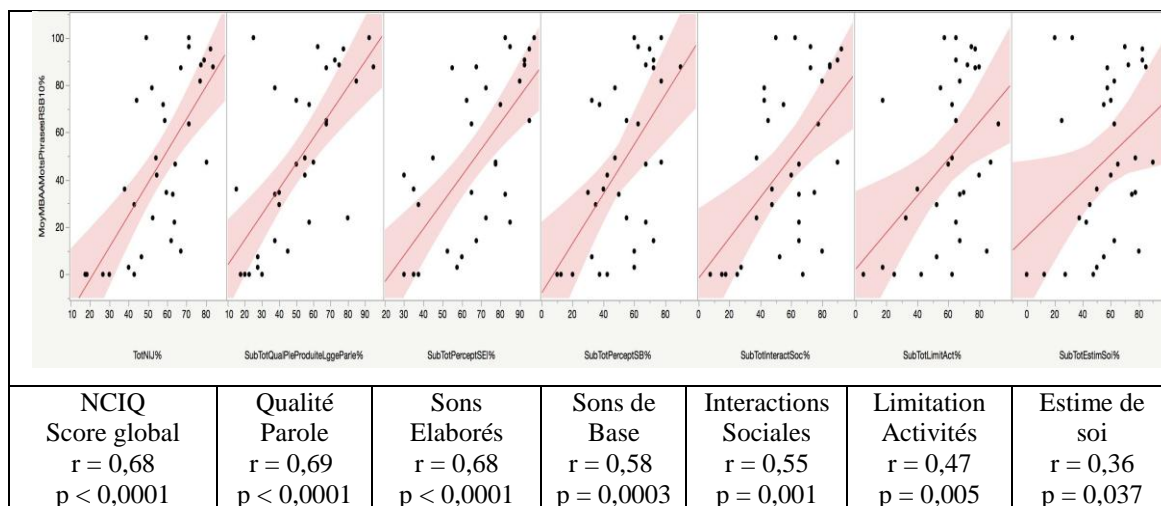
**Annexe B.**



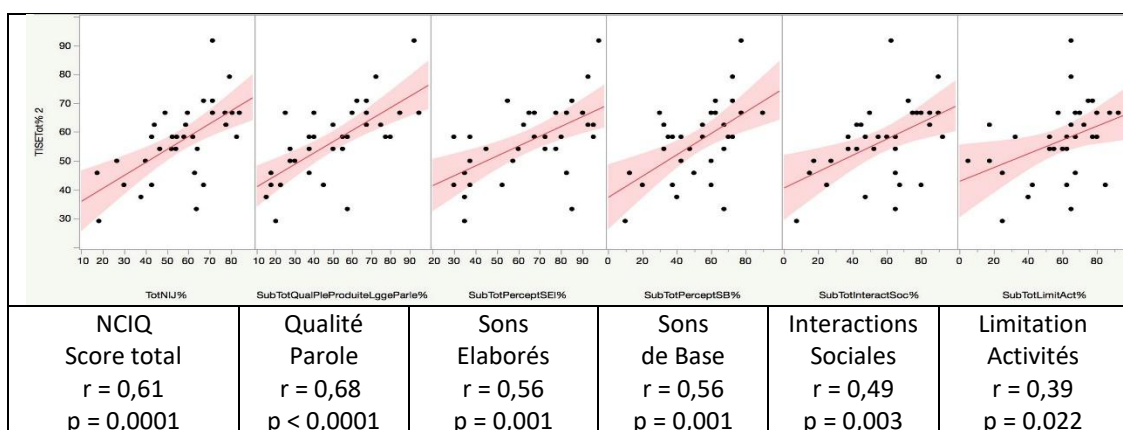
a- Matrice des nuages de points du MBAA mots et phrases dans le silence (en ordonnée) et du TISE (score global et sous scores Objets, Humain, Nature) en abscisse.



b- Matrice des nuages de points du MBAA mots et phrases dans le bruit (en ordonnée) et du TISE (score global et sous scores Objets, Humain, Nature) en abscisse.



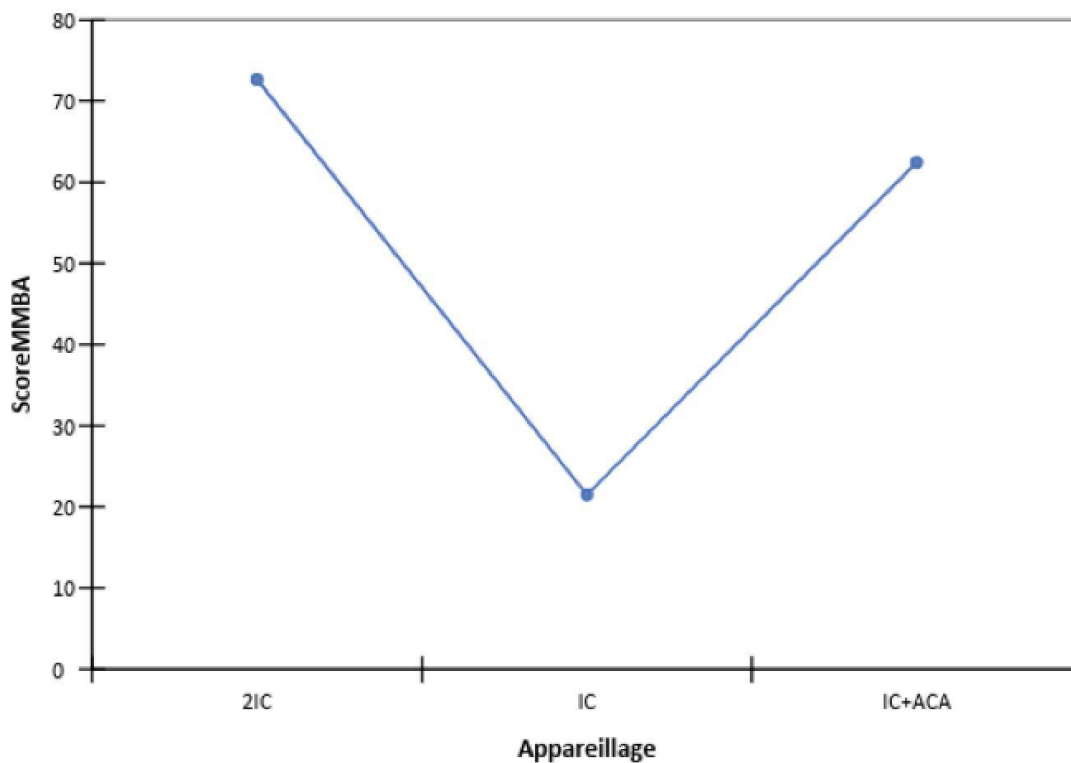
c- Matrice des nuages de points du MBAA (mots et phrases) dans le bruit en ordonnée et du NCIQ (score global et sous-domaines *Qualité de la parole produite et langage parlé ; Perception des sons élaborés ; Perception des sons de base ; Interactions sociales ; Limitation des activités ; Estime de soi*)



d- Matrice des nuages de points du TISE (score global) en ordonnée et du NCIQ (score global et sous-domaines *Qualité de la parole produite et langage parlé ; Perception des sons élaborés ; Perception des sons de base ; Interactions sociales ; Limitation des Activités*)

**Annexe C.**

Variable situation auditive (appareillage : IC seul ou IC + ACA ou 2 IC) sur les performances en compréhension de la parole dans le bruit (RSB = + 10 dB) (MBAA)



Test de Tukey (HSD) - Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%					
Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
2IC vs IC seul	51,195	4,337	2,465	0,000	Oui
2IC vs IC+ACA	10,234	0,806	2,465	0,702	Non
IC+ACA vs IC seul	40,962	3,580	2,465	0,003	Oui
Valeur critique du d de Tukey			3,487		

**Annexe D.**  
Document de passation du TISE

PROTOCOLE TISE

Sarah TOUATI &amp; Noëlle TREVILLE

N° .....
Anonymat :

**NOM :****Prénom :**  M  F

Liste n°.....

Date de Passation : ...../...../201....

Date de Naissance : ...../...../19....

Date implantation : ...../...../.....

Post IC :  IC seul  IC + ACA  IC x 2

Date activation : ...../...../.....

Côté IC :  droit  gauche

Date dernier bilan : ...../...../.....

Marque IC :  AB  Cochlear  Medel  Oticon Neurelec

Lafon phonèmes	Lafon mots	Fournier phonèmes	Fournier mots	MBAA mots	MBAA phrases	MOYENNE
%	%	%	%	%	%	%
MBAA Bruit - RSB = + 10 dB				%	%	%

SON	Bonne Rép	Son imité	Rép autre	NSP
<b>HUMAIN</b>				
bébé				
voix parlée F				
voix chantée H				
ronflement				
rire F				
éternuements				
pas				
hemmage				
<b>TOTAL HUMAIN</b>	/8	/8	/8	/8
<b>NATURE</b>				
oiseaux				
pluie				
tonnerre				
vent				
feu				
chat				
chien				
canards				
<b>TOTAL NATURE</b>	/8	/8	/8	/8
<b>OBJET</b>				
clés				
papier froissé				
marteau-piqueur				
verre (remplir)				
sirène				
réveil				
cloches				
marteau				
<b>TOTAL OBJET</b>	/8	/8	/8	/8
<b>TOTAL</b>	<b>/24</b>	<b>/24</b>	<b>/24</b>	<b>/24</b>