

ACADÉMIE DE PARIS
UNIVERSITÉ PARIS VI PIERRE ET MARIE CURIE

MÉMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITÉ D'ORTHOPHONISTE

**ÉTUDE DE L'INTELLIGIBILITÉ DE LA PAROLE PSEUDO-CHUCHOTÉE
APRÈS LARYNGECTOMIE TOTALE**

Dirigé par :

Dr Lise CREVIER-BUCHMAN

Mme Claire PILLOT-LOISEAU

Année universitaire 2014-2015

MOURET

François

██

██

██

Né le 02/04/1979

REMERCIEMENTS

Je voudrais remercier d'abord Lise Crevier-Buchman et Claire Pillot-Loiseau qui ont encadré ce mémoire avec beaucoup d'attention, ainsi que Christophe Tessier pour avoir d'accepté d'en être le rapporteur.

Merci également à toutes les personnes qui ont accepté de participer aux expériences: les patients d'abord, mais aussi tous ceux qui ont endossé le rôle de sujet contrôle ou d'examineur.

Merci aux équipes du Centre Médical de Forcilles et de la clinique Korian-Les Trois Tours pour leur accueil, et tout particulièrement à Christine Goetgheluck, Benoît Amy de la Bretèque, Patrick Gadais et Alexia Papadopoulos pour leur aide dans le recrutement des patients.

Merci à Clément et Liza pour leur assistance technique et leurs commentaires. Je remercie également Angélique Amelot pour ses conseils sur la prise de son, ainsi que Marion Kergadallan et Géraldine Vercherand pour m'avoir transmis leurs travaux en version électronique.

Merci à toute l'équipe du DUEFO pour la formation offerte, ainsi qu'à mes maîtres de stage successifs : Christine Jammot, Christiane Lobryeau-Desnus, Christine Goetgheluck, Emmanuèle Ambert-Dahan, Stéphanie Borel et Martine Smadja, Marie-Lou Dreher, Sophie Léger, Émilie Ernst, Nicole Guinel, Isabelle Chiaramonti et Loetitia Fauvet-Schoenholtzer.

Enfin, mes pensées vont à mes proches, et tout particulièrement à ma femme et mes enfants.

ENGAGEMENT DE NON-PLAGIAT

Je soussigné François Mouret déclare être pleinement conscient que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Signature :

François MOURET, signature électronique

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	iii
ENGAGEMENT DE NON-PLAGIAT	iv
TABLE DES MATIÈRES	v
LISTE DES TABLEAUX ET ILLUSTRATIONS	viii
INTRODUCTION	1
PARTIE THÉORIQUE.....	2
I. BASES ANATOMO-PHYSIOLOGIQUES DE LA PAROLE.....	3
I.1 Les organes de la parole.....	3
I.1.1 Le système sous-glottique	3
I.1.2 Le système glottique	4
I.1.3 Le système supra-glottique.....	6
I.2. Classification des sons de la parole.....	7
I.2.1 Les voyelles	7
I.2.2 Les consonnes	8
I.3 Variations et phénomènes supra-segmentaux.....	10
II. LA LARYNGECTOMIE TOTALE	10
II.1 Indications.....	10
II.2 Principes de l'intervention.....	10
II.3 Traitements complémentaires.....	12
II.4 Répercussions physiologiques, fonctionnelles et psycho-sociales	12
II.5 Modalités de prise en charge	13
III. LE CHUCHOTEMENT AVEC ET SANS LARYNX.....	13
III.1 Définition	13
III.2 Caractéristiques du chuchotement chez le sujet sain	14
III.3 Caractéristiques du chuchotement chez le sujet laryngectomisé total	16
IV. L'INTELLIGIBILITÉ.....	18
IV.1 Définition.....	18
IV.2 Méthodes de mesure.....	18
IV.3 Facteurs de variation.....	19
IV.4 Outils en langue française	20
IV.4.1 Batterie d'Évaluation Clinique de la Dysarthrie.....	20
IV.4.2 Test Lillois de Dysarthrie	20

IV.4.3 Grille d'Évaluation Clinique des Dysarthries.....	21
IV.4.4 Test quantitatif d'intelligibilité pour les troubles pathologiques de la production de la parole	21
IV.4.5 Échelle (I)INFV0.....	22
IV.5 Revue de littérature.....	23
PARTIE EXPÉRIMENTALE.....	24
I. PROBLÉMATIQUE ET HYPOTHÈSES	25
I.1. Problématique.....	25
I.2. Hypothèses	25
II. MÉTHODOLOGIE.....	26
II.1 La sélection du matériel	26
II.2 Le recrutement des sujets.....	28
II.2.1 Critères d'inclusion et d'exclusion.....	28
II.2.2 Les sujets pathologiques.....	28
II.2.3 Les sujets contrôle.....	30
II.3 Les enregistrements	30
II.3.1 Matériel d'enregistrement	30
II.3.2 Protocole de passation	30
II.3.3 Traitement des fichiers sonores.....	31
II.4 Les tests perceptifs.....	31
II.4.1 Test adapté du TQI.....	32
II.4.2 Test d'évaluation perceptive.....	32
II.4.3 Test d'identification des consonnes.....	32
II.5 Le traitement des données	33
III. RÉSULTATS ET ANALYSES.....	33
III.1 Étude de l'intelligibilité globale	33
III.1.1 Études de fiabilité.....	33
III.1.2 Résultats du test adapté du TQI.....	34
III.1.3 Résultats du test d'évaluation perceptive	38
III.2 Étude de l'intelligibilité segmentale	40
III.2.1 Études de fiabilité.....	40
III.2.2 Taux d'intelligibilité par sujet.....	40
III.2.3 Taux d'intelligibilité par consonne	43
III.2.4 Taux d'intelligibilité par trait phonétique	46
III.3 Étude de l'effet des bruits surajoutés, de la fluidité et de la précision articulatoire sur l'intelligibilité globale	49

IV. DISCUSSION	51
IV.1 Confrontation des résultats aux hypothèses	51
IV.1.1 Intelligibilité globale	51
IV.1.2 Intelligibilité segmentale.....	52
IV.1.3 Facteurs conditionnants.....	52
IV.2 Limites de l'étude	53
IV.3 Conséquences sur la prise en charge orthophonique	53
CONCLUSION	55
BIBLIOGRAPHIE	56
ANNEXES (consultables en version papier uniquement)	63
Annexe A - Corpus	64
Annexe B - Formulaire de consentement éclairé	74
Annexe C - Consignes du protocole d'enregistrement	75
Annexe D - Présentation du test adapté du TQI	76
Annexe E - Présentation du test d'évaluation perceptive	77
Annexe F - Présentation du test d'identification des consonnes	79

LISTE DES TABLEAUX ET ILLUSTRATIONS

Tableau 1- Classement des consonnes du français parmi les consonnes pulmonaires recensées par l'Association Phonétique Internationale.....	9
Tableau 2- Critères d'inclusion et d'exclusion des populations étudiées	28
Tableau 3- Échantillon de sujets pathologiques.....	29
Tableau 4- Sujets pathologiques complémentaires.....	29
Tableau 5- Échantillon de sujets contrôle.....	30
Tableau 6- Coefficients de corrélation intra-classe du test adapté du TQI.....	34
Tableau 7- Coefficients de corrélation intra-classe du test d'évaluation perceptive	34
Tableau 8- Scores moyens des sujets pathologiques au test adapté du TQI.....	34
Tableau 9- Scores moyens des sujets contrôle au test adapté du TQI	35
Tableau 10- Résultats du test U de Mann-Whitney pour la comparaison entre sujets contrôle et pathologiques	36
Tableau 11- Scores moyens des sujets pathologiques au test adapté du TQI exprimés en portions d'écart-type par rapport à la moyenne de l'échantillon	37
Tableau 12- Scores moyens des sujets pathologiques au test d'évaluation perceptive	38
Tableau 13- Scores moyens des sujets contrôle au test d'évaluation perceptive.....	38
Tableau 14- Résultats du test U de Mann-Whitney pour la comparaison entre sujets contrôle et pathologiques	39
Tableau 15- Coefficients <i>Kappa</i> du test d'identification des consonnes.....	40
Tableau 16- Taux d'intelligibilité segmentale des sujets pathologiques et des sujets contrôle	41
Tableau 17- Taux d'intelligibilité segmentale des sujets pathologiques exprimés en portions d'écart-type par rapport à la moyenne de l'échantillon	42
Tableau 18- Matrice de confusion tous sujets pathologiques et tous examinateurs confondus.....	44
Tableau 19- Matrice de confusion tous sujets contrôle et tous examinateurs confondus....	44
Tableau 20- Matrice de confusion pour le mode d'articulation, tous sujets pathologiques et tous examinateurs confondus.....	47
Tableau 21- Matrice de confusion pour le mode d'articulation, tous sujets contrôle et tous examinateurs confondus.....	47
Tableau 22- Matrice de confusion pour le lieu d'articulation, tous sujets pathologiques et tous examinateurs confondus.....	47

Tableau 23- Matrice de confusion pour le lieu d'articulation, tous sujets contrôle et tous examinateurs confondus.....	48
Tableau 24- Matrice de confusion pour le voisement, tous sujets pathologiques et tous examinateurs confondus.....	48
Tableau 25- Matrice de confusion pour le voisement, tous sujets contrôle et tous examinateurs confondus.....	48
Tableau 26- Taux d'erreurs d'identification des consonnes	48
Tableau 27- Coefficients de Spearman	49
Figure 1- Les organes de la voix et de la parole	3
Figure 2- Vue postérieure des trois étages laryngés	5
Figure 3- Vue sagittale des articulateurs.....	7
Figure 4- Classement des voyelles orales du français parmi celles recensées par l'Association Phonétique Internationale	8
Figure 5- Schéma des filières aérienne et digestive avant et après laryngectomie totale sans fistule œso-trachéale	11
Figure 6- Schéma des filières aérienne et digestive après laryngectomie totale avec fistule œso-trachéale et implant phonatoire	11
Figure 7- Vue d'ensemble des différents modes de parole.....	14
Figure 8- Représentation de la configuration de la glotte sur une voyelle tenue en parole vocalisée (A) et en parole chuchotée (B).....	14
Figure 9- Spectrogrammes d'une phrase vocalisée (A) et chuchotée (B).....	16
Figure 10- Spectrogrammes d'une phrase chuchotée par un sujet sain (A) et par un sujet laryngectomisé total (B).....	17
Figure 11- Histogramme des scores au test adapté du TQI par échantillon	35
Figure 12- Histogramme des scores des sujets pathologiques au test adapté du TQI par groupe de niveau	37
Figure 13- Histogramme des scores au test d'évaluation perceptive par échantillon.....	39
Figure 14- Histogramme des taux d'intelligibilité des consonnes par échantillon	41
Figure 15- Histogramme des taux d'intelligibilité des consonnes par groupe de niveau au sein de l'échantillon de sujets pathologiques.....	43
Figure 16- Histogramme des taux d'intelligibilité par consonne en parole chuchotée	45
Figure 17- Histogramme des taux d'intelligibilité par consonne en parole pseudo-chuchotée	45
Figure 18- Radar des taux d'intelligibilité par consonne et échantillon.....	46

Figure 19- Nuage de points représentant les scores totaux au test adapté du TQI en fonction des taux d'intelligibilité segmentale.....	50
Figure 20- Nuage de points représentant les scores du critère I en fonction des taux d'intelligibilité segmentale	50

INTRODUCTION

En dépit des progrès réalisés ces dernières décennies en matière de dépistage précoce et de traitement dans le cadre des protocoles de préservation d'organe, la laryngectomie totale, étendue le cas échéant à tout ou partie du pharynx, demeure une indication de choix pour certaines tumeurs pharyngo-laryngées avancées, avec environ 1500 interventions par an en France selon les chiffres de l'Agence Technique de l'Information sur l'Hospitalisation ([1]).

À l'issue de l'exérèse du larynx, la trachée est définitivement abouchée à la peau au niveau de la base du cou et la phonation naturelle est par voie de conséquence sacrifiée, le seul mode de parole oralisée disponible avant l'acquisition d'une voix de substitution oro-œsophagienne, trachéo-œsophagienne et/ou électro-prothétique consistant en un chuchotement atypique sans support aérien pulmonaire sinon un souffle trachéal parasite.

Que reste-t-il d'identifiable dans la parole dans ces conditions ? À notre connaissance, la question n'a jamais été examinée de manière contrôlée sur un groupe de sujets, la seule publication disponible, maintenant ancienne, portant sur un cas unique (Vallancien et coll. 1974 [81]).

Nous présentons les résultats d'une étude perceptive de l'intelligibilité globale et segmentale menée auprès d'un jury d'écoute composite à partir des enregistrements de 20 sujets : 10 patients laryngectomisés totaux sans voix de substitution à moins de 6 mois de l'intervention, et 10 sujets contrôle appariés aux patients en âge et sexe, auxquels nous avons demandé de s'exprimer en chuchotant.

Nous commençons par procéder dans une première partie théorique à une mise au point concernant les bases anatomo-physiologiques de la parole, la laryngectomie totale, le chuchotement avec et sans larynx et l'intelligibilité, avant d'exposer ensuite dans une deuxième partie expérimentale la problématique et les hypothèses de notre étude, la méthodologie retenue et les résultats et analyses obtenus.

PARTIE THÉORIQUE

I. BASES ANATOMO-PHYSIOLOGIQUES DE LA PAROLE

I.1 Les organes de la parole

Sous le contrôle du système nerveux central, la production de la voix et de la parole mobilise divers organes (figure 1) que l'on regroupe usuellement en trois systèmes définis par référence à la glotte, ou espace entre les deux plis vocaux (Bonfils & Chevallier 2011 [13], Calliope 1989 [14], Crevier-Buchman et coll. 2003 [23], Le Huche & Allali 2010a [55], Vaissière 2006 [80]).

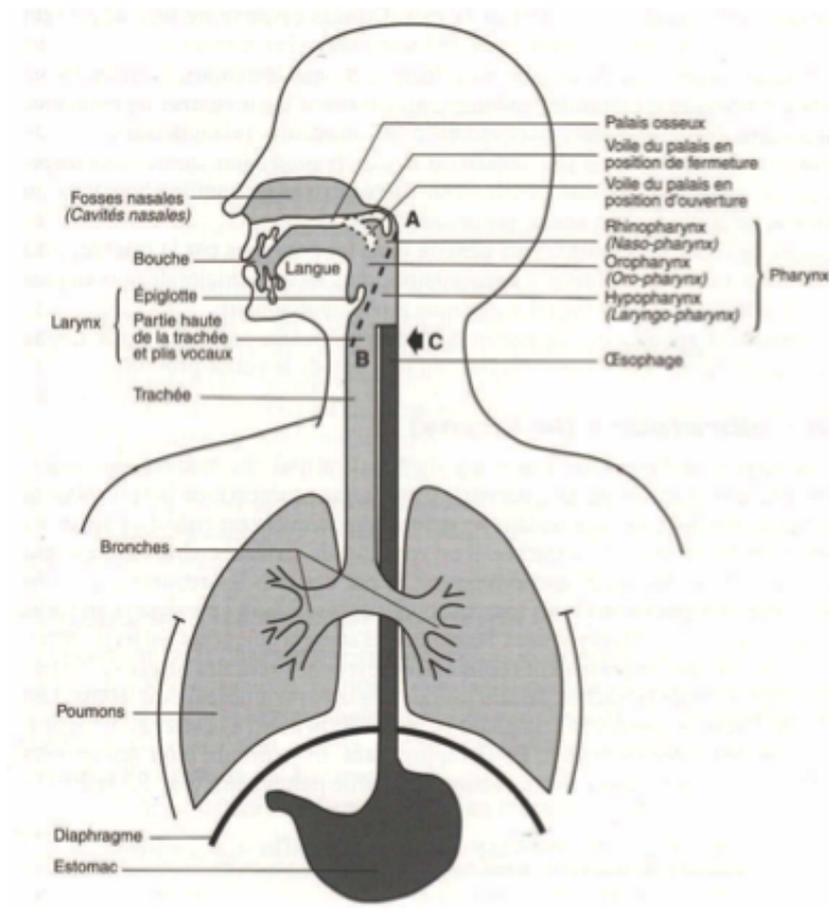


Figure 1- Les organes de la voix et de la parole (extrait de Le Huche & Allali 2010a : 13 [55])

I.1.1 Le système sous-glottique

Le système sous-glottique comprend d'une part la trachée, les bronches et les poumons, et d'autre part le thorax et l'abdomen dont dépendent :

- les muscles inspireurs : scalènes et sterno-cléido-mastoïdiens, qui élèvent le thorax, intercostaux externes et moyens, qui l'élargissent suivant le mouvement en anse de seau, diaphragme, muscle inspireur principal, qui le sphérifie, et muscles spinaux, qui étendent la colonne dans l'inspiration accrue ;
- les muscles expirateurs : abdominaux grands obliques, petits obliques et transverses qui resserrent la ceinture de la paroi abdominale et abaissent le thorax suivant le mouvement en anse de seau, et intercostaux internes et abdominaux grands droits qui abaissent le thorax suivant le mouvement en poignée de pompe.

La fonction première du système sous-glottique est d'assurer les échanges gazeux entre oxygène et dioxyde de carbone nécessaires au fonctionnement du corps. Secondairement, il fournit le souffle nécessaire à la production de la voix et des sons de la parole dits « pulmonaires », qui sont les plus fréquents dans les langues. Lors de l'inspiration, l'air provenant des cavités supra-laryngées chemine dans le larynx et la trachée pour venir alimenter les poumons sous l'effet des muscles inspireurs, tandis qu'il effectue le trajet inverse lors de l'expiration, selon deux modalités, l'une passive, dans le cadre de la respiration normale, par décontraction des muscles inspiratoires, l'autre active, dans le cadre de la parole, par décontraction des muscles inspiratoires et contraction antagoniste des muscles expiratoires.

1.1.2 Le système glottique

Situé dans la portion antérieure du cou en regard des vertèbres cervicales C4 à C6, le larynx constitue un conduit délimité en haut par l'hypopharynx et en bas par la trachée. Il se compose de cinq cartilages principaux (cartilage épiglottique, cartilage thyroïde, cartilages aryténoïdes, cartilage cricoïde) reliés entre eux et aux structures avoisinantes (os hyoïde, base de langue, mandibule, base du crâne et trachée) par un réseau complexe de fibres et de muscles intrinsèques et extrinsèques recouverts d'une muqueuse.

Trois étages sont classiquement distingués (figure 2) :

- l'étage sus-glottique, qui comprend en haut la margelle laryngée, composée en avant de l'épiglotte sus-hyoïdienne, latéralement des replis ary-épiglottiques et du carrefour des trois replis glosso-, pharyngo- et ary-épiglottiques, et en arrière des aryténoïdes ; et en bas le vestibule laryngé, composé de l'épiglotte sous-hyoïdienne, des bandes ventriculaires et des ventricules de Morgagni ;
- l'étage glottique, composé du plancher des ventricules de Morgagni, des deux plis vocaux et des commissures inter-aryténoïdiennes ;

- l'étage sous-glottique, qui correspond à la face interne du cartilage cricoïde, étendu de la face inférieure des plis vocaux à l'entrée de la trachée.

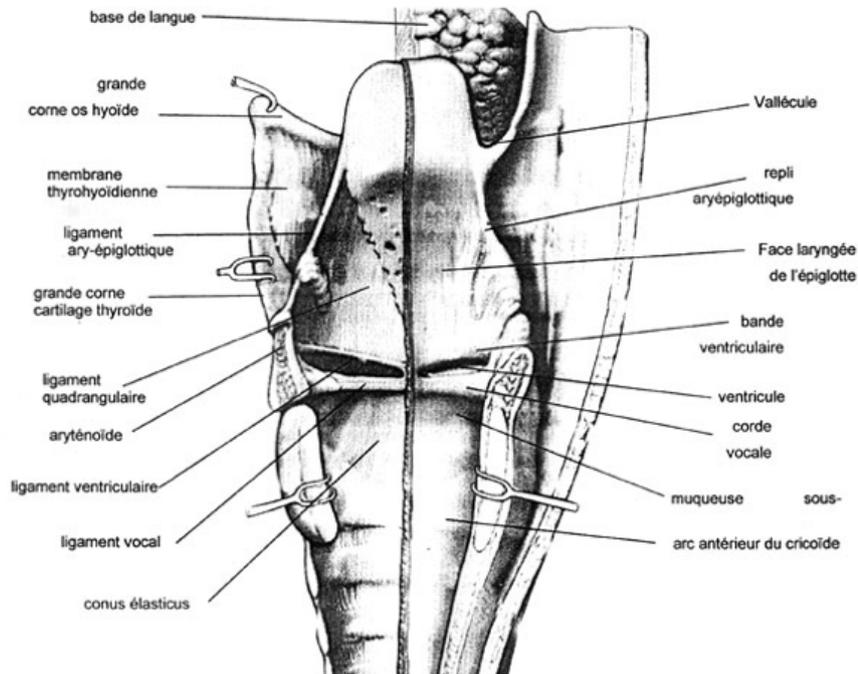


Figure 2 - Vue postérieure des trois étages laryngés (source : medidacte.timone.univ-mrs.fr)

La fonction première du larynx est sphinctérienne : il permet d'assurer la circulation de l'air par abduction des plis vocaux, l'expulsion des sécrétions par le mécanisme de la toux, et la protection des voies aériennes inférieures lors de la déglutition par ascension, bascule de l'épiglotte et adduction des bandes ventriculaires et des plis vocaux.

Secondairement, il permet la phonation, par mise en vibration des plis vocaux selon différents mécanismes qui reposent tous sur l'enchaînement cyclique (i) d'une abduction des plis vocaux sous l'effet de la pression aérienne sous-glottique, (ii) d'un passage transitoire de l'air, et (iii) d'une adduction par rétro-aspiration due à la dépression transglottique générée (effet Bernoulli). Il en résulte une segmentation du flux expiratoire en une suite de bouffées d'air comparable à un « bourdonnement » (Vaissière 2006 : 49 [80]) que viennent ensuite filtrer les cavités supra-glottiques, ce qui donne la voix laryngée, support des voyelles, des semi-voyelles et des consonnes voisées.

Par ailleurs, le larynx, par ses mouvements d'ascension et d'abaissement et/ou la configuration des plis vocaux, participe à l'articulation des sons de la parole, notamment des consonnes non pulmonaires et des consonnes glottales dans les langues qui en font usage (Catford 1968 [15], Ladefoged & Maddieson 1996 [50]).

1.1.3 Le système supra-glottique

Le système supra-glottique comprend les cavités pharyngale, buccale et nasale et les articulateurs mobiles que constituent le voile du palais, la mandibule, la langue et les lèvres.

Le pharynx constitue un conduit musculo-membraneux recouvert d'une muqueuse délimitée en bas par le larynx, en haut par les fosses nasales et en avant par la cavité orale. Comme le larynx, il se compose de trois étages, dont les configurations sont variables sous l'effet de divers muscles constricteurs et élévateurs :

- l'hypopharynx, délimité en arrière par le sphincter supérieur de l'œsophage, et en avant par l'oropharynx ;
- le rhinopharynx ou *cavum*, délimité en haut par les fosses nasales et les trompes d'Eustache, en avant par l'oropharynx et en bas par l'hypopharynx ;
- l'oropharynx, délimité en avant par le V lingual, en haut par le voile du palais ou *velum*, en bas par l'épiglotte et latéralement par les amygdales.

La cavité nasale se compose de deux fosses communiquant avec les sinus et les trompes d'Eustache, séparées par le septum nasal, et délimitées en bas par le rhinopharynx et en avant par les narines.

La cavité buccale est délimitée en haut par le voile du palais et le palais osseux, latéralement par les joues, en bas par le plancher buccal et en avant par les lèvres.

Les organes mobiles, enfin, sont constitués par :

- la mandibule, structure osseuse articulée à l'os temporal, dont les mouvements de propulsion/rétropulsion, d'élévation/abaissement et de diduction sont assurés par les muscles masticateurs ;
- le voile du palais ou *velum*, structure musculo-muqueuse, qui permet sous l'effet de muscles tenseurs et élévateurs d'assurer ou non la séparation entre la cavité nasale et les cavités buccale et pharyngée ;
- les lèvres, structures musculo-muqueuses recouvertes d'épiderme, qui permettent sous l'effet de muscles dilatateurs et constricteurs, en synergie avec les muscles de la face, la fermeture du sphincter buccal et divers mouvements parmi lesquels l'arrondissement et l'étirement ;
- la langue, enfin, structure ostéo-musculo-fibreuse recouverte d'une muqueuse, qui constitue par ses 17 muscles l'articulateur le plus complexe, habituellement divisé en distinguant l'apex et la lame en avant, le dos dans la partie centrale, et la base en arrière.

Comme c'est le cas pour les organes des systèmes sous-glottique et glottique, les organes du système supra-glottique participent d'abord à la respiration et à la déglutition dans ses phases orale et pharyngée, et seulement secondairement à l'articulation des sons de la parole (figure 3).

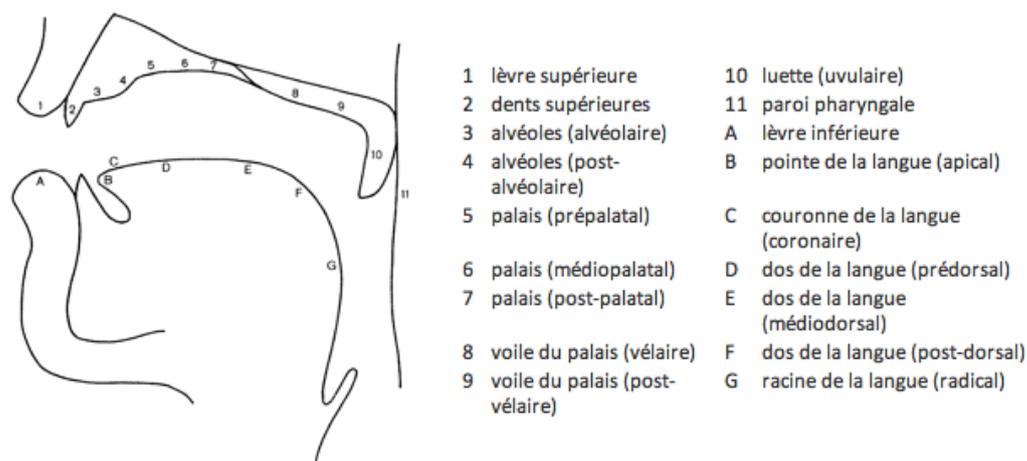


Figure 3- Vue sagittale des articulateurs (source : <http://research.jyu.fi/phonfr/12.html>)

I.2. Classification des sons de la parole

Les sons de la parole dans les langues correspondent soit à des voyelles, soit à des consonnes, soit à des semi-voyelles, catégorie de sons intermédiaires que nous laisserons ici de côté (Collectif d'experts 1999 [21]).

I.2.1 Les voyelles

Les voyelles se caractérisent par une libre circulation dans l'air dans les cavités supra-glottiques. En français, on peut les opposer les unes aux autres suivant quatre paramètres (figure 4) :

- l'aperture, qui permet de distinguer entre différents degrés de voyelles fermées et les voyelles ouvertes, caractérisées par un abaissement maximal de la mandibule et de la langue ;
- le lieu d'articulation, qui permet de distinguer selon la position de la langue entre les voyelles antérieures, les voyelles centrales et les voyelles postérieures ;
- l'arrondissement, qui permet de distinguer entre les voyelles arrondies, par protrusion des lèvres, et les voyelles étirées, par rétraction ;

- la nasalisation, qui permet de distinguer entre les voyelles nasales [ɛ̃], [œ̃], [ɔ̃], et [ɑ̃] produites avec abaissement du voile du palais, et les voyelles orales correspondantes, produites avec élévation du voile.

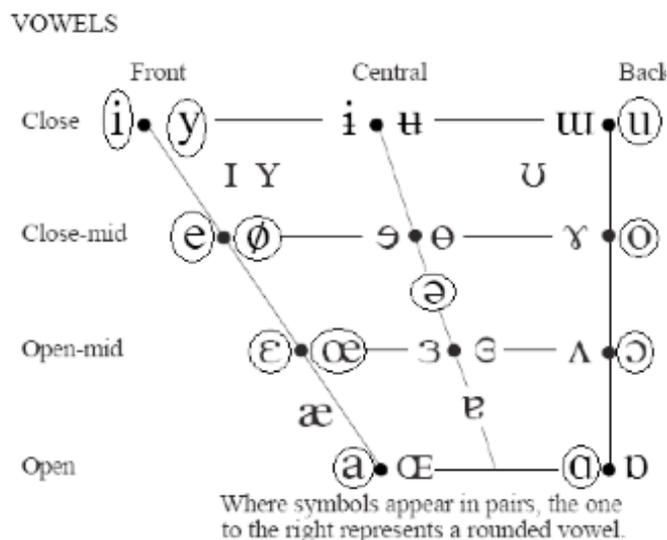


Figure 4- Classement des voyelles orales du français parmi celles recensées par l'Association Phonétique Internationale (extrait de Meunier 2007 : 165 [59])

D'un point de vue acoustique, les voyelles constituent des sons périodiques de forte amplitude issus de l'onde acoustique de la voix avec des zones d'harmoniques renforcés ou « formants », dont les valeurs dépendent de la configuration des cavités supra-glottiques :

- le premier formant ou F1 est déterminé par la cavité pharyngale : plus la voyelle est ouverte, plus la cavité pharyngale est rétrécie et F1 est élevé.
- le deuxième formant ou F2 est déterminé par la cavité buccale : plus la voyelle est postérieure, plus la cavité buccale est étendue et F2 est bas.
- le troisième formant ou F3, est déterminé par la cavité interlabiale : plus la voyelle est étirée, plus la cavité interlabiale est réduite et F3 est élevé.

1.2.2 Les consonnes

Contrairement aux voyelles, les consonnes se caractérisent par un resserrement localisé du tractus vocal. De manière générale, elles sont produites sur le souffle pulmonaire ; on parle dans ce cas de consonnes pulmonaires. Dans certaines langues toutefois, ou dans la parole pathologique comme celle observée après laryngectomie totale, elles peuvent être produites sans support pulmonaire, par mise en mouvement de l'air pharyngo-buccal (Ball & Müller 2007 [9]) ; on parle dans ce cas de consonnes non

pulmonaires. En français chez le sujet sain, les consonnes sont toutes pulmonaires. On peut les opposer les unes aux autres suivant quatre paramètres (tableau 1) :

- le voisement, c'est-à-dire la mise en vibration ou non des plis vocaux, qui permet de distinguer entre les consonnes voisées et les consonnes sourdes ;
- Le mode d'articulation, c'est-à-dire le type de constriction du tractus, qui permet de distinguer entre les consonnes occlusives, produites par interruption momentanée du flux d'air en un point du conduit puis relâchement, les consonnes fricatives, produites par rétrécissement du conduit en un point, et la consonne latérale approximante [l], produite par occlusion en un point médian et fuite d'air latérale, que l'on regroupe généralement avec la consonne fricative [ʁ] et ses variantes vibrantes [r] et [R] dans une catégorie spécifique de « liquides » ;
- le lieu d'articulation, qui permet de distinguer suivant les articulateurs mis en contact ou rapprochés entre les consonnes bilabiales, les consonnes labio-dentales, les consonnes apico-dentales ou alvéolaires, les consonnes pré-dorso-post-alvéolaires, les consonnes dorso-palatales ou vélaires et les consonnes dorso-uvulaires.
- la nasalité, qui permet de distinguer entre les consonnes nasales, produites avec abaissement du voile du palais, que l'on regroupe souvent avec les liquides et les semi-consonnes [j], [ɥ] et [w] dans une catégorie spécifique de « sonantes », et les consonnes orales.

CONSONANTS (PULMONIC) © 2005 IPA

	Bilabial	Labiodental	Dental	Alveolar	Postalveolar	Retroflex	Palatal	Velar	Uvular	Pharyngeal	Glottal
Plosive	p b			t d		ʈ ɖ	c ɟ	k g	q ɢ		ʔ
Nasal	m	ɱ		n		ɳ	ɲ	ŋ	ɴ		
Trill	ʙ			r					ʀ		
Tap or Flap		ⱱ		ɾ		ɽ					
Fricative	ɸ β	f v	θ ð	s z	ʃ ʒ	ʂ ʐ	ç ʝ	x ɣ	χ ʁ	ħ ʕ	h ɦ
Lateral fricative				ɬ ɮ							
Approximant		ʋ		ɹ		ɻ	j	ɰ			
Lateral approximant				l		ɭ	ʎ	ʟ			

Where symbols appear in pairs, the one to the right represents a voiced consonant. Shaded areas denote articulations judged impossible.

Tableau 1 - Classement des consonnes du français parmi les consonnes pulmonaires recensées par l'Association Phonétique Internationale (adapté de Meunier 2007 : 164 [59])

D'un point de vue acoustique, les consonnes constituent des bruits aperiodiques de plus faible amplitude que les voyelles, auxquels s'ajoutent dans le cas des consonnes voisées un signal quasi-periodique et des zones de renforcement des harmoniques ou transitions formantiques aux frontières. Les consonnes occlusives constituent des bruit de

type impulsif, tandis que les fricatives constituent des bruits de type continu. Les sonantes, enfin se caractérisent par une structure de bruits à laquelle s'ajoutent des formants instables.

I.3 Variations et phénomènes supra-segmentaux

Comme le rappelle Meunier (2007 : 171) [59], les sons ainsi décrits constituent des représentations prototypiques qui ne correspondent pas nécessairement à ce que l'on rencontre dans la parole réelle. En premier lieu, les sons ne sont pas produits de manière isolée, mais dans le cadre d'unités plus larges, ce qui se traduit par des phénomènes de coarticulation, c'est-à-dire d'anticipation ou de persistance des gestes articulatoires d'un segment à l'autre. Par ailleurs, les gestes articulatoires varient suivant les types de discours et les locuteurs. Enfin, l'articulation peut être modifiée par les phénomènes dits supra-segmentaux que constituent l'intonation, l'accentuation et le rythme.

II. LA LARYNGECTOMIE TOTALE

II.1 Indications

La laryngectomie totale, étendue le cas échéant au pharynx, est indiquée pour les tumeurs du larynx ou de l'hypopharynx de type T3 ou T4 (Chen & Halpern 2007 [17], Mouawad 2012 [65]), c'est-à-dire (i) celles se limitant au larynx avec fixation d'un pli vocal, ou à l'hypopharynx avec fixation d'un hémilarynx ou une taille de plus de 4 cm, et (ii) celles envahissant les structures avoisinantes selon la classification TNM de l'Union Internationale Contre le Cancer (Sobin et coll. 2010 [77]). L'histologie retrouvée est généralement celle d'un carcinome de type épidermoïde et l'étiologie la plus fréquente, l'intoxication alcool-tabagique (Collectif d'experts 2013 [19])

II.2 Principes de l'intervention

Les principes de l'intervention sont synthétisés par Turner (2010) [79]. Pratiquée sous anesthésie générale, elle consiste à réséquer par abord externe la totalité du larynx, et si nécessaire une partie de l'hypopharynx (pharyngo-laryngectomie totale), voire la totalité de celui-ci (pharyngo-laryngectomie totale circulaire), après incision cervicale et évidement ganglionnaire unilatéral ou bilatéral. La paroi pharyngée est ensuite suturée avec le cas échéant reconstruction au moyen d'un lambeau cutané, puis une trachéostomie est réalisée, par déviation et abouchement définitif de la trachée au niveau de la base du

cou. À l'issue de l'intervention, la filière respiratoire et la filière digestive ne communiquent donc plus (figure 5), sinon par une fistule œso-trachéale réalisée en première ou deuxième intention lorsqu'il est décidé de poser un implant phonatoire (figure 6).

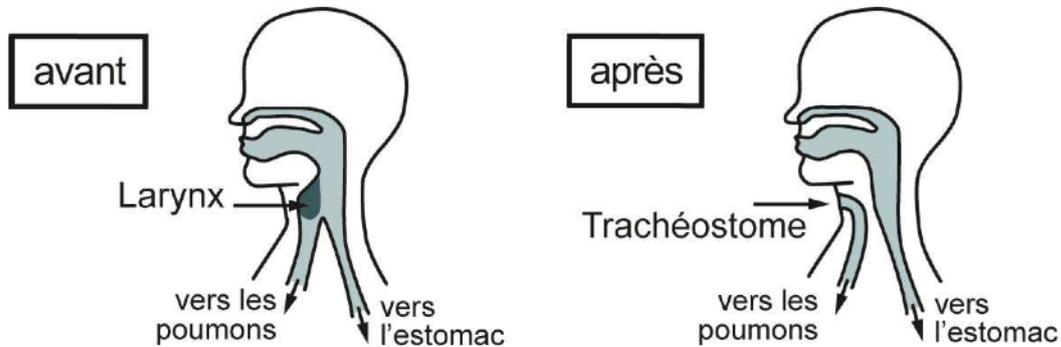


Figure 5- Schéma des filières aérienne et digestive avant et après laryngectomie totale sans fistule œso-trachéale (source : <http://www.orl-chu-angers.fr>)

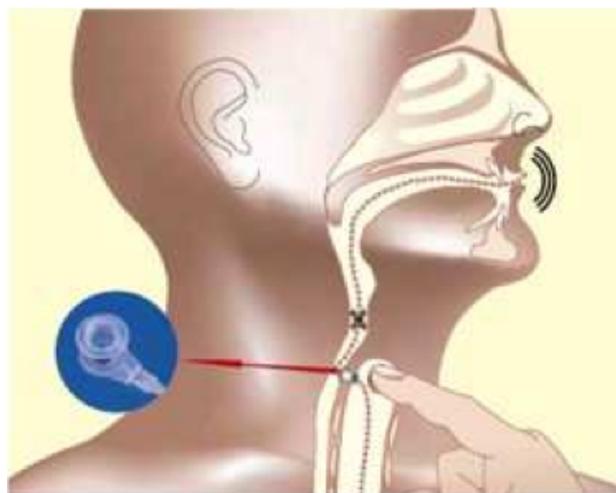


Figure 6- Schéma des filières aérienne et digestive après laryngectomie totale avec fistule œso-trachéale et implant phonatoire (source : <http://www.orl-chu-angers.fr>)

Outre le maintien de drains chirurgicaux et de pansements le temps nécessaire, les suites post-opératoires se caractérisent par le port d'une canule rigide et d'une sonde nasogastrique temporaires, respectivement destinées à calibrer le trachéostome et à assurer les apports nutritifs pendant la durée de la cicatrisation, d'une dizaine de jours en moyenne, sauf complications (pharyngostome, œdème). La sonde est ensuite retirée pour la reprise alimentaire, et la canule rigide est en principe remplacée par une canule souple et/ou un échangeur de chaleur et d'humidité ou « nez artificiel ».

II.3 Traitements complémentaires

En première intention, la laryngectomie totale peut être précédée d'une chimiothérapie néo-adjuvante, et suivie d'une radiothérapie avec ou sans association à une chimiothérapie. Dans le cas où elle constitue en revanche une chirurgie de rattrapage, elle peut faire suite à tous les autres traitements (chimiothérapie, radiothérapie, chirurgie partielle), et est généralement suivie d'un traitement secondaire par radiothérapie avec ou sans association à une chimiothérapie (Mouawad 2010 [65]).

La chimiothérapie consiste en l'injection de substances chimiques toxiques pour les cellules à division rapide, ce qui touche donc les cellules cancéreuses, mais aussi d'autres cellules saines avec comme effets secondaires possibles des troubles digestifs, rénaux, auditifs, neurologiques, hématologiques et/ou cutanés qui disparaissent en principe à l'arrêt du traitement (Collectif d'experts 2009 [20]).

La radiothérapie consiste, quant à elle, à appliquer des rayonnements ionisants sur la zone affectée, ce qui, à nouveau, touche les cellules cancéreuses mais aussi les cellules saines dans la même région. Les effets secondaires immédiats les plus fréquents sont la radiomucite et la radioépithélite, suivis de la xérostomie aiguë et de la dysgueusie qui sont réversibles. D'autres réactions peuvent survenir par ailleurs à distance du traitement, parmi lesquelles la xérostomie chronique, la fibrose cutanée ou sous-cutanée et l'ostéoradionécrose (Guerder 2010 [39], Rambaud-Pistone & Robert 2010 [67]).

II.4 Répercussions physiologiques, fonctionnelles et psycho-sociales

La laryngectomie totale constitue une mutilation anatomique majeure, dont les répercussions physiologiques, fonctionnelles ou encore psycho-sociales sont nombreuses.

Sur le plan respiratoire, d'abord, l'air circule désormais dans la trachée et les bronches sans le filtrage, l'humidification et le réchauffement assurés par les cavités supérieures, ce qui se traduit par une perte sensible de l'odorat, un assèchement des muqueuses et la production excessive de sécrétions bronchiques dont l'expulsion par la toux est plus difficile que chez le sujet sain (Reyt & Chevalier 2002 [68]).

Par ailleurs, des troubles de la déglutition peuvent survenir en lien avec la perte de sensibilité et/ou de tonicité du néo-pharynx et les effets secondaires des traitements complémentaires (Allali 2011 [2]).

Enfin et surtout, la phonation naturelle est sacrifiée, le sujet se trouvant définitivement privé de sa voix laryngée d'origine, mais aussi de la soufflerie pulmonaire qui parasite désormais l'articulation des sons de la parole au lieu de la soutenir.

Dès lors, diverses adaptations sont nécessaires en matière d'hygiène (nouvelles techniques de mouchage supérieur et inférieur, protection du trachéostome), d'alimentation (contraction du velum pour stimuler l'odorat et de fait l'appétit, adaptation de la position de la tête de façon à éviter les fausses routes nasales), et bien sûr de communication, qui, combinées aux modifications anatomo-physiologiques précitées peuvent altérer à des degrés variables l'équilibre psychologique et la qualité de vie du patient sur le plan psycho-social (Babin 2006 [8], Delahaye & Tessier 2007 [26]).

II.5 Modalités de prise en charge

Compte tenu de la multiplicité des répercussions, une prise en charge pluridisciplinaire est nécessaire avant et après intervention, qui associe médecins, kinésithérapeutes, orthophonistes, diététiciens, psychologues et assistants sociaux.

S'agissant plus spécifiquement de la prise en charge orthophonique, l'objectif sera de réhabiliter la communication oralisée en complément des moyens augmentatifs spontanément utilisés par le patient comme l'écrit ou les gestes, par l'optimisation du chuchotement résiduel, objet de ce mémoire dont nous détaillons les caractéristiques dans la section suivante, et surtout l'éducation à l'acquisition et/ou à l'utilisation d'une voix de substitution parmi les trois suivantes, dont les propriétés et modalités d'acquisition sont bien connues (voir notamment en français Amy de la Bretèque 2010 [3], Heuillet-Martin & Conrad 1997 [40], Le Huche & Allali 2008 [54], Le Huche & Allali 2010b [56]) :

- la voix oro-œsophagienne produite par injection d'air dans le sphincter supérieur de l'œsophage et éructation contrôlée ;
- la voix trachéo-œsophagienne, produite, pour les sujets porteurs d'un implant, par obturation du trachéostome sur l'expiration, ce qui permet à l'air trachéal de passer dans l'implant phonatoire et de faire vibrer, comme dans la voix oro-œsophagienne, le sphincter supérieur de l'œsophage ;
- la voix électro-prothétique, produite par application d'un laryngophone externe sous le menton ou sur la joue.

III. LE CHUCHOTEMENT AVEC ET SANS LARYNX

III.1 Définition

Le chuchotement se rencontre dans la plupart des langues sans valeur phonologique distinctive pour communiquer lorsque la situation impose une certaine discrétion, ou que le

fonctionnement des organes de la parole est altéré, comme c'est le cas après laryngectomie totale (Vercherand 2010 [82]). Il peut être défini comme l'articulation audible des sons de la parole en l'absence de voix, c'est-à-dire d'onde acoustique générée par un vibreur, qu'il s'agisse des plis vocaux, dans le cadre de la voix laryngée, du sphincter supérieur de l'œsophage, dans le cadre des voix œsophagiennes, ou encore d'un laryngophone, dans le cadre de la voix électro-prothétique.

Le chuchotement se distingue ainsi de la parole vocalisée, qui fait intervenir un voisement sur tout ou partie des segments phonologiques, mais aussi de la parole dite « silencieuse » (Hueber et coll. 2010 [43]), qui repose sur une articulation sans signal acoustique détecté à proximité des lèvres (figure 7).

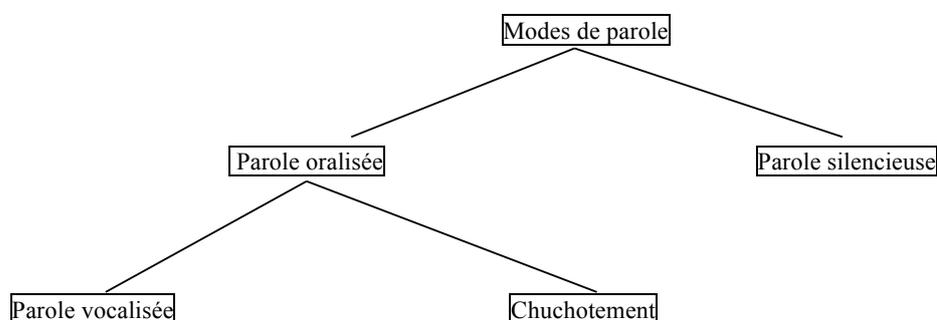


Figure 7- Vue d'ensemble des différents modes de parole

III.2 Caractéristiques du chuchotement chez le sujet sain

Chez le sujet sain, le chuchotement consiste à articuler les sons de la parole sur le souffle expiratoire pulmonaire sans mise en vibration des plis vocaux, et donc sans voix. Pour autant, il est généralement considéré comme faisant intervenir une phonation (Catford 1977 [16], Laver 1994 [53]). En effet, il nécessite une configuration laryngée particulière sur les segments voisés (figure 8), par compression plus ou moins marquée des plis vocaux en avant et ouverture glottique triangulaire en arrière au niveau des aryténoïdes, ce qui génère une turbulence lors du passage du flux d'air.

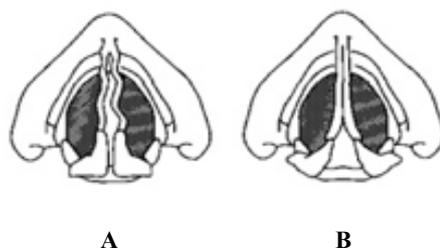


Figure 8- Représentation de la configuration de la glotte sur une voyelle tenue en parole vocalisée (A) et en parole chuchotée (B) (source : <http://www.azlifa.com/phonetics-phonology-lecture-3/>)

D'un point de vue acoustique, la fréquence fondamentale et les harmoniques caractéristiques de la voix sont remplacés par un bruit de friction d'intensité et de richesse spectrale moindres (Ito et coll. 2005 [45]). Les composantes du bruit peuvent toutefois, comme les harmoniques, faire l'objet de modulations selon la configuration des cavités supra-glottiques lors de l'articulation, ce qui permet d'assurer les distinctions de timbre vocalique nécessaires (figures 9 et 10), avec une élévation notable des formants (Sharifzadeh et coll. 2012 [75], Vercherand 2010 [82]).

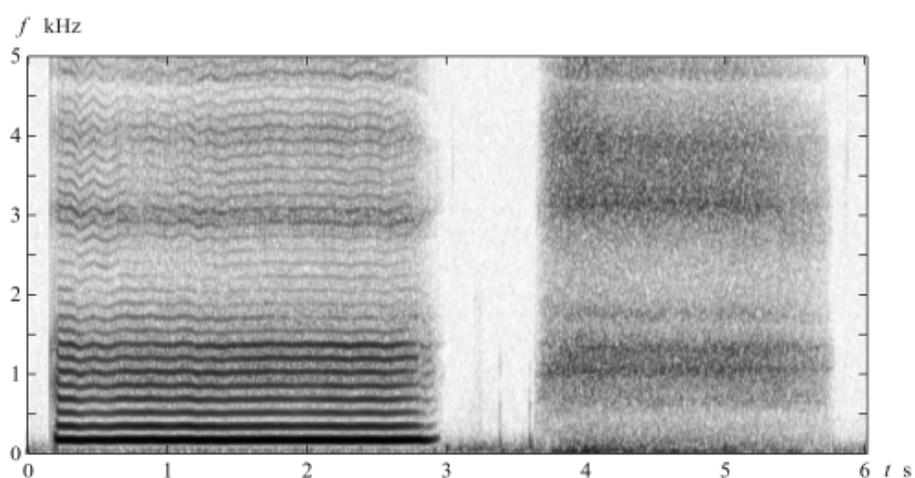
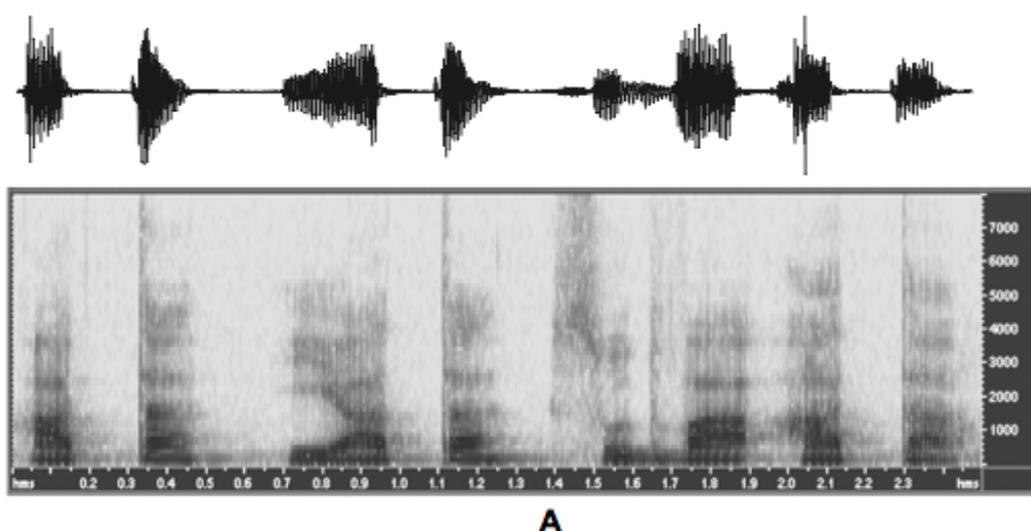
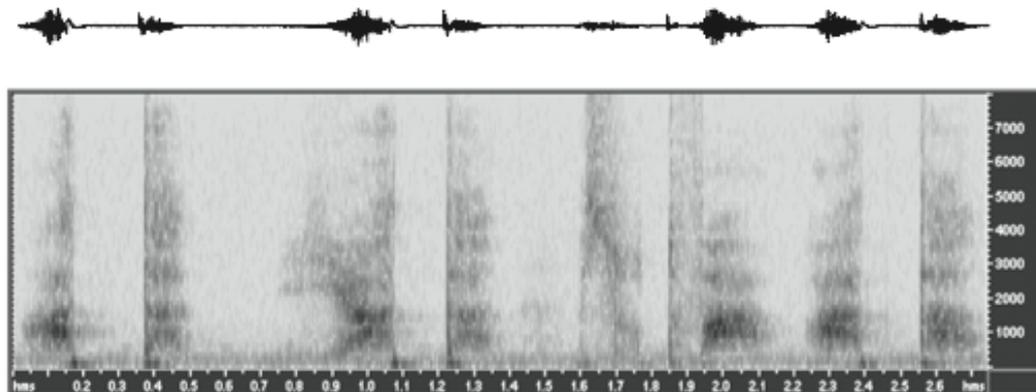


Figure 9 - Spectrogramme d'un [a] tenu voisé à gauche et chuchoté à droite (extrait de Rossi 2007 : 162 [69])





B

Figure 9- Spectrogrammes d'une phrase vocalisée (A) et chuchotée (B) (extrait de Jovičić & Šarić 2008 : 264 [46])

Par ailleurs, divers phénomènes compensatoires permettent d'assurer les distinctions liées au voisement aux niveaux segmental et supra-segmental, parmi lesquels on peut citer en français (Meynadier & Gaydina 2013 [60], Vercherand 2010 [82]) :

- le renforcement de l'opposition de durée entre les consonnes sourdes, qui sont allongées, et les consonnes voisées, qui sont plus courtes ;
- la modification de la dynamique d'intensité, portée dans la parole chuchotée par les consonnes, et non par les voyelles à la différence de la parole vocalisée ;
- la modulation des formants dans les hautes fréquences.

On explique ainsi que l'intelligibilité de la parole soit globalement préservée, les confusions touchant essentiellement au niveau segmental le trait de voisement en faveur des consonnes sourdes (Tartter 1989 [78], Vercherand 2010 [82]).

III.3 Caractéristiques du chuchotement chez le sujet laryngectomisé total

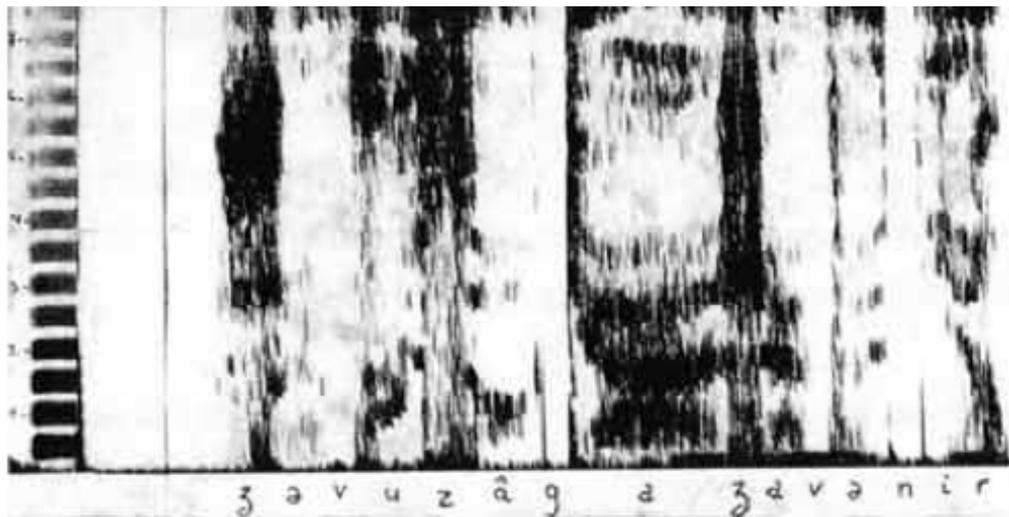
Par contraste, le chuchotement chez le sujet laryngectomisé total est produit sans support aérien pulmonaire, par compression de l'air intra-buccal résiduel lors du resserrement ou de la mise en contact des articulateurs (Kallen 1934 [47]), avec pour effet une turbulence de l'air au niveau du point de constriction bien moins efficace que celle générée au niveau glottique sur le souffle expiratoire (Amy de la Bretèque 2009 : 98 [3]).

De plus, divers bruits peuvent s'ajouter aux sons de la parole qui ne se rencontrent pas dans le chuchotement ordinaire, à savoir :

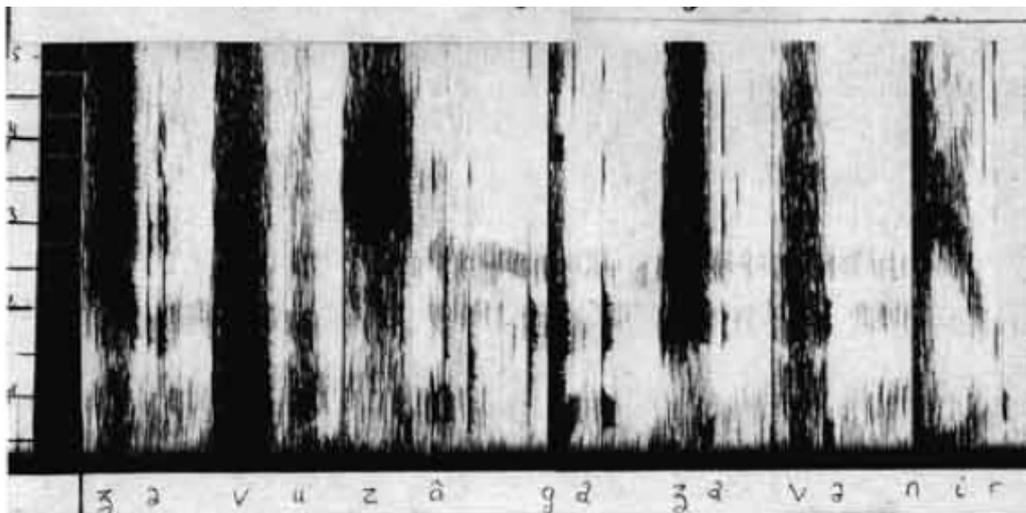
- des bruits de souffle trachéal ;
- des bruits d'injection ;

- des bruits de raclement de la base de langue contre le palais ou la paroi pharyngée, ou « grenouillages ».

Qu'en est-il sur le plan acoustique ? Dans une étude de cas, qui constitue, à notre connaissance, la seule sur le sujet, Vallancien et coll. (1974) [81] observent une structure spectrale de bruits essentiellement impulsionnelle (figure 11), avec une disparition quasi-totale des voyelles, des semi-voyelles et des consonnes sonantes, tandis que les fricatives et les occlusives sont préservées.



A



B

Figure 10- Spectrogrammes d'une phrase chuchotée par un sujet sain (A) et par un sujet laryngectomisé total (B) (extrait de Vallancien et coll. 1974 : 156/159 [81])

Ainsi, le chuchotement après laryngectomie totale diffère sensiblement de celui observé chez le sujet sain dans son mode de production et ses caractéristiques acoustiques, d'où l'appellation de « parole pseudo-chuchotée » que l'on retiendra dans ce mémoire, suivant en cela Kallen (1934 : 483) [47], là où d'autres auteurs préfèrent parler de « chuchotage » (Le Huche & Allali 2010b [56]), ou encore de « clics » (Amy de la Bretèque 2009 [3]).

IV. L'INTELLIGIBILITÉ

IV.1 Définition

Classiquement, on entend par intelligibilité « le degré de précision avec lequel un message est compris par un auditeur » (Auzou 2007 : 91 [4]), ce qui recouvre à la fois en clinique la capacité d'un sujet à comprendre la parole d'autrui, ou intelligibilité réceptive, étudiée dans le cadre des surdités, et celle de se faire comprendre par la parole, ou intelligibilité expressive, étudiée dans le cadre des dysarthries et des troubles de la parole fonctionnels ou secondaires à des anomalies des voies aéro-digestives.

Cette définition n'est toutefois pas complètement satisfaisante. En effet, il a été montré que la corrélation était loin d'être claire entre les taux de perception mesurés par les tests usuels d'intelligibilité et les taux de compréhension tels qu'ils peuvent être mesurés par des questionnaires standardisés (Fontan 2012 [37], Hustad 2008 [44], Woisard 2011 [83], Yorkson et coll. 1996 [85]). Il convient donc de distinguer plus étroitement entre les notions d'intelligibilité et de compréhensibilité, la première pouvant être définie comme la « *précision avec laquelle l'auditeur récupère le signal acoustique produit par le locuteur* » selon Woisard et coll. (2013 : 28) [84], en lien avec la capacité d'échange d'informations, et la seconde, selon les mêmes auteurs, comme la « *capacité de l'auditeur à interpréter le sens du message oral produit par un locuteur sans tenir compte de la précision ou de la justesse phonétique ou lexicale* », en lien avec la capacité d'agir sur l'autre.

IV.2 Méthodes de mesure

Un état de l'art récent des différentes méthodes de mesure de l'intelligibilité est établi par Fontan (2012 : 35-51) [37], qui distingue entre celles fondées sur l'identification / reconnaissance de *stimuli* et celles fondées sur l'évaluation perceptive.

Les premières sont généralement considérées comme le « gold standard » (Woisard et coll. 2013 : 32-33 [84]). Elles se présentent sous deux formes :

- la reproduction de *stimuli* par répétition ou transcription ;
- la sélection de *stimuli* dans une liste fermée.

On parle d'intelligibilité globale lorsque les *stimuli* correspondent à des mots ou des phrases, et d'intelligibilité segmentale lorsqu'ils correspondent à des phonèmes. Dans les deux cas, le taux d'intelligibilité est défini comme le rapport exprimé en pourcentage entre le nombre de *stimuli* correctement identifiés et le nombre total de *stimuli*.

Les méthodes fondées sur l'évaluation perceptive globale, fréquemment utilisées pour étudier la voix, sont considérées comme moins fiables pour apprécier l'intelligibilité (Schiavetti 1992 [71]). Elles se présentent sous trois formes principales :

- les échelles à intervalles réguliers, qui reposent sur une cotation numérique de 0 (normal) à 3, 5, 7 ou 9 (inintelligible) ;
- les échelles visuo-analogiques, qui reposent sur la sélection d'un point sur une ligne de 100mm, l'extrémité gauche représentant la normalité et l'extrémité droite le degré d'altération le plus sévère ;
- les estimations de magnitude, qui reposent sur une cotation des *stimuli* cibles en référence à la cotation numérique arbitraire d'un *stimulus* étalon.

IV.3 Facteurs de variation

Il est admis que divers facteurs peuvent influencer les scores d'intelligibilité, relatifs au sujet, à l'auditeur, à l'environnement ou encore au matériel utilisé, c'est-à-dire à l'ensemble des paramètres de l'échange en situation de test. Bien qu'il soit impossible en l'état actuel des connaissances d'en établir une liste exhaustive, on peut citer suivant Hustad (2008) [44] et Keintz et coll. (2007) [48] :

- la sévérité du déficit et le débit de parole, concernant le sujet ;
- le degré d'expertise de la parole pathologique et la familiarité avec le sujet et/ou le matériel, concernant l'auditeur ;
- les informations visuo-faciales, les gestes, ou encore le bruit environnant, concernant l'environnement.
- le type de *stimuli*, la longueur des items, leur prévisibilité sémantico-pragmatique, ou encore la méthode de cotation, concernant le matériel.

C'est pourquoi il convient de suivre le même protocole de passation d'un sujet à l'autre dans le cadre d'études cliniques, et de combiner, comme le recommande Auzou (2007 : 94) [4], plusieurs types de mesures lorsque cela est possible.

IV.4 Outils en langue française

Les outils validés en langue française sont relativement nombreux pour évaluer l'intelligibilité perceptive, ou encore l'intelligibilité expressive chez l'enfant. Ils sont nettement plus rares pour évaluer l'intelligibilité expressive chez l'adulte dans le cadre des troubles acquis de la parole.

IV.4.1 Batterie d'Évaluation Clinique de la Dysarthrie

Dans le prolongement de l'Évaluation Clinique des Dysarthries d'Auzou et coll. (1998) [5], cette batterie comporte neuf séries d'épreuves parmi lesquelles trois évaluent plus spécifiquement l'intelligibilité de la parole (Auzou & Rolland-Monnoury 2006 [6]).

– Le score d'intelligibilité (SI)

Adapté des trois dernières épreuves du *Frenchay Dysarthria Assessment* (Enderby 1983 [33]), ce test vise à évaluer l'intelligibilité globale. Il comprend la transcription de 10 mots et de 10 phrases de la forme « l'enfant + verbe », ainsi qu'une évaluation à partir d'un entretien dirigé, chacune des trois épreuves étant cotée de 0 à 8.

– Le test phonétique d'intelligibilité (TPI)

Adapté des travaux de Kent et coll. (1989) [49], ce test vise à évaluer l'intelligibilité segmentale sur les plans quantitatif et qualitatif par le biais d'une tâche d'identification de 52 mots bisyllabiques en liste fermée, permettant d'apprécier 13 contrastes phonétiques différents. Le score quantitatif est obtenu en additionnant les réponses correctes, et le score qualitatif en comptabilisant le nombre d'erreurs pour chaque contraste.

– La grille perceptive

Destinée à évaluer les divers paramètres de la parole, cette grille comporte 35 critères, parmi lesquels un critère d'intelligibilité globale coté de 0 (pas d'anomalie) à 4 (anomalie sévère ou quasi-permanente) à partir de l'écoute d'un texte lu d'une minute, extrait de *Pierrot* de Guy de Maupassant.

IV.4.2 Test Lillois de Dysarthrie

Ce test vise à évaluer les capacités de communication des sujets cérébro-lésés (Dubuffet & Tisne 2000 [32], Rousseaux et coll. 2001 [70]). Il comporte deux épreuves d'évaluation de l'intelligibilité, l'une à partir d'extraits de parole lue (mots, phrases et texte), avec un questionnaire à choix multiple, l'autre à partir d'un discours en situation dirigée (questions ouvertes et fermées, narration et description d'une image), avec une cotation de 0 (parole parfaitement intelligible) à 4 (parole inintelligible).

IV.4.3 Grille d'Évaluation Clinique des Dysarthries

Cette grille, dont la validation est en cours (Fouchard & Ravaud 2014 [38], Lhoussaine 2012 [57]), vise à évaluer les paramètres de la parole dysarthrique au moyen de 9 critères, parmi lesquels l'intelligibilité, cotée de 0 à 3 à partir de deux supports : un texte lu de 170 mots et un discours spontané initié par une question sur le déroulement d'une journée du quotidien ou le parcours personnel ou professionnel du sujet.

IV.4.4 Test quantitatif d'intelligibilité pour les troubles pathologiques de la production de la parole

Validé dans le cadre de deux mémoires d'orthophonie (Boisteux & Robart 2009 [12], Dittner & Kergadallan 2009 [27]), ce test constitue à notre connaissance le seul outil de mesure quantitative établi sur une population incluant parmi les sujets pathologiques non seulement des patients dysarthriques, mais aussi des patients souffrant de troubles de la parole secondaires à une chirurgie partielle des voies aéro-digestives supérieures ou à une laryngectomie totale (Dittner et coll. 2010 [28]). Il se compose de 3 épreuves de transcription de *stimuli* et d'une épreuve d'évaluation perceptive globale dont les modalités sont les suivantes.

- Épreuve des noms de mois

Cette première épreuve repose sur la transcription par l'examineur de 12 noms de mois de l'année tirés au sort et lus par le sujet, un même nom pouvant être produit plusieurs fois. Deux cotations sur 12 points sont possibles : l'une sémantique, basée sur la reconnaissance globale des mots (1 point par mot reconnu, 0 point sinon), l'autre phonémique, basée sur la reconnaissance des phonèmes (1 point par mot en l'absence d'erreurs phonémiques, 0 point sinon).

- Épreuve des mots

Cette deuxième épreuve repose sur la transcription par l'examineur de mots triphonémiques lus par le sujet après tirage au sort parmi 10 listes phonétiquement équilibrées de 34 mots chacune établies par l'équipe du Professeur Legros au Laboratoire d'acoustique de l'Université Toulouse-Le Mirail. Deux versions sont possibles : l'une sur 34 points, où l'intégralité de la liste tirée est lue et transcrite, l'autre, plus courte sur 12 points, où seuls les 12 premiers mots sont pris en compte. La cotation est sémantique (1 point par mot reconnu, 0 sinon).

– Épreuve des phrases

Cette troisième épreuve repose sur la transcription par l'examineur de phrases simples de la forme sujet + verbe + complément prononcées par le sujet après tirage au sort parmi 12 listes phonétiquement équilibrées de 10 phrases chacune extraites de l'adaptation française québécoise du *Hearing In Noise Test* pour les enfants (Laroche et coll. 2006 [52]). À nouveau, deux versions sont possibles, l'une sur 30 points, où l'intégralité de la liste est lue et transcrite, l'autre sur 18 points où seules les 6 premières phrases sont prises en compte. La cotation par phrase est la suivante : 3 points si tous les mots sont reconnus, 2 points si plus de deux mots sont reconnus, 1 point si seulement un ou deux mots sont reconnus et 0 point sinon.

– Épreuve de description

Cette dernière épreuve repose sur une évaluation perceptive globale. Le sujet tire au sort une photo parmi 10 proposées sur le thème des bateaux et décrit ce qu'il voit. La cotation est la suivante : 12 points si le discours entier est jugé intelligible, 8 points si seulement quelques phrases sont perçues, 4 points si seulement quelques mots ou bribes sont perçus et 0 point sinon.

IV.4.5 Échelle (I)IN FVO

Élaborée dans l'esprit du GRBAS (Hirano 1981 [41]), cette échelle se présente comme un outil d'évaluation perceptive de la voix et de la parole en l'absence d'au moins un pli vocal, ce qui recouvre les voix de substitution laryngées après chirurgie partielle et les voix œsophagiennes après laryngectomie totale (Moerman et coll. 2006a [62], Moerman et coll. 2006b [63]). Elle se compose de 5 paramètres, les deux premiers pouvant le cas échéant être fusionnés, avec une cotation de type visuo-analogique sur une ligne à intervalles réguliers de 10 points, et une cotation numérique de 0 (normal) à 3 (altération maximale) :

- I(G) (*overall impression*) : combinaison des diverses impressions causées par le caractère agréable ou non de la voix, la fluidité, l'intelligibilité, l'intensité, etc ;
- I (*impression of intelligibility*) : degré d'effort supposé pour comprendre le sujet dans une conversation ordinaire ;
- N (*unintended additive noise*) : degré de gêne occasionnée par les bruits surajoutés non volontaires produits durant la parole comme le souffle, les raclements ou encore les bruits d'injection ;
- F (*fluency*) : fluidité de la parole en termes de débit et de pauses ;

- V0 (*voicing*) : présence du trait de voisement là où il est attendu, et qualité de ce trait (raucité, souffle, intensité).

IV.5 Revue de littérature

Dans la littérature, l'intelligibilité de la parole pseudo-chuchotée est décrite comme moyenne à faible, avec une grande variabilité interindividuelle (Amy de la Bretèque 2009 : 98 [3], Heuillet-Conrad & Martin 1997 : 25-28 [40], Kallen 1934 : 483 [47], Le Huche & Allali 2010b : 61-62 [56], Vallancien et coll. 1974 : 165 [81]). À notre connaissance, aucune étude systématique n'a jamais cependant été réalisée sur un groupe de sujets.

Par contraste, de nombreux travaux existent sur l'intelligibilité de la parole dans le cadre des voix de substitution après laryngectomie totale, avec le développement des prothèses externes dans les années 60, puis des implants phonatoires à partir des années 80, et enfin l'amélioration des techniques de chirurgie partielle dans les années 90.

De manière générale, l'intelligibilité de la parole sur voix trachéo-œsophagienne est considérée comme supérieure à celle de la parole sur voix oro-œsophagienne ou électroprothétique (Blom et coll. 1986 [10], Doyle et coll. 1988 [29], Doyle & Eady (2005) [30], Most et coll. 2000 [64]). Elle reste en revanche inférieure à l'intelligibilité de la parole après laryngectomie partielle (Olthoff et coll. 2003 [66]), elle-même inférieure à l'intelligibilité de la parole chez le sujet sain (Crevier-Buchman 1999 [22], Crevier-Buchman et coll. 2002 [24], Sendoulskaia 2008 [72]).

Par ailleurs, certaines catégories phonétiques sont plus instables que d'autres dans les deux types de voix œsophagiennes, les erreurs les plus fréquentes touchant en anglais le trait de voisement, avec des confusions en faveur des consonnes voisées, et secondairement le mode d'articulation, les liquides et nasales étant mieux perçues que les fricatives, elles-mêmes mieux perçues que les occlusives (Doyle et coll. 1988 [29]). De plus, le contexte vocalique joue un rôle, les consonnes étant globalement mieux perçues en position intervocalique qu'en position initiale (Doyle & Haaf 1989 [31], Hirose 1996 [42]).

Des résultats similaires sont rapportés par Miralles & Cervera (1995) [61] pour ce qui concerne le trait de voisement en espagnol. Une hiérarchie différente est obtenue en revanche pour ce qui concerne le mode d'articulation, avec des différences selon le mécanisme œsophagien, les consonnes les plus instables correspondant aux fricatives dans le cas de la voix trachéo-œsophagienne, et aux nasales, comme cela semble être le cas en français (Azzarelo et coll. 2005 : 329 [7]), dans le cas de la voix oro-œsophagienne.

PARTIE EXPÉRIMENTALE

I. PROBLÉMATIQUE ET HYPOTHÈSES

I.1. Problématique

Comme on l'a vu, il existe peu de travaux consacrés à la parole pseudo-chuchotée après laryngectomie totale. Or elle constitue bien souvent la seule option disponible pour communiquer oralement durant les premiers mois qui suivent l'opération, l'apprentissage de la voix œsophagienne pouvant s'avérer long et parfois infructueux, du moins en l'absence d'implant phonatoire, et l'utilisation du laryngophone, délicate en cas d'œdème et/ou de radioépithélite consécutifs à la radiothérapie.

Notre étude vise à évaluer l'intelligibilité de ce mode de parole au niveau global et au niveau segmental à l'état initial, c'est-à-dire avant la mise en place d'une voix de substitution et/ou de compensations spontanées ou induites.

L'intérêt est d'abord clinique. On peut penser en effet qu'une meilleure connaissance des possibilités et des limites de la parole pseudo-chuchotée au décours de l'intervention devrait permettre d'améliorer la prise en charge en matière de guidance et de techniques thérapeutiques en amont de l'éducation à l'acquisition et/ou à l'utilisation d'une voix de substitution.

Par ailleurs, les progrès en matière de dispositifs d'aide à la communication ne doivent pas être négligés. Pour l'heure, les recherches se concentrent sur la restitution de la voix d'origine à partir d'imagerie en temps réel des articulateurs dans la parole silencieuse (Florescu et coll. 2010 [36], Hueber et coll. 2010 [43]). D'autres techniques sont cependant envisageables, parmi lesquelles la synthèse à partir du signal chuchoté (Sharifzadeh et coll. 2009 [73], Sharifzadeh et coll. 2010 [74]), ce qui justifie d'en décrire les propriétés.

I.2. Hypothèses

S'il ne fait guère de doute que l'intelligibilité de la parole pseudo-chuchotée est significativement altérée comparée à la parole chuchotée chez le sujet sain, plusieurs questions restent, nous semble-t-il, ouvertes.

En premier lieu, ce mode de parole permet-il encore l'échange d'informations dans les premiers mois qui suivent l'opération ? En accord avec le sentiment des cliniciens rapporté dans la littérature, nous émettons l'hypothèse d'une variabilité interindividuelle, certains sujets présentant une intelligibilité globale résiduelle, tandis que d'autres sont totalement inintelligibles, du moins en l'absence d'autres supports comme la lecture labiale.

Deuxièmement, il nous semble intéressant s'agissant de l'intelligibilité segmentale de préciser les zones de stabilité et d'instabilité au sein du système consonantique, afin le cas échéant de guider le travail articulatoire. *A priori*, les distinctions de lieu d'articulation ne devraient pas être altérées compte tenu de l'intégrité des articulateurs et cavités supra-glottiques. Par ailleurs, les distinctions de voisement devraient être maintenues dans les mêmes proportions dans les deux modes de parole par le biais des oppositions de durée et d'intensité. Nous pensons en revanche que les distinctions de mode d'articulation sont spécifiquement altérées en parole pseudo-chuchotée du fait du remplacement de la soufflerie pulmonaire par une soufflerie buccale. Ainsi, nous nous attendons à ce que les consonnes occlusives soient mieux reconnues que les fricatives, elles-mêmes mieux reconnues que les sonantes nasales et liquides, contrairement à ce qui se passe en parole chuchotée où ces différentes catégories phonétiques sont toutes correctement identifiées.

Enfin, on peut s'interroger sur les facteurs conditionnants. Dans les manuels de rééducation (Heuillet-Martin & Conrad 1997 [40], Le Huche & Allali 2008 [54]), il est recommandé aux sujets laryngectomisés de réduire au minimum les bruits surajoutés, et en particulier le souffle trachéal (travail de l'indépendance des souffles), d'adopter une articulation précise sans exagération (travail articulatoire), et d'éviter la syllabation et les pauses inhabituelles (travail de la fluidité de la parole). Nous nous attendons donc à observer des corrélations entre ces trois paramètres et les taux d'intelligibilité globale.

II. MÉTHODOLOGIE

Le travail préparatoire de notre étude s'est déroulé en plusieurs temps. D'abord, nous avons sélectionné entre juin et août 2014 parmi le matériel existant celui qui nous semblait le plus adapté pour étudier un mode de parole pathologique *a priori* sévèrement altéré. Ensuite, nous avons procédé au recrutement et à l'enregistrement de sujets pathologiques et de sujets contrôle entre septembre 2014 et mars 2015. Puis nous avons élaboré à partir des enregistrements obtenus différents tests perceptifs que nous avons soumis pour certains à un jury d'examineurs naïfs et pour d'autres à un jury d'examineurs experts de mars à avril 2015. Enfin, les résultats des tests ont été mis en forme et rassemblés afin de permettre les traitements statistiques.

II.1 La sélection du matériel

Le matériel sélectionné pour étudier l'intelligibilité segmentale se compose de 16 logatomes de la forme [a]+C+[a], où C correspond à l'une des 16 consonnes du français.

La parole pseudo-chuchotée étant quasi dépourvue de voyelles audibles selon Vallancien et coll. (1974) [81], il nous a semblé en effet qu'il était préférable de restreindre l'étude perceptive segmentale aux consonnes, ce que ne permettait pas le corpus du Test Phonétique d'Intelligibilité d'Auzou & Rolland-Monnoury (2006) [6] qui fait intervenir des contrastes phonétiques divers, y compris vocaliques. Compte tenu par ailleurs du degré *a priori* sévère d'altération de l'intelligibilité, nous avons retenu le contexte intervocalique considéré dans la littérature comme le plus facilitant pour identifier les consonnes, du moins dans le cadre de la parole vocalisée (voir *supra*, partie théorique, section IV.5), avec comme support la voyelle [a], la plus neutre en matière d'articulation.

Pour étudier l'intelligibilité globale, nous comptions au départ exploiter le matériel du Score d'Intelligibilité d'Auzou & Rolland-Monnoury (2006) [6]. Après un enregistrement pilote réalisé sur un patient en juin 2014 au Centre Médical de Forcilles, notre choix s'est finalement porté sur le corpus du test quantitatif d'intelligibilité pour les troubles pathologiques de la production de la parole de Dittner et coll. (2010) [28] (désormais TQI), plus adapté à notre projet dans ses objectifs et sa structure composite (voir *supra*, partie théorique, section IV.4.4). Plusieurs modifications ont toutefois été apportées. En premier lieu, nous avons éliminé parmi les 12 listes de phrases extraites du *Hearing in Noise Test* pour enfants celles comprenant des expressions propres au français québécois comme « menterie » (« mensonge »), ce qui ramène à 10 le nombre de listes de phrases retenues. Par ailleurs, souhaitant soumettre le test à un jury d'écoute *a posteriori* plutôt que le coter nous-même lors des enregistrements, nous avons constitué en amont les 10 listes de 12 noms de mois par tirage au sort, et apparié chacune d'elles à une liste de mots, une liste de phrases et une photographie sur le thème des bateaux parmi celles mises à disposition par Boisteux & Robart (2009) [12].

Au final, notre corpus complet se compose ainsi de 10 sous-corpus que nous avons attribués par ordre d'enregistrement aux sujets pathologiques et aux sujets contrôle appariés (annexe A). Du fait de l'exclusion de certains sujets pathologiques, le sous-corpus 8 n'a toutefois pas été exploité, et les sous-corpus 1 et 2 ont été utilisés à deux reprises (voir *infra*, section II.2.2).

II.2 Le recrutement des sujets

II.2.1 Critères d'inclusion et d'exclusion

La population de notre étude se compose de sujets laryngectomisés totaux et de sujets contrôle dont les critères d'inclusion et d'exclusion sont recensés dans le tableau 2.

	Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
Sujets pathologiques	Chirurgie totale du larynx pour traitement d'un carcinome épidermoïde Délai post-opératoire <6 mois Absence de voix œsophagienne contrôlée ou spontanée Moins de 10 séances de rééducation orthophonique Langue française	Présence d'un implant phonatoire Extension de la chirurgie au pharynx et/ou à la cavité orale Autres troubles susceptibles d'affecter la sphère ORL Illetrisme
Sujets contrôle	Langue française	Tous troubles susceptibles d'affecter la sphère ORL Illetrisme

Tableau 2- Critères d'inclusion et d'exclusion des populations étudiées

II.2.2 Les sujets pathologiques

Le recrutement de sujets pathologiques s'est effectué au Centre Médical de Forcilles en région parisienne et à la clinique Korian-Les Trois Tours dans la région de Marseille. Au total, 19 patients ont été enregistrés entre septembre et décembre 2014. Parmi ceux-ci, 9 se sont avérés au cours de l'enregistrement ou *a posteriori* lors de l'examen des dossiers médicaux répondre à un ou plusieurs de nos critères d'exclusion, de sorte qu'au final, notre échantillon se compose de 10 sujets (tableau 3), auxquels nous avons ajouté deux sujets complémentaires non pris en compte dans les statistiques, enregistrés respectivement à 12 et 18 mois de l'intervention, pour entraînement lors de la passation des tests perceptifs (tableau 4).

Légende des abréviations : BAC : baccalauréat ; C : chimiothérapie ; CMF = Centre Médical de Forcilles ; DPO = délai post-opératoire ; ID = identifiant ; KTT = clinique Korian-Les Trois Tours ; LT = laryngectomie totale ; M = mois ; R : radiothérapie ; RC = radiochimiothérapie.

ID	Sexe	Âge	Niveau d'études	Type de LT	Statut TNM	Centre	DPO	Traitement complémentaire	Corpus
P1	F	73	<BAC	Initiale	T4N0M0	CMF	M3	RC en cours	1
P2	M	36	<BAC	Initiale	T3N2bM0	CMF	M3	RC terminée	2
P6	M	63	<BAC	Initiale	T4aN0M0	CMF	M1	RC en cours	6
P7	M	76	<BAC	Initiale	T3N2cM0	KTT	M5	R terminée	7
P9	M	68	<BAC	Initiale	T4N0M0	KTT	M2	Non	9
P10	F	62	<BAC	Initiale	T3N2bM0	CMF	M2	R en cours	10
P11	M	52	<BAC	Initiale	T4N2bM0	CMF	M1	RC en cours	4
P12	M	59	<BAC	Initiale	T4N0M0	KTT	M1	RC en cours	1
P13	M	82	<BAC	Rattrapage	T1bN0M0	KTT	M3	R terminée	2
P14	M	68	>BAC	Rattrapage	T4N0M0	KTT	M1	RC en cours	3

Tableau 3- Échantillon de sujets pathologiques

ID	Sexe	Âge	Niveau d'études	Type de LT	Statut TNM	Centre	DPO	Traitement complémentaire	Corpus
P3	M	55	<BAC	Initiale	T4N0M0	CMF	M18	RC terminée	3
P5	M	60	<BAC	Initiale	T4N0M0	CMF	M12	C terminée	5

Tableau 4- Sujets pathologiques complémentaires

D'un point de vue sociologique, les sujets retenus sont majoritairement masculins (8 hommes pour 2 femmes), comme c'est le cas dans la population générale de patients laryngectomisés (9 hommes pour 1 femme, Collectif d'experts 2009 [20]). La moyenne d'âge est de 63,9 ans (min. 36 ans, max. 82 ans), la médiane de 65,5 ans et l'écart-type de 13 ans. Les informations relatives à la profession, à la situation familiale et à la région d'habitation n'ayant pas été renseignées par tous les sujets, seul le niveau d'études a été retenu, qui est systématiquement inférieur au baccalauréat, à une exception près.

II.2.3 Les sujets contrôle

Dans un deuxième temps, nous avons recruté parmi nos proches et leurs connaissances en région parisienne et en Bretagne 10 sujets contrôle appariés aux sujets pathologiques en âge (+/- 4 ans), sexe et corpus (tableau 5). Il n'a pas été possible en revanche de procéder à un appariement par niveau d'études. Ainsi, le niveau d'études de nos sujets contrôle diffère significativement de celui de nos sujets pathologiques puisqu'il est supérieur ou égal au baccalauréat, à une exception près.

Identifiant	C1	C2	C6	C7	C9	C10	C11	C12	C13	C14
Sexe	F	M	M	M	M	F	M	M	M	M
Âge	73	34	63	75	68	66	52	58	79	68
Niveau d'études	BAC	>BAC	<BAC							
Corpus	1	2	6	7	9	10	4	1	2	3

Tableau 5- Échantillon de sujets contrôle

La moyenne d'âge de notre échantillon de sujets contrôle est de 63,6 ans (min. 34 ans, max. 79 ans), la médiane de 67 ans et l'écart-type de 13 ans.

II.3 Les enregistrements

II.3.1 Matériel d'enregistrement

Comme le notent Vallancien et coll. (1974 : 155-156) [81], l'enregistrement de la parole pseudo-chuchotée est délicat : il convient en effet d'atténuer les bruits de souffle et d'articulation afin d'éviter la saturation, sans pour autant les masquer dans la mesure où ils sont constitutifs de ce mode de parole. C'est pourquoi nous avons utilisé pour la prise de son un micro-casque à condensateur constamment placé pour tous les sujets à 3 cm des lèvres (marque AKG®, modèle C520L). Le micro était connecté à une carte son externe de la marque EDIROL® (modèle UA-25EX), elle-même reliée à un ordinateur portable Apple Macbook Pro 2009® (2,26 GHz, Intel Core 2 Duo). Les enregistrements ont été réalisés dans un environnement calme en l'absence de tiers au moyen du logiciel Sound Studio® en mono au format .wav 16 bits/44100 Hz.

II.3.2 Protocole de passation

Nous avons adopté le même protocole pour tous les sujets, comprenant dans l'ordre une présentation des objectifs de l'étude et des conditions de passation, la signature d'un

formulaire de consentement éclairé (annexe B), le calibrage de l'intensité sur le mot « bonjour » chuchoté, trois répétitions des 16 logatomes pour entraînement, suivies d'une lecture de noms de mois, de mots et de phrases, de trois lectures successives des 16 logatomes et enfin d'une description libre d'une photographie, l'ensemble durant environ 15 minutes. Les consignes adoptées pour chaque épreuve sont reproduites dans l'annexe C.

II.3.3 Traitement des fichiers sonores

Les fichiers sonores ont été segmentés pour chaque sujet par épreuve, puis par item (logatome, mot, phrase ou description). Nous souhaitions au départ automatiser ces tâches. Compte tenu cependant du caractère atypique du signal pseudo-chuchoté, une segmentation manuelle s'est avérée nécessaire, qui pose des problèmes particuliers. En effet, en accord avec les observations de Vallancien et coll. (1974) [81], aucun signal n'est en général associé aux voyelles, pas plus qu'il n'existe sur le spectrogramme de barre de voisement. De fait, il est souvent impossible de déterminer précisément quand commence ou quand se termine une unité de parole. À défaut d'autre méthode consensuelle, nous nous sommes appuyé quand cela était nécessaire sur les indices de souffle inspiratoire et expiratoire repérables à l'écoute au casque et/ou sur le signal et le spectrogramme au moyen du logiciel libre *Praat* (Boersma & Weenink 2013 [11]). Enfin, compte tenu du faible niveau sonore du signal chuchoté, y compris chez les sujets contrôle, nous avons procédé à une normalisation de l'intensité de tous les fichiers segmentés à 65 dB au moyen d'un script de l'UMR 7018 - Laboratoire de Phonétique et Phonologie, exécutable sous *Praat*.

II.4 Les tests perceptifs

À partir des fichiers sonores, nous avons élaboré trois tests perceptifs : un test adapté du TQI et un test d'évaluation perceptive de la parole pour l'étude de l'intelligibilité globale, et un test d'identification des consonnes, pour l'étude de l'intelligibilité segmentale. Par ailleurs, nous avons fait appel à deux jurys d'écoute différents : un jury de 3 examinateurs naïfs pour le test adapté du TQI, qui repose sur l'identification / reconnaissance globale de mots et de phrases, et un jury de 3 examinateurs experts (un médecin phoniatre et deux orthophonistes) pour le test d'évaluation perceptive et le test d'identification des consonnes, qui nécessitent des compétences analytiques.

II.4.1 Test adapté du TQI

Le test adapté du TQI se compose de 744 *stimuli* : 12 noms de mois, 12 mots, 6 phrases et 30 secondes de description d'une photographie × 24 sujets (2 sujets pathologiques d'entraînement, 10 sujets pathologiques, 10 sujets contrôle et 2 duplications, l'une d'un sujet pathologique et l'autre d'un sujet contrôle pour l'étude de la fiabilité intra-examineur). Il a été soumis séparément à 3 examinateurs naïfs, dont la tâche, nécessitant 2h30 environ pauses incluses, consistait, après explication des objectifs généraux de l'étude, à écouter au plus deux fois chaque *stimulus* au casque, puis à nous indiquer ce qui était perçu. Les différentes épreuves étaient présentées à la suite pour chaque sujet. L'ordre de présentation des sujets, en revanche, était randomisé, et identique pour les trois examinateurs. La cotation a été réalisée par nos soins en direct, suivant le système du TQI dans sa version courte (annexe D).

II.4.2 Test d'évaluation perceptive

Le test d'évaluation perceptive se compose de 24 *stimuli* : une séquence de 10 secondes en moyenne (suite de 4 phrases) × 24 sujets (2 sujets pathologiques d'entraînement, 10 sujets pathologiques, 10 sujets contrôle et 2 duplications pour l'étude de la fiabilité intra-examineur). Il a été soumis séparément à 3 examinateurs experts, dont la tâche, nécessitant 30 min. environ, consistait à écouter au casque au plus deux fois chaque *stimulus*, puis à coter les critères I (intelligibilité), N (bruits surajoutés) et F (fluidité) de l'échelle INFV0 sur une ligne à intervalles réguliers de 10 points. Un critère binaire destiné à détecter la présence éventuelle de segments voisés était également proposé, qui s'est avéré difficile à interpréter faute d'accord entre les examinateurs. Nous ne l'avons finalement pas retenu dans les analyses (voir *infra*, section IV.2 sur ce point). L'ordre de présentation des différents sujets était randomisé, et identique pour les trois examinateurs, comme dans le test précédent (annexe E).

II.4.3 Test d'identification des consonnes

Le test d'identification des consonnes a été réalisé au moyen d'un fichier source exécutable sous *Praat*, que nous avons rédigé en suivant les instructions du manuel du logiciel. Il se compose de 64 *stimuli* d'entraînement randomisés (16 logatomes correspondant à la deuxième lecture du protocole de passation × 2 répétitions × 2 sujets pathologiques d'entraînement), et des 640 *stimuli* cibles, également randomisés (16 logatomes correspondant à la deuxième lecture du protocole de passation × 2 répétitions ×

(10 sujets pathologiques + 10 sujets contrôle)). Il a été soumis aux mêmes examinateurs experts que le test d'évaluation perceptive, dont la tâche, nécessitant 1h30 environ pauses incluses, consistait à indiquer pour chaque logatome entendu au casque la consonne perçue (annexe F).

II.5 Le traitement des données

À partir des données recueillies, deux tableurs ont été constitués, l'un pour l'étude de l'intelligibilité segmentale, composé des résultats du test d'identification des consonnes, l'autre pour l'étude de l'intelligibilité globale et du rôle des bruits surajoutés, de la fluidité et de la précision articulatoire, composé des résultats du test adapté du TQI, des résultats du test d'évaluation perceptive et du taux d'intelligibilité segmentale de chaque sujet calculé à partir des résultats du test d'identification des consonnes. L'ensemble des traitements statistiques a été réalisé au moyen de l'extension *Real Statistics Resource Pack* (version 3.8, © Charles Zaiontz), exécutable sous Microsoft Excel 2011©.

III. RÉSULTATS ET ANALYSES

III.1 Étude de l'intelligibilité globale

III.1.1 Études de fiabilité

À l'instar de Dittner et coll. (2010) [28], nous nous appuyons pour évaluer l'accord des examinateurs entre eux et avec eux-mêmes sur le coefficient de corrélation intra-classe, défini comme le rapport entre la variabilité des évaluations de chaque sujet par différents examinateurs (ou par un même examinateur à deux instants) et la variabilité totale, tous examinateurs et tous sujets confondus (Shrout & Fleiss 1979 [76]). En effet, ce coefficient est actuellement considéré comme le plus adapté pour les études de fiabilité lorsque l'évaluation est de nature quantitative (Fallissard 2008 [34]). Les résultats obtenus sont rassemblés dans les tableaux 6 et 7.

	Fiabilité inter-examineurs	Fiabilité intra-examineur		
		E1	E2	E3
Mois	0,96	1	0,8	0,92
Mots	0,97	0,94	0,96	1
Phrases	0,98	1	0,99	0,99
Description	0,97	1	1	0,8
Total	0,99	0,99	0,98	0,97

Tableau 6- Coefficients de corrélation intra-classe du test adapté du TQI (jury naïf)

	Fiabilité inter-examineurs	Fiabilité intra-examineur		
		E1	E2	E3
Critère I	0,98	0,96	0,96	0,99
Critère N	0,83	0,92	0,24	1
Critère F	0,97	0,92	1	0,97

Tableau 7- Coefficients de corrélation intra-classe du test d'évaluation perceptive (jury expert)

À une exception près, les coefficients se situent tous entre 0,8 et 1, ce qui révèle un degré d'accord très satisfaisant des examinateurs entre eux et par rapport à eux-mêmes.

III.1.2 Résultats du test adapté du TQI

Les valeurs moyennes des scores obtenus par les sujets pathologiques et les sujets contrôle au test adapté du TQI sont représentées dans les tableaux 8 et 9.

Identifiant	Mois (sur 12)	Mots (sur 12)	Phrases (sur 18)	Description (sur 12)	Total (sur 54)
P1	1	0	0	0	1
P2	8,57	0,33	5,33	8	22,33
P6	3,33	0	0,67	2,67	6,67
P7	5,67	0,33	1,67	0	7,67
P9	0,33	0	0	0	0,33
P10	2,67	0	1,67	0	4,33
P11	9,67	0,33	2,33	6,67	19
P12	9	0,67	2,67	1,33	13,67
P13	9	2	9,33	8	28,33
P14	4,33	0,33	1	4	9,67
Moyenne	5,37	0,40	2,47	3,07	11,30
Écart-type	3,54	0,60	2,87	3,39	9,36

Tableau 8- Scores moyens des sujets pathologiques au test adapté du TQI

Identifiant	Mois (sur 12)	Mots (sur 12)	Phrases (sur 18)	Description (sur 12)	Total (sur 54)
C1	12	10	18	12	52
C2	12	11,67	18	12	53,67
C6	12	11,67	17,33	12	53
C7	12	11	18	12	53
C9	11,67	6,67	17,67	12	48
C10	12	12	18	12	54
C11	12	9	18	12	51
C12	12	9,67	18	12	51,67
C13	12	11,33	18	12	53,33
C14	12	6,33	16,67	12	46,33
Moyenne	11,97	9,93	17,77	12	51,60
Écart-type	0,11	2,05	0,45	0	2,54

Tableau 9- Scores moyens des sujets contrôle au test adapté du TQI

Comme attendu, l'intelligibilité des sujets contrôle en parole chuchotée est excellente, avec des scores moyens proches du maximum (12 pour l'épreuve des mois, l'épreuve des mots et l'épreuve de description, 18 pour l'épreuve des phrases et 54 pour le score total), tandis que l'intelligibilité des sujets pathologiques en parole pseudo-chuchotée est sévèrement altérée, avec des scores moyens au contraire très faibles (figure 11).

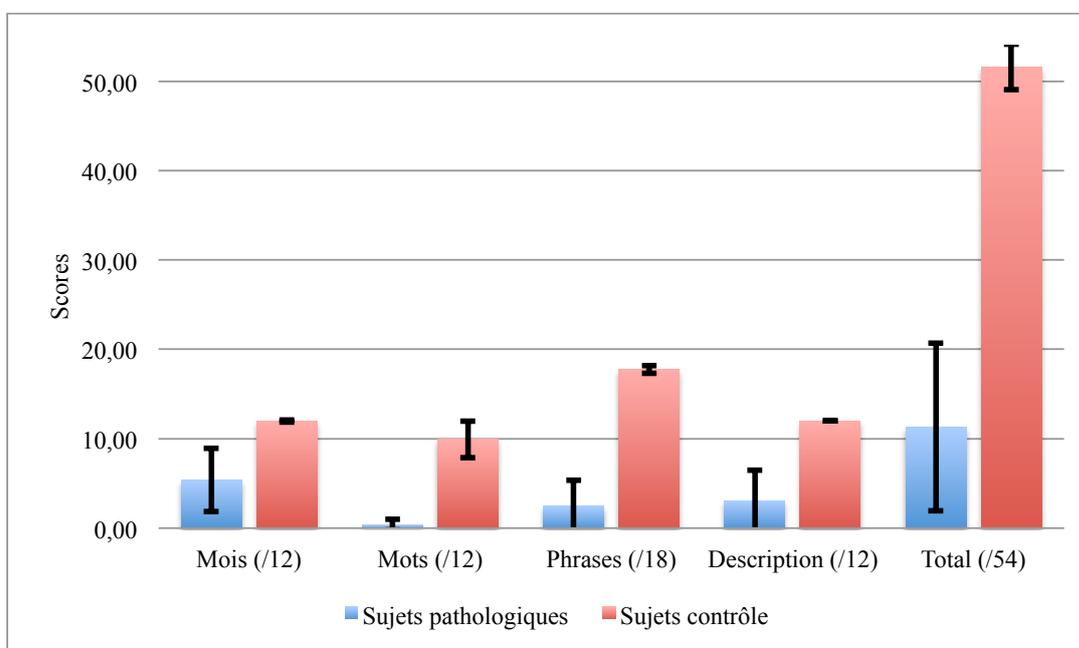


Figure 11- Histogramme des scores au test adapté du TQI par échantillon

En accord avec ces observations, la comparaison des sujets pathologiques et des sujets contrôle au moyen du test non paramétrique de Mann-Whitney met en évidence une différence significative ($p < 0,001$) avec une séparation nette des deux échantillons ($U=0$), comme on peut le voir dans le tableau 10.

	Mois	Mots	Phrases	Description	Total
U	0	0	0	0	0
z	-3,74	-3,60	-3,64	-3,83	-3,57
p	0,0001	0,0003	0,0002	0,0001	0,0003

Tableau 10- Résultats du test U de Mann-Whitney pour la comparaison entre sujets contrôle et pathologiques

Au sein de l'échantillon de sujets contrôle, les résultats sont globalement très homogènes. Une seule épreuve, celle des mots, révèle une certaine variation avec une moyenne plus faible que celles des autres épreuves et un écart-type plus élevé. Une explication est que l'identification de mots isolés en liste ouverte fait peu intervenir les suppléances mentales, contrairement à l'identification de mots en liste fermée ou l'identification de phrases. De plus, les items du TQI ont un point d'unicité tardif : il s'agit de mots courts, et dans l'ensemble peu fréquents (Boisteux & Robart 2009 : 42 [12]). De fait, il est plus difficile d'identifier des mots isolés en liste ouverte que des mots en liste fermée ou des phrases, et parmi les mots isolés en liste ouverte, les mots courts et rares que les mots plus longs et plus fréquents.

Au sein de l'échantillon de sujets pathologiques, on observe en revanche une dispersion importante des résultats selon les épreuves et les sujets. En effet, les scores moyens diffèrent sensiblement d'une épreuve à l'autre, l'épreuve des mois étant celle qui est la mieux réussie, avec une moyenne de 5,37/12 et l'épreuve des mots, celle qui est la plus échouée, avec une moyenne de 0,40/12. Par ailleurs, on observe pour toutes les épreuves sauf celle des mots une variation interindividuelle, comme en témoignent les écarts-types élevés, du même ordre de grandeur que les moyennes.

Afin de comparer plus précisément les sujets pathologiques entre eux, nous avons converti les différents scores en portions d'écart-type ou *z-scores* (tableau 11). On peut dès lors distinguer entre trois groupes, le premier composé des sujets P1 et P9, dont les scores totaux se situent à plus d'un écart-type en dessous de la moyenne de l'échantillon, le second composé des sujets P6, P7, P10 et P14, dont les scores totaux se situent à moins d'un écart-type en dessous de la moyenne, et le troisième composé des sujets P2, P11, P12 et P13, dont les scores totaux sont tous supérieurs à la moyenne.

Identifiant	Mois	Mots	Phrases	Description	Total
P1	-1,23	-0,66	-0,86	-0,90	-1,10
P2	0,93	-0,11	0,99	1,45	1,17
P6	-0,57	-0,66	-0,62	-0,11	-0,49
P7	0,08	-0,11	-0,27	-0,90	-0,38
P9	-1,42	-0,66	-0,86	-0,90	-1,17
P10	-0,76	-0,66	-0,27	-0,90	-0,74
P11	1,21	-0,11	-0,04	1,06	0,82
P12	1,02	0,44	0,06	-0,51	0,25
P13	1,02	2,66	2,39	1,45	1,81
P14	-0,29	-0,11	-0,51	0,27	-0,17

Tableau 11- Scores moyens des sujets pathologiques au test adapté du TQI exprimés en portions d'écart-type par rapport à la moyenne de l'échantillon

Comme le montre la figure 12, les sujets du groupe 1 peuvent être considérés comme totalement inintelligibles, leurs scores étant proches de 0, tandis que les sujets du groupe 3 et dans une moindre mesure ceux du groupe 2, conservent un certain degré d'intelligibilité globale.

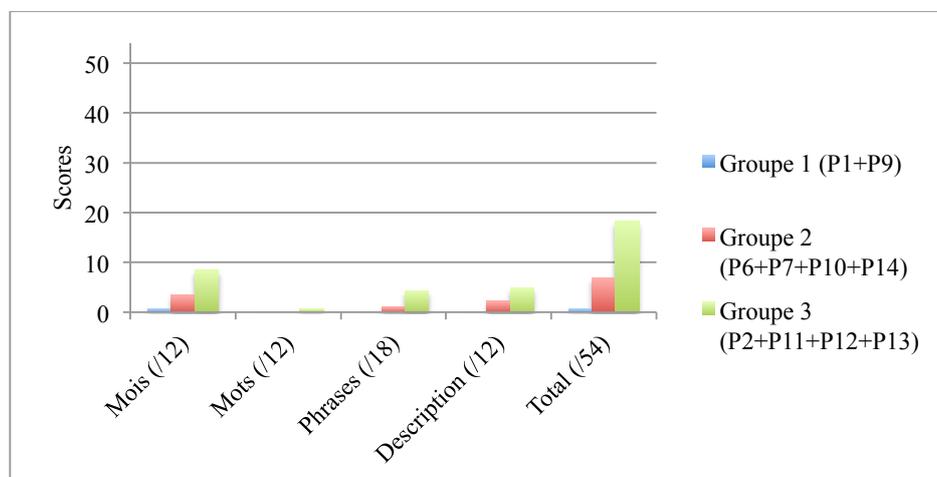


Figure 12- Histogramme des scores des sujets pathologiques au test adapté du TQI par groupe de niveau

Ainsi, notre hypothèse suivant laquelle l'intelligibilité de la parole pseudo-chuchotée est variable selon les sujets semble confirmée. Toutefois, il convient de noter que l'intelligibilité observée chez certains patients se limite aux épreuves qui font intervenir des informations contextuelles et de fait les suppléances mentales.

III.1.3 Résultats du test d'évaluation perceptive

Les valeurs moyennes des scores obtenus par les sujets pathologiques et les sujets contrôle au test d'évaluation perceptive sont représentées dans les tableaux 12 et 13.

Identifiant	Critère I (intelligibilité / 10)	Critère N (bruits surajoutés / 10)	Critère F (fluidité / 10)
P1	10	10	9
P2	9	5	7,67
P6	9	9	6,33
P7	9,67	8,33	6,33
P9	10	8,67	8,33
P10	10	7,33	7,33
P11	9,67	9	8,33
P12	10	8,67	7,67
P13	7,33	7	8
P14	10	5,33	6,33
Moyenne	9,47	7,83	7,53
Écart-type	0,85	1,64	0,95

Tableau 12- Scores moyens des sujets pathologiques au test d'évaluation perceptive

Identifiant	Critère I (intelligibilité / 10)	Critère N (bruits surajoutés / 10)	Critère F (fluidité / 10)
C1	0,67	3,33	1,67
C2	0,33	0	0,67
C6	0	0	0,33
C7	0	0,33	0,67
C9	0,33	0,33	0,67
C10	0	0	0,33
C11	0,33	0	0
C12	0	0	0
C13	0	0	1,33
C14	0,33	0,67	1,33
Moyenne	0,20	0,47	0,70
Écart-type	0,23	1,03	0,58

Tableau 13- Scores moyens des sujets contrôle au test d'évaluation perceptive

Comme pour le test adapté du TQI, on observe un écart très important entre les sujets contrôle et les sujets pathologiques (figure 13), ce que confirme le test U de Mann-Whitney qui met en évidence une différence significative systématique entre les deux échantillons ($p < 0,001$), comme on peut le voir dans le tableau 14.

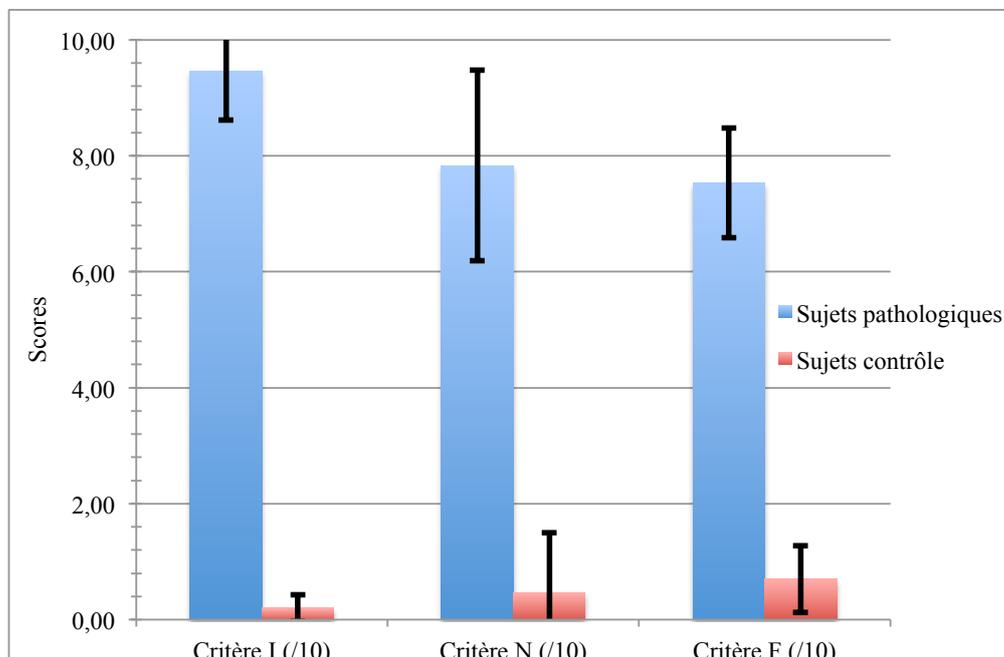


Figure 13- Histogramme des scores au test d'évaluation perceptive par échantillon

	Critère I	Critère N	Critère F
U	0	0	0
z	-3,65	-3,64	-3,60
p	0,0002	0,0002	0,0003

Tableau 14- Résultats du test U de Mann-Whitney pour la comparaison entre sujets contrôle et pathologiques

En revanche, on ne retrouve pas ici la variabilité interindividuelle observée au sein de l'échantillon de sujets pathologiques aux épreuves du test adapté du TQI. En effet, les scores pour le critère d'intelligibilité sont tous proches de 10, traduisant une altération maximale, à l'extrême opposé des scores des sujets contrôle, qui sont tous proches de 0. De fait, ce critère semble moins sensible pour discriminer entre eux les sujets pathologiques, ce qui tient vraisemblablement au fait qu'il ne mesure pas à proprement parler l'intelligibilité, comme le rappelle Moerman et coll. (2006a : 142 [62]), mais plutôt le degré d'effort supposé par les examinateurs pour comprendre le sujet à partir de l'échantillon de parole qui leur est soumis. Voir par ailleurs la section III.3 pour l'analyse des critères N et F.

III.2 Étude de l'intelligibilité segmentale

III.2.1 Études de fiabilité

Contrairement aux tests d'intelligibilité globale considérés jusqu'ici, le test d'identification des consonnes exploité pour étudier l'intelligibilité segmentale fait intervenir une variable de nature qualitative. C'est pourquoi nous utilisons le coefficient *Kappa* de Cohen pour évaluer la fiabilité intra-examineur, et sa version généralisée à plus de 2 examinateurs, le coefficient *Kappa* de Fleiss, pour évaluer la fiabilité inter-examineurs, l'un et l'autre fournissant une mesure d'accord pondérée par élimination de l'accord théorique dû au hasard (Cohen 1960 [18], Fleiss 1971 [35]). Les résultats sont rassemblés dans le tableau 15.

	Fiabilité inter-examineurs	Fiabilité intra-examineurs		
		E1	E2	E3
Coefficient κ	0,58	0,80	0,67	0,56

Tableau 15- Coefficients *Kappa* du test d'identification des consonnes

Les coefficients se situent entre 0,58 et 0,80, ce qui correspond à une fiabilité modérée ($0,41 \leq \kappa \leq 0,60$) à satisfaisante ($0,61 \leq \kappa \leq 0,80$) si l'on suit la grille de lecture classique de Landis & Koch (1977) [51]. Comme l'ont montré cependant plusieurs études (voir notamment Maclure & Willet 1987 [58]), ce coefficient tend à être plus faible lorsque le nombre de modalités de la variable qualitative étudiée est élevé, ce qui est le cas ici (17 réponses possibles pour chaque *stimulus* présenté). Dans l'ensemble, l'accord de nos examinateurs entre eux et par rapport à eux-mêmes peut donc être considéré comme fiable.

III.2.2 Taux d'intelligibilité par sujet

À partir des résultats bruts du test d'identification des consonnes, nous avons calculé pour chaque sujet le taux d'intelligibilité segmentale toutes consonnes confondues. Les résultats sont représentés dans le tableau 16.

Sujets pathologiques	Taux d'intelligibilité (sur 100)	Sujets contrôle	Taux d'intelligibilité (sur 100)
P1	3,12	C1	66,66
P2	27,08	C2	95,83
P6	18,75	C6	93,75
P7	26,04	C7	92,7
P9	6,25	C9	75
P10	13,54	C10	86,46
P11	30,21	C11	88,54
P12	22,91	C12	68,75
P13	27,08	C13	88,54
P14	18,75	C14	84,37
Moyenne	19,37	Moyenne	84,06
Écart-type	9,22	Écart-type	10,39

Tableau 16- Taux d'intelligibilité segmentale des sujets pathologiques et des sujets contrôle

Comme on a pu l'observer pour l'intelligibilité globale, la différence entre les deux échantillons est significative ($U=0$, $z=-3,58$, $p=0,0003$) : alors que les taux d'intelligibilité segmentale des sujets contrôle en parole chuchotée avoisinent en moyenne les 80% comme cela est recensé dans la littérature (Vercherand 2010 [82]), ceux des sujets pathologiques en parole pseudo-chuchotée avoisinent en moyenne les 20%, traduisant ainsi une altération sévère (figure 14).

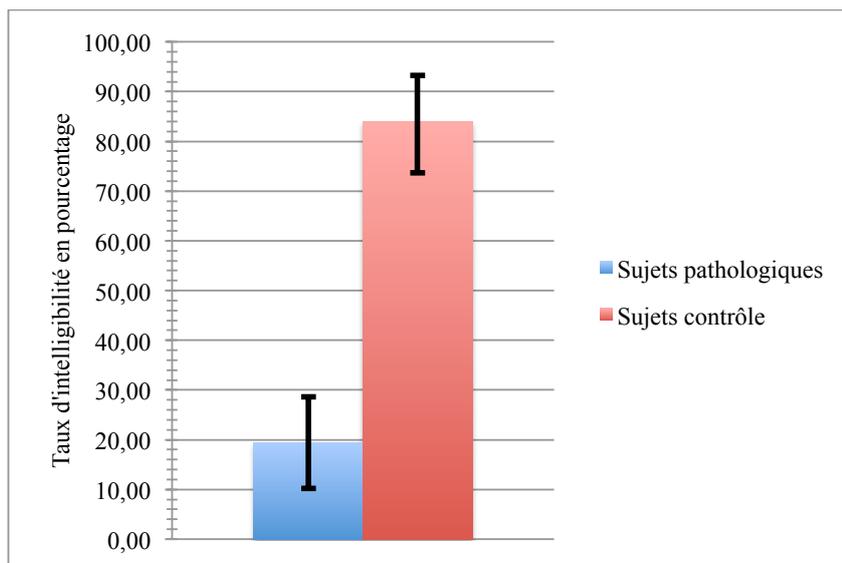


Figure 14- Histogramme des taux d'intelligibilité des consonnes par échantillon

Par ailleurs, on retrouve au sein de l'échantillon de sujets pathologiques la variabilité interindividuelle observée au test adapté du TQI, les taux d'intelligibilité segmentale s'étalant de 3,12% à 30,21%. En outre, la répartition des sujets est très similaire, avec à nouveau trois groupes, le premier composé des sujets P1 et P9 dont les scores se situent à plus d'un écart-type en dessous de la moyenne, le second composé des sujets P6, P10 et P14, qui se situent à moins d'un écart-type en dessous de la moyenne, et le troisième composé des sujets P2, P11, P12 et P13 auxquels s'ajoute ici P7, dont les scores sont tous supérieurs à la moyenne (tableau 17).

Sujets pathologiques	Taux d'intelligibilité
P1	-1,76
P2	0,83
P6	-0,06
P7	0,72
P9	-1,42
P10	-0,63
P11	1,17
P12	0,38
P13	0,83
P14	-0,06

Tableau 17- Taux d'intelligibilité segmentale des sujets pathologiques exprimés en portions d'écart-type par rapport à la moyenne de l'échantillon

Comme le montre la figure 15, les sujets du groupe 1 peuvent être considérés comme inintelligibles, leurs scores étant proches de 0, tandis que les sujets du groupe 3 et dans une moindre mesure ceux du groupe 2, conservent un certain degré d'intelligibilité segmentale, à l'image de ce que nous avons observé au niveau global.

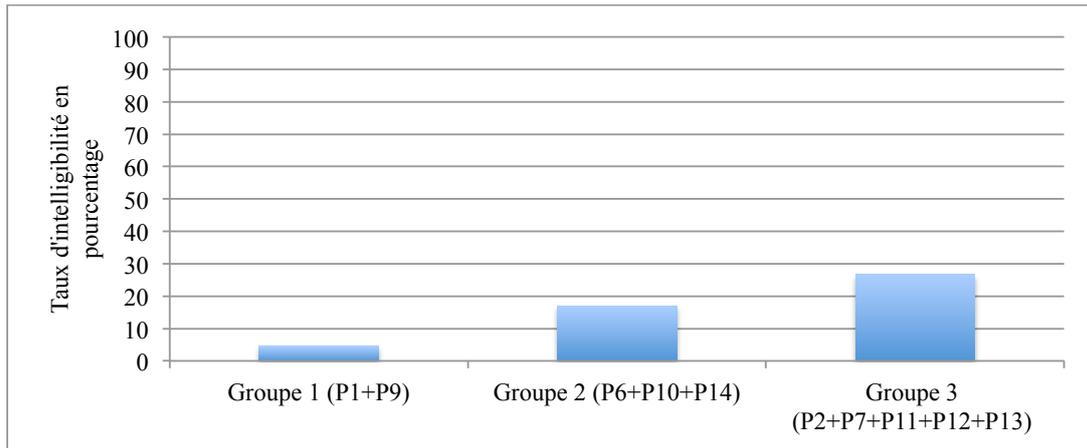


Figure 15- Histogramme des taux d'intelligibilité des consonnes par groupe de niveau au sein de l'échantillon de sujets pathologiques

Si l'on considère en revanche l'échantillon des sujets contrôle, les résultats au niveau segmental diffèrent sensiblement de ceux obtenus au niveau global. En effet, alors que les scores au test adapté du TQI et au test d'évaluation perceptive étaient globalement homogènes, on constate au niveau segmental une dispersion importante des taux d'intelligibilité, avec un écart-type comparable à celui des sujets pathologiques. Vraisemblablement, cette dispersion constitue une caractéristique de la parole chuchotée chez le sujet sain. En parole vocalisée, en effet, la dispersion est nettement plus faible, de l'ordre de 3 écarts-types pour une moyenne de 96,6% (Sendoulskaia 2008 : 72 [72]).

III.2.3 Taux d'intelligibilité par consonne

Afin d'étudier plus précisément l'intelligibilité des différentes catégories de consonnes, nous avons constitué dans un premier temps deux matrices de confusion globales, l'une pour les sujets pathologiques, l'autre pour les sujets contrôle, qui rassemblent les réponses des trois examinateurs experts (tableaux 18 et 19). Chaque matrice se lit verticalement et horizontalement, l'axe des abscisses représentant les consonnes produites par les sujets et l'axe des ordonnées les catégories perçues par les examinateurs (NI = non identifiable). Les résultats sont exprimés en pourcentage arrondi et la catégorie la plus fréquemment perçue est représentée en grisé pour chaque consonne produite. Par exemple, la deuxième ligne du tableau 19 indique que la consonne [p] a été perçue [p] dans 88,3% des cas (réponse la plus fréquente), [b] dans 8,3% des cas, [m] dans 1,7% des cas et jugée non identifiable dans 1,7% des cas.

	P	T	K	B	D	G	M	N	F	S	CH	V	Z	J	L	R	NI
P	18,3	20	6,7	1,7	11,7	1,7			8,3		1,7						30
T		58,3	10		3,3	1,7				1,7		1,7					23,3
K		10	31,7		5	18,3	1,7	1,7	5	1,7							25
B	20	13,3		16,7	5	3,3	6,7		10			3,3				3,3	18,3
D	5	41,7	5	8,3	18,3	1,7	3,3		1,7	1,7							13,3
G	3,3	6,7	38,3	1,7	1,7	18,3			1,7			1,7		1,7			25
M	13,3	8,3		30	1,7	1,7	8,3	1,7	3,3			6,7			1,7	1,7	21,7
N	1,7	23,3	5	5	11,7	1,7	1,7	1,7	3,3			3,3	1,7			3,3	36,7
F	5	10				1,7			41,7	8,3		5	1,7			1,7	25
S		18,3	1,7				1,7	1,7	18,3	25		3,3	10		1,7	1,7	16,7
CH	1,7		1,7				3,3		15	3,3	18,3	1,7	1,7	6,7		1,7	45
V	6,7	3,3		8,3	5		1,7		26,7			11,7	1,7	1,7		1,7	31,7
Z		6,7	1,7	1,7			1,7		10	15	5	1,7	15	1,7	1,7	3,3	35
J			1,7					1,7	8,3	3,3	38,3	5		11,7	1,7	3,3	25
L	16,7	1,7	6,7	10	3,3	5	5		3,3		1,7	3,3			5	3,3	35
R	1,7		5			3,3	1,7		8,3		1,7	3,3			5	11,7	58,3

Tableau 18- Matrice de confusion tous sujets pathologiques et tous examinateurs confondus (n = 960, 16 consonnes × 2 répétitions × 10 sujets pathologiques × 3 examinateurs)

	P	T	K	B	D	G	M	N	F	S	CH	V	Z	J	L	R	NI
P	88,3			8,3			1,7										1,7
T		91,7			8,3												
K		1,7	73,3		1,7	21,7											1,7
B	15	1,7		78,3													5
D		28,3			70												1,7
G			20		1,7	78,3											
M				6,7			93,3										
N							1,7	96,7	1,7								
F									85			15					
S					1,7				1,7	95			1,7				
CH											80			18,3			1,7
V									13,3			86,7					
Z			1,7	1,7		1,7			1,7	20		6,7	66,7				
J											33,3			66,7			
L				1,7											98,3		
R	1,7															96,7	1,7

Tableau 19- Matrice de confusion tous sujets contrôle et tous examinateurs confondus (n = 960, 16 consonnes × 2 répétitions × 10 sujets contrôle × 3 examinateurs)

Comme le montre la matrice des sujets contrôle, l'intelligibilité des consonnes en parole chuchotée est excellente. En outre, les erreurs sont peu dispersées : elles correspondent essentiellement à des confusions de voisement. Les consonnes les plus résistantes correspondent aux sonantes [l], [n] et [ʁ] et les consonnes les plus fragiles aux fricatives voisées [z] et [ʒ] (figure 16).

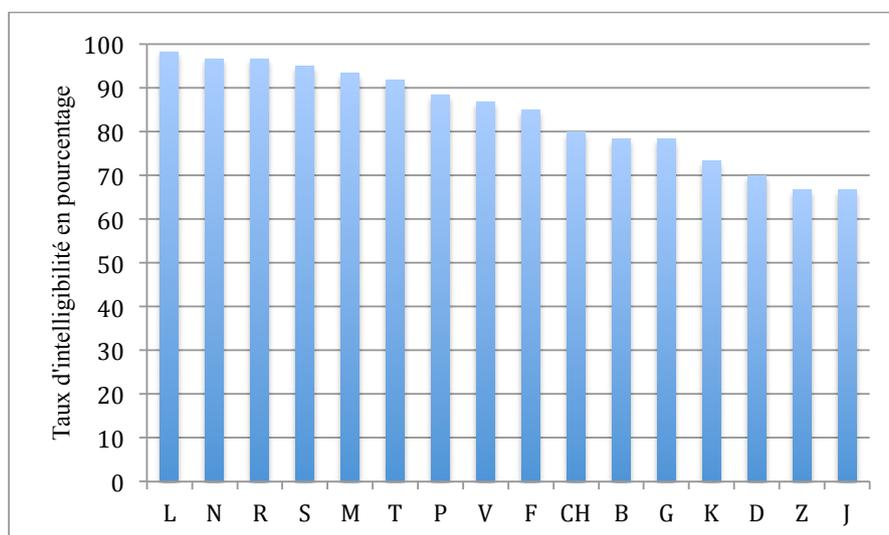


Figure 16- Histogramme des taux d'intelligibilité par consonne en parole chuchotée

Par contraste, la matrice des sujets pathologiques témoigne d'une altération sévère. En effet, plus de la moitié des consonnes cibles sont dans le cas le plus fréquent jugées non identifiables. En outre, la dispersion des confusions est massive. Les consonnes les plus résistantes correspondent aux constrictives sourdes [t], [f], [k] et [s], et les consonnes les plus altérées aux sonantes [m], [l] et [n] (figure 17), à l'inverse de ce qui est observé en parole chuchotée (figure 18).

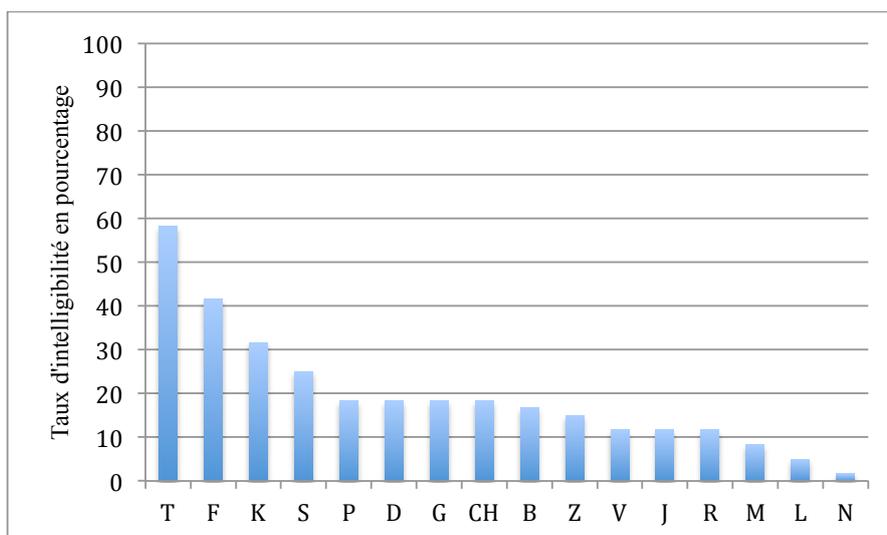


Figure 17- Histogramme des taux d'intelligibilité par consonne en parole pseudo-chuchotée

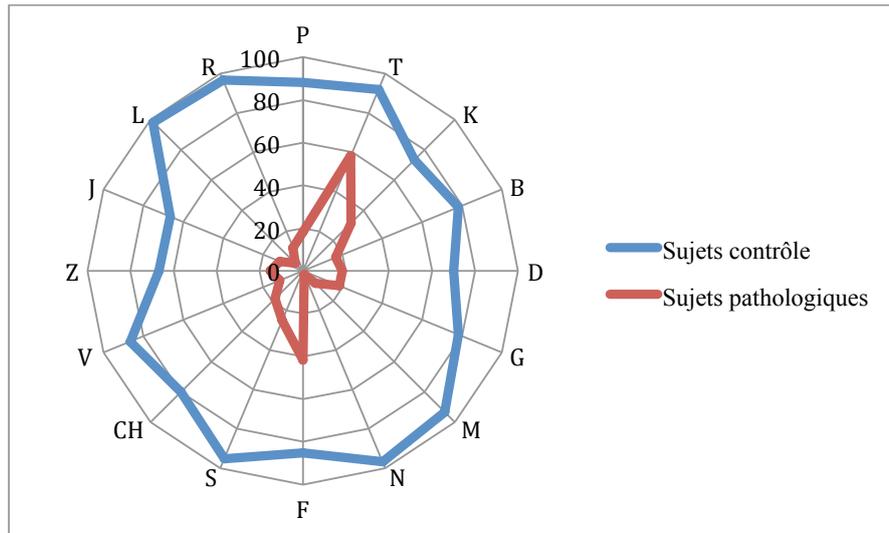


Figure 18- Radar des taux d'intelligibilité par consonne et échantillon

III.2.4 Taux d'intelligibilité par trait phonétique

À partir des matrices globales, nous avons constitué dans un deuxième temps 6 matrices complémentaires afin d'étudier les distinctions de mode d'articulation, de lieu et de voisement. Pour simplifier, les nasales et liquides sont regroupées dans une catégorie de sonantes que nous opposons aux occlusives et fricatives dans le cadre des modes d'articulation. Par ailleurs, nous distinguons entre seulement trois lieux : labial, alvéolaire et palatal ou vélaire. Comme dans les matrices précédentes, les résultats sont exprimés en pourcentage arrondi, et la catégorie la plus fréquemment perçue est représentée en gris pour chaque consonne produite.

III.2.4.1 Mode d'articulation

Considérons d'abord les résultats relatifs au mode d'articulation (tableaux 20 et 21). Conformément à notre hypothèse, la distinction entre occlusives, fricatives et sonantes est sévèrement altérée en parole pseudo-chuchotée tandis qu'elle est maintenue sans erreurs ou presque en parole chuchotée. Les consonnes occlusives sont celles qui sont les plus stables : elles sont mieux reconnues que les fricatives, elles-mêmes mieux reconnues que les sonantes. De plus, les confusions se font de manière plus fréquente en leur faveur, et elles sont moins fréquemment jugées non identifiables que les autres consonnes.

	Consonnes occlusives	Consonnes fricatives	Consonnes sonantes	NI
Consonnes occlusives	67,8%	6,9%	2,8%	22,5%
Consonnes fricatives	12,5%	52,8%	5,0%	29,7%
Consonnes sonantes	39,2%	10,0%	12,9%	37,9%

Tableau 20- Matrice de confusion pour le mode d'articulation, tous sujets pathologiques et tous examinateurs confondus

	Consonnes occlusives	Consonnes fricatives	Consonnes sonantes	NI
Consonnes occlusives	98,1%	0,0%	0,3%	1,7%
Consonnes fricatives	1,1%	98,6%	0,0%	0,3%
Consonnes sonantes	2,5%	0,4%	96,7%	0,4%

Tableau 21- Matrice de confusion pour le mode d'articulation, tous sujets contrôle et tous examinateurs confondus

III.2.4.2 Lieu d'articulation

Considérons à présent les résultats relatifs au lieu d'articulation (tableaux 22 et 23). Comme le montre la matrice des sujets contrôle, la distinction entre consonnes labiales, alvéolaires et palatales ou vélares est préservée en parole chuchotée. Si l'on examine en revanche la matrice des sujets pathologiques, on constate une altération majeure, bien qu'elle soit moindre que celle touchant le mode d'articulation. Notre hypothèse suivant laquelle les distinctions de lieu d'articulation sont préservées dans les deux types de chuchotement n'est donc pas vérifiée. Les consonnes labiales sont celles qui sont les plus stables en parole pseudo-chuchotée. En effet, elles sont mieux reconnues que les deux autres catégories de consonnes dont les taux d'intelligibilité sont très proches. Par ailleurs, les confusions se font plus fréquemment en leur faveur, et elles sont moins fréquemment jugées non identifiables que les deux autres catégories de consonnes.

	Consonnes labiales	Consonnes alvéolaires	Consonnes palatales ou vélares	NI
Consonnes labiales	50,7%	16,3%	7,7%	25,3 %
Consonnes alvéolaires	18,3%	42,1%	12,5%	27,1 %
Consonnes palatales ou vélares	14,8%	9,0%	43,3%	32,9 %

Tableau 22- Matrice de confusion pour le lieu d'articulation, tous sujets pathologiques et tous examinateurs confondus

	Consonnes labiales	Consonnes alvéolaires	Consonnes palatales ou vélares	NI
Consonnes labiales	98,3%	0,3%	0,0%	1,3%
Consonnes alvéolaires	1,3%	98,3%	0,0%	0,4%
Consonnes palatales ou vélares	1,9%	1,0%	96,4%	0,7%

Tableau 23- Matrice de confusion pour le lieu d'articulation, tous sujets contrôle et tous examinateurs confondus

III.2.4.3 Voisement

Considérons enfin les résultats relatifs au voisement (tableaux 24 et 25). Dans les deux modes de parole, on observe des confusions entre consonnes sourdes et consonnes voisées en faveur des consonnes sourdes. Contrairement à notre hypothèse cependant, ces confusions ne s'observent pas dans les mêmes proportions : alors que les consonnes voisées restent correctement identifiées dans 76,4% des cas en parole chuchotée, elles ne le sont que dans 25,7% des cas en parole pseudo-chuchotée.

	Consonnes sourdes	Consonnes voisées	NI
Consonnes sourdes	58,6%	13,1%	28,3%
Consonnes voisées	48,2%	25,7%	26,0%

Tableau 24- Matrice de confusion pour le voisement, tous sujets pathologiques et tous examinateurs confondus

	Consonnes sourdes	Consonnes voisées	NI
Consonnes sourdes	86,4%	12,8%	0,8%
Consonnes voisées	22,5%	76,4%	1,1%

Tableau 25- Matrice de confusion pour le voisement, tous sujets contrôle et tous examinateurs confondus

Pour conclure cette section, tous les traits phonétiques sont sévèrement altérés dans la parole pseudo-chuchotée, et ce dans des proportions similaires, comme le montre le tableau 26, tandis que seul le voisement est affecté en parole chuchotée, et ce de manière modérée.

	Mode d'articulation	Lieu d'articulation	Voisement
Parole pseudo-chuchotée	55,5%	54,6%	57,8%
Parole chuchotée	2,2%	2,3%	18,6%

Tableau 26- Taux d'erreurs d'identification des consonnes

III.3 Étude de l'effet des bruits surajoutés, de la fluidité et de la précision articulatoire sur l'intelligibilité globale

Les scores permettant d'apprécier le degré de bruits surajoutés et de fluidité dans la parole des sujets pathologiques sont présentés dans le tableau 12 *supra* (critères N et F). Les taux d'intelligibilité segmentale présentés dans le tableau 16 peuvent par ailleurs être considérés comme une mesure indirecte de la précision articulatoire. Dans le but d'évaluer l'effet de chacun de ces facteurs sur l'intelligibilité globale, nous avons procédé à une analyse de corrélation au moyen du test non paramétrique de Spearman. Les résultats sont rassemblés dans le tableau 27.

	Bruits surajoutés (critère N)	Fluidité (critère F)	Précision articulatoire (taux d'intelligibilité segmentale)
Test adapté du TQI			
Mois	-0,21	-0,02	0,92
Mots	-0,44	-0,06	0,75
Phrases	-0,54	-0,05	0,83
Description	-0,44	-0,01	0,75
Total	-0,49	-0,07	0,90
Test d'évaluation perceptive			
Critère I	0,22	-0,13	-0,82

Tableau 27- Coefficients de Spearman

On observe une corrélation significative forte ($p < 0,05$, coefficient de Spearman $> 0,7$) entre la précision articulatoire telle que la mesurent les taux d'intelligibilité segmentale et les différents scores d'intelligibilité globale, ce que confirment les figures 19 et 20. Ni les bruits surajoutés ni la fluidité ne semblent en revanche avoir d'effet, la corrélation entre les scores obtenus aux différentes épreuves d'intelligibilité globale et ceux obtenus aux critères N et F étant modérée pour le premier critère, inexistante pour le second, et non significative dans les deux cas ($p > 0,05$). Il faut noter toutefois que les scores obtenus pour ces deux critères sont très homogènes, sans variation d'un sujet à l'autre, contrairement aux scores d'intelligibilité globale.

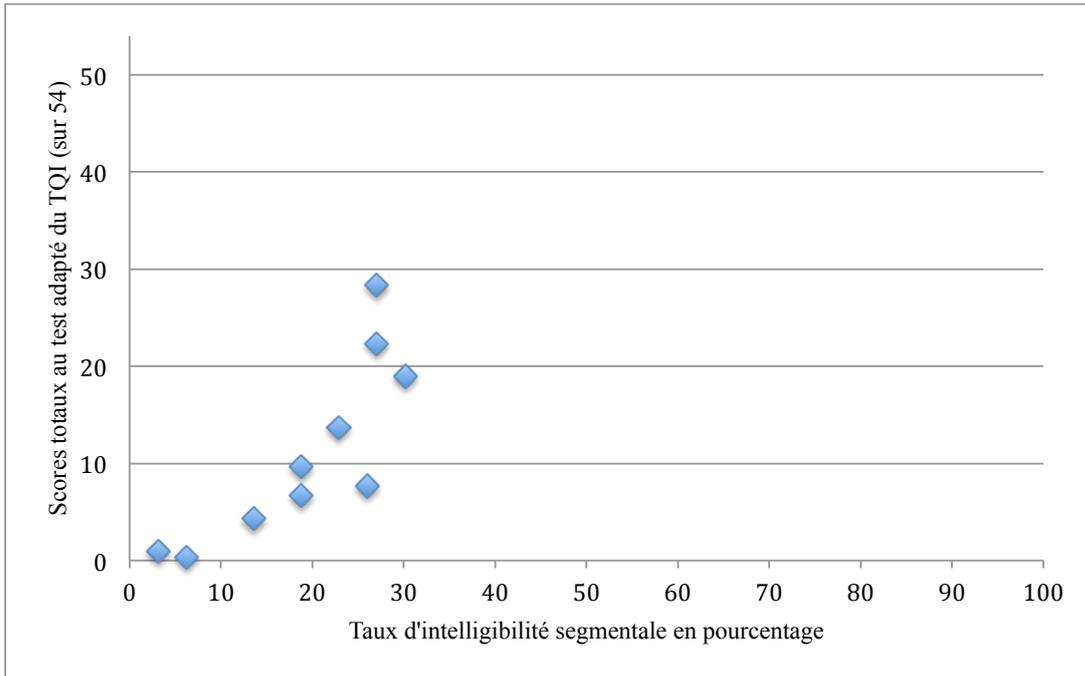


Figure 19- Nuage de points représentant les scores totaux au test adapté du TQI en fonction des taux d'intelligibilité segmentale

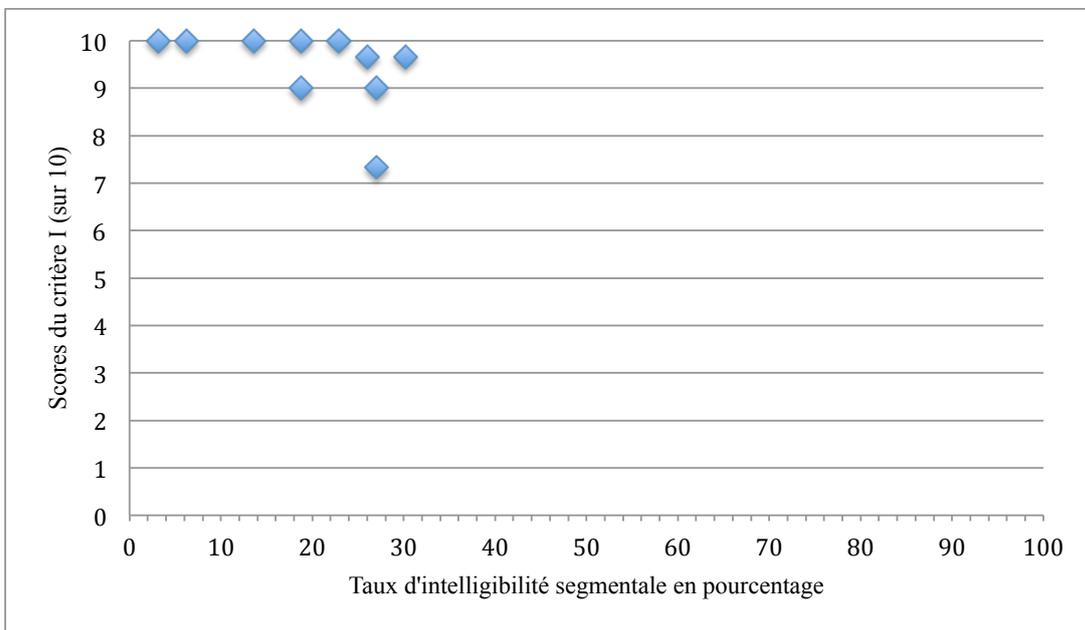


Figure 20- Nuage de points représentant les scores du critère I en fonction des taux d'intelligibilité segmentale

IV. DISCUSSION

IV.1 Confrontation des résultats aux hypothèses

L'objectif de ce travail était d'évaluer l'intelligibilité de la parole pseudo-chuchotée au décours d'une laryngectomie totale. Pour ce faire, nous avons procédé à une comparaison systématique entre ce mode de parole et celui qui en est le plus proche chez le sujet sain : la parole chuchotée. Comme attendu, nos résultats montrent pour toutes les épreuves une différence significative marquée entre les deux modes de parole. Alors que l'intelligibilité de la parole chuchotée peut être considérée comme excellente, tant au niveau global qu'au niveau segmental, l'intelligibilité de la parole pseudo-chuchotée est sévèrement altérée, situant les sujets pathologiques bien au-delà du seuil consensuel de 1,65 écarts-types en dessous de la moyenne des sujets contrôle. À un niveau très général, ceci montre qu'en l'absence de voix, le support de la soufflerie pulmonaire est essentiel pour la reconnaissance des unités de la parole, du moins dans une langue comme le français.

IV.1.1 Intelligibilité globale

S'agissant de l'intelligibilité globale, nos résultats tendent à confirmer l'hypothèse d'une variabilité interindividuelle au sein de la population de sujets laryngectomisés totaux. Comme on a pu le constater en effet, la dispersion des scores est relativement importante au sein de notre échantillon de sujets pathologiques. Ainsi, il semble bien que certains sujets conservent une intelligibilité résiduelle tandis que d'autres sont totalement inintelligibles, comme cela est rapporté dans la littérature (voir notamment Amy de la Bretèque 2009 : 98 [3]).

Il faut signaler toutefois que cette variabilité ne s'objective que dans les épreuves qui reposent sur un comptage des *stimuli* correctement identifiés. En effet, les résultats de l'évaluation perceptive de l'intelligibilité montrent un effet plafond, les sujets obtenant tous un score proche de 10 au critère I, ce qui correspond au degré extrême d'altération. Nous avons proposé de relier cet effet à la nature de la tâche d'évaluation perceptive, qui mesure davantage le degré de gêne pour comprendre le sujet que l'intelligibilité *stricto sensu*. Une explication complémentaire tient au fait que nous avons sollicité pour cette évaluation un jury expert, dont les jugements sont connus pour être plus sévères que ceux d'un jury naïf (voir notamment Sendoulskaia 2008 [72]).

Par ailleurs, nous avons constaté lors de l'étude des résultats du test adapté du TQI un effet plancher à l'épreuve des mots, qui est systématiquement échouée. Nous en déduisons que l'échange d'informations par le seul support du signal pseudo-chuchoté, s'il est possible pour certains sujets, demeure extrêmement limité : un ancrage contextuel est indispensable.

IV.1.2 Intelligibilité segmentale

Considérons à présent l'intelligibilité segmentale. Contrairement à nos hypothèses de départ, les résultats du test d'identification des consonnes montrent que tous les traits phonétiques sont touchés en parole pseudo-chuchotée, y compris le lieu d'articulation, et ce dans les mêmes proportions. En outre, les erreurs de détection des consonnes voisées sont nettement plus fréquentes en parole pseudo-chuchotée qu'en parole chuchotée, où elles restent minoritaires. Nos prédictions s'agissant des distinctions de modes d'articulation sont en revanche vérifiées, les occlusives étant en effet mieux reconnues que les fricatives, elles-mêmes mieux reconnues que les sonantes.

Les résultats concernant le mode d'articulation s'expliquent plausiblement par la nature intra-buccale de la soufflerie utilisée en parole pseudo-chuchotée, qui est peu adaptée pour générer un flux d'air turbulent. Corrélativement, les modulations d'intensité de la parole sont plus faibles qu'en parole chuchotée (Vallancien et coll. 1974 [81]), ce qui pourrait expliquer la fréquence plus élevée des erreurs de détection des consonnes voisées. Les résultats relatifs au lieu d'articulation restent en revanche difficiles à interpréter. Des mesures objectives seraient nécessaires, afin de déterminer s'il existe ou non après laryngectomie totale une modification des gestes articulatoires.

IV.1.3 Facteurs conditionnants

Notre étude met en évidence une corrélation forte entre les taux d'intelligibilité segmentale et les scores d'intelligibilité globale, ce qui conforte *a priori* l'hypothèse d'un effet de la précision articulatoire sur l'intelligibilité globale de la parole : plus l'articulation est précise, meilleure est l'intelligibilité, comme c'est le cas en voix œsophagienne (Azzarelo et coll. 2005 [7]). Ni les bruits surajoutés ni la fluidité mentionnés dans la littérature ne semblent en revanche jouer de rôle si l'on se limite à examiner les coefficients de corrélation. Comme on l'a noté cependant, les scores permettant d'évaluer ces deux facteurs montrent peu de variation comparés à ceux mesurant l'intelligibilité globale. Là aussi, des mesures objectives seraient nécessaires.

IV.2 Limites de l'étude

Les résultats présentés dans ce mémoire sont à interpréter comme des tendances plutôt que des généralisations compte tenu des petits effectifs de nos échantillons. Nous voudrions toutefois souligner les difficultés matérielles que posent les études de phonétique perceptive sur des effectifs plus importants, le nombre de *stimuli* à soumettre au jury d'écoute sollicité et les temps de passation augmentant de façon exponentielle avec le nombre de sujets supplémentaires.

Par ailleurs, notre étude n'échappe pas aux critiques habituelles concernant le caractère peu écologique des évaluations en différé au moyen d'un jury d'écoute. De plus, elle se limite, rappelons-le, à l'intelligibilité définie dans son sens étroit comme « *la précision avec laquelle l'auditeur récupère le signal acoustique produit par le locuteur* » (Woisard et coll. 2013 : 28 [84]). De fait, nos résultats ne fournissent qu'une image partielle de la compréhensibilité de la parole pseudo-chuchotée, qui est sans nul doute plus élevée, du fait notamment du support de la lecture labiale.

Enfin, il serait nécessaire de confronter nos données perceptives à des échelles d'auto-évaluation comme le *Speech Handicap Index* (Degroote et coll. 2012 [25]), ainsi qu'à des analyses acoustiques objectives afin de conforter les tendances que nous avons relevées. Nous pensons en particulier qu'une analyse acoustique devrait permettre d'étudier plus précisément des facteurs comme les bruits surajoutés, la fluidité, ou encore le voisement ponctuel qui n'a pu être examiné au moyen du critère initialement prévu à cet effet dans le test d'évaluation perceptive.

IV.3 Conséquences sur la prise en charge orthophonique

Comme le rappellent Le Huche & Allali (2010b) [56], la parole pseudo-chuchotée a longtemps été interdite dans les services hospitaliers au motif qu'elle entraverait l'acquisition de la voix œsophagienne, ce qui explique vraisemblablement pourquoi elle a été aussi peu étudiée. Or comme le notent les mêmes auteurs, rien ne permet en l'état actuel des connaissances d'établir une relation de cause à effet entre l'utilisation de ce mode de parole et les échecs en voix œsophagienne à partir du moment où l'articulation est réalisée sans forçage. Au demeurant, il nous semble que toutes les voies doivent être explorées pour éviter l'isolement dans lequel se trouvent plongés les patients à l'issue d'une laryngectomie totale, le chuchotement avec ou sous grenouillage étant dans tous les cas préférable au silence.

Les résultats de notre étude appellent deux types de remarques concernant la prise en charge orthophonique. En premier lieu, il convient de souligner l'importance de l'ancrage contextuel pour le traitement global de la parole pseudo-chuchotée, ce qui pourrait faire l'objet d'un livret d'informations à l'intention des patients, de leur entourage et du personnel soignant qui expose les possibilités et limites de ce mode de parole. Ainsi l'échange d'informations est exclusivement envisageable en listes fermées ou semi-ouvertes et/ou sur thème de discours connu, du moins à l'issue immédiate de l'intervention.

S'agissant par ailleurs plus spécifiquement de l'intelligibilité segmentale, nos résultats mettent en évidence une altération différenciée des consonnes, les occlusives sourdes antérieures étant celles qui sont les mieux définies. Un travail articulaire ciblé pourrait donc être envisagé, qui met l'accent sur les consonnes les moins stables au moyen de tâches variées comme des exercices d'enchaînements articulaires en lecture ou répétition favorisant les distinctions de mode et de lieu, ou encore des exercices d'allongement compensatoire pour renforcer la distinction entre consonnes sourdes (plus longues) et consonnes voisées (plus brèves).

CONCLUSION

Habituellement considérée comme une première étape dans la réhabilitation de la communication avant l'acquisition d'une voix de substitution oro-œsophagienne, trachéo-œsophagienne et/ou électro-prothétique, la parole pseudo-chuchotée a été peu étudiée après laryngectomie totale.

Que reste-t-il d'identifiable dans la parole en l'absence de voix et de support aérien pulmonaire ? Notre étude, limitée au versant perceptif, met en évidence une altération sévère de l'intelligibilité, tant au niveau global qu'au niveau segmental dans les premiers mois qui suivent l'intervention, ce qui est relativement attendu.

Pour autant, l'échange d'informations reste possible pour certains sujets dans les situations qui favorisent maximalement les suppléances mentales chez l'auditeur, ce qui justifie, nous semble-t-il, de travailler ce mode de communication dans le cadre de la prise en charge orthophonique en amont et/ou en parallèle de l'éducation à l'acquisition d'une voix de substitution.

Nous avons également pu observer que l'atteinte au niveau segmental n'était pas uniforme, certaines consonnes (les occlusives, les labiales et les sourdes) étant mieux définies que d'autres. Nos résultats fournissent ainsi quelques repères sur les phonèmes à travailler en priorité sur le plan articulaire.

Notre étude n'a pas permis en revanche de mettre en évidence d'effet clair des bruits surajoutés et de la fluidité sur l'intelligibilité globale, seule la précision articulaire semblant jouer un rôle. Nous pensons que ce résultat tient davantage aux outils utilisés pour mesurer ces facteurs qu'à une absence réelle de corrélation. Un prolongement naturel de cette étude consisterait ainsi à évaluer ces paramètres sur une base acoustique objective.

Enfin, nos résultats confirment incidemment l'excellente intelligibilité de la parole chuchotée utilisée comme étalon, dont les propriétés restent encore peu connues dans une langue comme le français.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] <http://www.atih.sante.fr/> [consulté le 09/02/2015]
- [2] Allali, A. (2011). Troubles de la déglutition après laryngectomie totale. *Rééducation orthophonique*, 245, 147-157.
- [3] Amy de la Bretèque, B. (2010). Réhabilitation vocale après laryngectomie totale. In Giovanni, A. & Robert, D. (eds), *Prise en charge orthophonique en cancérologie ORL*. Marseille : Solal, 97-108.
- [4] Auzou, P. (2007). L'intelligibilité. In Auzou, P., Rolland-Monnoury, V., Pinto, S., Özsancak, C. (eds), *Les dysarthries*. Marseille : Solal, 91-95.
- [5] Auzou, P., Gaillard, M. J., Özsancak, C., Léonardon, S., Jan, M., & Hannequin, D. (1998). *Évaluation clinique de la dysarthrie*. Isbergues : Ortho-édition.
- [6] Auzou, P. & Rolland-Monnoury, V. (2006). *Batterie d'évaluation clinique de la dysarthrie*. Isbergues : Ortho-édition.
- [7] Azzarelo, M., Amy de la Bretèque, B., Garrel, R. & Giovanni, A. (2005). Intérêt d'un bilan articulatoire pour l'estimation de l'intelligibilité de la voix œsophagienne. *Rev Laryngol Otol Rhinol*, 126(5), 327-334.
- [8] Babin, E. (2006). *La « découration » ou la qualité de vie après laryngectomie totale*. Thèse de doctorat de sociologie. Université de Caen.
- [9] Ball, M. J. & Müller, N. (2007). Non-pulmonic egressive speech in clinical data : a brief review. *Clin Linguist Phon*, 21(11-12), 869-874.
- [10] Blom, E. D., Singer, M. I. & Hamaker, R. C. (1986). A prospective study of tracheoesophageal speech. *Arch Otolaryngol*, 112, 440-447.
- [11] Boersma, P. & Weenink, D. (2013). Praat : doing phonetics by computer, version 5.4.04, <http://www.praat.org/> [consulté le 01/09/2014].
- [12] Boisteux, K. & Robart, E. (2009). *Élaboration d'un test d'évaluation de l'intelligibilité de la parole : étude de faisabilité*. Mémoire pour l'obtention du certificat de capacité d'orthophoniste. Université Toulouse III - Paul Sabatier.
- [13] Bonfils, P. & Chevallier, J-M. (2011). *Anatomie : tome 3, ORL, 3ème édition*. Paris : Lavoisier.
- [14] Calliope. (1989). *La parole et son traitement automatique*. Paris : Elsevier-Masson.
- [15] Catford, J. C. (1968). The articulatory possibilities of man. In B. Malmberg (ed), *Manual of Phonetics*. Amsterdam : North-Holland Publishing Company, 45-75.

- [16] Catford, J. C. (1977). *Fundamental problems in phonetics*. Bloomington : Indiana University Press.
- [17] Chen, A. Y. & Halpern, M. (2007). Factors predictive of survival in advanced laryngeal cancer. *Arch Otolaryngol*, 133(12), 1270-1276.
- [18] Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20 (1), 37–46.
- [19] Collectif d'experts. (2013). *Les cancers en France en 2013*. Collection « État des lieux et des connaissances - Épidémiologie ». Boulogne-Billancourt.
- [20] Collectif d'experts - Haute Autorité de la Santé. (2009). *Guide affection longue durée : cancer des voies aéro-digestives supérieures*. <http://www.has.fr> [consulté le 13/02/2015].
- [21] Collectif d'experts - International Phonetic Association. (1999). *Handbook of the International Phonetic Association : a guide to the use of the International Phonetic Alphabet*. Cambridge : Cambridge University Press.
- [22] Crevier-Buchman, L. (1999). *La voix et la parole sans cordes vocales après laryngectomie partielle supra-cricoidienne*. Thèse de doctorat de phonétique. Université Paris III-Sorbonne Nouvelle.
- [23] Crevier-Buchman, L., Brihaye, S. & Tessier, C. (2003). *La voix après chirurgie partielle du larynx*. Marseille : Solal.
- [24] Crevier-Buchman, L., Vaissière, J., Maeda, S., & Brasnu D. (2002). Étude de l'intelligibilité des consonnes du français après laryngectomie partielle supracricoidienne. *Rev Laryngol Otol Rhinol*, 123(5), 307-310.
- [25] Degroote, G., Simon, J., Borel, S. & Crevier-Buchman, L. (2012). The French version of Speech Handicap Index : validation and comparison with the Voice Handicap Index. *Folia Phoniatr*, 64(1), 20-25.
- [26] Delahaye, R. & Tessier, C. (2007). Qualité de vie après laryngectomie totale. Intérêt et limites en rééducation orthophonique. *Rev Laryngol Otol Rhinol*, 128(5), 321-324.
- [27] Dittner, J. & Kergadallan, M. (2009). *Étude de validation d'un test d'intelligibilité de la parole*. Mémoire pour l'obtention du certificat de capacité d'orthophoniste. Université Toulouse III - Paul Sabatier.
- [28] Dittner, J., Lepage, B., Woisard, V., Kergadallan, M., Boisteux, K., Robart, E. & Welby-Gieusse, M. (2010). Élaboration et validation d'un test quantitatif d'intelligibilité pour les troubles pathologiques de la production de la parole. *Rev Laryngol Otol Rhinol*, 131(1), 9-14.

- [29] Doyle, P. C., Danhauer, J. L., & Reed, C. G. (1988). Listeners' perceptions of consonants produced by esophageal and tracheoesophageal talkers. *J Speech Hear Disord*, 53(4), 400-407.
- [30] Doyle, P. C. & Eadie, T. L. (2005). The perceptual nature of alaryngeal voice and speech. In Doyle, P. C. & Keith, R. L. (eds), *Contemporary considerations in the treatment and rehabilitation of head and neck cancer : voice, speech and swallowing*. Austin : Pro-Ed, 113-140.
- [31] Doyle, P. C. & Haaf, R.G. (1989). Perception of pre-vocalic and post-vocalic consonants produced by tracheoesophageal speakers. *J Otolaryngol*, 18(7), 350-353.
- [32] Dubuffet, V. & Tisne, S. (2000). *Test Lillois de Dysarthrie (T.L.D. version 2000)*. Mémoire pour l'obtention du certificat de capacité d'orthophoniste. Université Lille II.
- [33] Enderby, P. (1983). *Frenchay Dysarthria Assessment*. San Diego : College Hill Press.
- [34] Fallissard, B. (2008). *Mesurer la subjectivité en santé : perspectives méthodologiques et statistiques*. Paris : Masson.
- [35] Fleiss, J. L. (1971). Measuring nominal scale agreement among many raters. *Psychol Bull*, 76(5), 378-382.
- [36] Florescu, V., Crevier-Buchman, L. Denby, B., Hueber, T., Colazo-Simon, A., Pillot-Loiseau, C., Roussel-Ragot, P., Gendrot, C. & Quattrochi, S. (2010). Silent vs. vocalized articulation for a portable ultrasound-based silent speech interface. Proceedings of the 11th Annual Conference of the International Speech Communication Association - Interspeech. Makuhari Chiba, 450-453.
- [37] Fontan, L. (2012). *De la mesure de l'intelligibilité à l'évaluation de la compréhension de la parole pathologique en situation de communication*. Thèse de doctorat de sciences du langage. Université Toulouse II - Le Mirail.
- [38] Fouchard, B. & Ravaud C.-M. (2014). *Analyse comparative de la prosodie entre lecture et parole spontanée chez 28 patients dysarthriques*. Mémoire pour l'obtention du certificat de capacité d'orthophoniste. Université Paris VI - Pierre et Marie Curie.
- [39] Guerder, C. (2010). La radiothérapie externe dans les cancers des voies aéro-digestives supérieures. In Giovanni & A. Robert, D. (eds), *Prise en charge orthophonique en cancérologie ORL*. Marseille : Solal, 203-215.
- [40] Heuillet-Martin, G. & Conrad, L. (1997). *Du silence à la voix*. Marseille : Solal.
- [41] Hirano, M. (1981). *Clinical Examination of Voice*. New York : Springer Verlag.

- [42] Hirose, H. (1996). Voicing distinction in esophageal speech. *Acta Otolaryngol*, 524, 56-63.
- [43] Hueber, T., Benaroya, E. -L., Chollet, G., Denby, B., Dreyfus, G. & Stone, M. (2010). Development of a silent speech interface driven by ultrasound and optical images of the tongue and lips. *Speech Commun*, 52, 288–300.
- [44] Hustad, K.C. (2008). The relationship between listener comprehension and intelligibility scores for speakers with dysarthria. *J Speech Lang Hear R*, 51(3), 562-573.
- [45] Ito, T., Takeda, K., & Itakura, F. (2005). Analysis and recognition of whispered speech. *Speech commun*, 45, 139-152.
- [46] Jovičić, S. T. & Šarić, Z. (2008). Acoustic analysis of consonants in whispered speech. *J Voice*, 22(3), 263-74.
- [47] Kallen, L. A. (1934). Vicarious vocal mechanisms : anatomy, physiology, and development of speech in laryngectomized persons. *Arch Otolaryngol*, 20, 460-503.
- [48] Keintz, C. K., Bunton, K. & Hoit, J. D. (2007). Influence of visual information on the intelligibility of dysarthric speech. *Am J Speech-Lang Pat*, 16(3), 222–234.
- [49] Kent, R., Weismer, G., Kent, J.-F. & Rosenberg, J. C. (1989). Toward phonetic intelligibility testing in dysarthria. *J Speech Hear Disord*, 54, 482-499.
- [50] Ladefoged, P. & Maddieson, I. (1996). *The sounds of the world's languages*. Oxford : Blackwell.
- [51] Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159–174.
- [52] Laroche, C. Vaillancourt, V., Melanson, C. Renault M.-E., Thiéroult, C., Soli, S. D. & Giguère, C. (2006). Adaptation du HINT (*Hearing In Noise Test*) pour les enfants. *Revue d'orthophonie et d'audiologie*, 30, 95-109.
- [53] Laver, J. (1994). *Principles of phonetics*. Cambridge : Cambridge University Press.
- [54] Le Huche, F. & Allali, A. (2008). *La voix sans larynx*. Marseille : Solal.
- [55] Le Huche, F. & Allali, A. (2010a). *La voix, tome 1 : anatomie et physiologie des organes de la voix et de la parole, 4ème édition*. Paris : Elsevier-Masson.
- [56] Le Huche, F. & Allali, A. (2010b). *La voix, tome 3 : pathologies vocales d'origine organique, 3ème édition*. Paris : Elsevier-Masson.
- [57] Lhoussaine, L. (2012). *Première validation de la Grille Perceptive d'Évaluation des Dysarthries*. Mémoire pour l'obtention du certificat de capacité d'orthophoniste. Université Paris VI - Pierre et Marie Curie.

- [58] Maclure, M. & Willet, W. C. (1987). Misinterpretation and misuse of the kappa statistic. *Am J Epidemiol*, 126(2), 161-169.
- [59] Meunier, C. (2007). Phonétique acoustique. In Auzou, P., Rolland-Monnoury, V., Pinto, S. & Özsancak, C. (eds), *Les dysarthries*. Marseille : Solal, 164-173.
- [60] Meynadier, Y. & Gaydina, Y. (2013). Aerodynamic and durational cues of phonological voicing in whisper. Proceedings of 14th Annual Conference of the International Speech Communication Association Interspeech, 335-339.
- [61] Miralles, J. L. & Cervera, T. (1995). Voice intelligibility in patients who have undergone laryngectomies. *J Speech Hear R*, 38, 564- 571.
- [62] Moerman, M. B. J., Martens, J.-P., Van der Borgt, M. J., Peleman, M., Gillis, M. & Dejonckere, P. H. (2006a). Perceptual evaluation of substitution voices : development and evaluation of the (I)INFV0 rating scale. *Eur Arch Otolaryngol*, 263, 183-187.
- [63] Moerman, M. B. J., Martens, J.P., Crevier-Buchman, L., de Haan, E., Grand, S., Tessier, C., Woisard, V. & Dejonckere, P. (2006b). The INFVo perceptual rating scale for substitution voicing : development and reliability. *Eur Arch Otolaryngol*, 263, 435-439.
- [64] Most, T., Tobin, Y., Mimran, R. C. (2000). Acoustic and perceptual characteristics of esophageal and tracheoesophageal speech production, *J Commun Disord*, 33(2), 165-181.
- [65] Mouawad, F. (2012). *Place de la laryngectomie totale et de la pharyngo-laryngectomie totale dans l'arsenal thérapeutique des tumeurs avancées du pharyngo-larynx à l'ère de la préservation laryngée : étude rétrospective à propos de 180 patients*. Thèse pour le diplôme d'État de docteur en médecine. Université du droit et de la santé - Lille 2.
- [66] Olthoff, A., Mrugalla, S., Laskawi, R., Frohlich, M., Stuermer, I., Kruse, E. & Ambrosch, P. (2003). Assessment of irregular voices after total and laser surgical partial laryngectomy. *Arch Otolaryngol*, 129, 994-999.
- [67] Rambaud-Pistone, E. & Robert, D. (2010). Conséquences fonctionnelles de la radiothérapie en cancérologie ORL. In Giovanni, A. & Robert, D. (eds), *Prise en charge orthophonique en cancérologie ORL*. Marseille : Solal, 215-231.
- [68] Rey, E. & Chevalier, D. (2002). Conséquences respiratoires de la laryngectomie totale : prévention, dépistage et traitement des trachéites croûteuses après trachéostomie, *Rev Laryngol Otol Rhinol*, 123(2), 134-135.

- [69] Rossi, M. (2007). *Audio*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.
- [70] Rousseaux, M, Dubuffet V, Tisne, S, Hengelle, C. & Lefeuvre, M. (2001). Evaluation de l'intelligibilité : présentation du Test Lillois de Dysarthrie (TLD). In Auzou, P., Özsancak C., Brun V., *Les dysarthries*. Paris : Masson, 61-71.
- [71] Schiavetti, N. (1992). Scaling procedures for the measurement of speech intelligibility. In Kent, R. D., *Intelligibility in speech disorders : theory, measurement and management*. Philadelphie : John Benjamins, 11-34.
- [72] Sendoulskaia, E. (2008). *Étude de l'intelligibilité de la parole dans le cadre des voix de substitution après chirurgie partielle du larynx*. Mémoire pour l'obtention du certificat de capacité d'orthophoniste. Université Paris VI - Pierre et Marie Curie.
- [73] Sharifzadeh H. R., McLoughlin, I. V. & Ahmadi, F. (2009). Voiced speech from whispers for post-laryngectomised patients. *IAENG International Journal of Computer Science*, 36(4).
- [74] Sharifzadeh H. R., McLoughlin, I. V. & Ahmadi, F. (2010). Reconstruction of normal sounding speech for laryngectomy patients through a modified CELP Codec. *Biomedical Engineering*, 57(10), 2448-2458.
- [75] Sharifzadeh H. R., McLoughlin, I. V. & Russell, M. J. (2012). A comprehensive vowel space for whispered speech. *J Voice*, 26(2), 49-56.
- [76] Shrout, P. E. & Fleiss, J. L. (1979). Intraclass correlations : uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull.*, 86, 420-428.
- [77] Sobin, L. H., Gospodarowicz, M. K. & Wittekind, C. (eds). (2010). *International Union Against Cancer : TNM classification of malignant tumours, 7th edition 2009*. Oxford : Wiley-Blackwell Publishing.
- [78] Tartter, V. C. (1989). What's in a whisper. *J Acoust Soc Am*, 86(5), 1678-1683.
- [79] Turner, F. (2010). Les laryngectomies totales : techniques chirurgicales. In Giovanni & A., Robert, D. (eds), *Prise en charge orthophonique en cancérologie ORL*. Marseille : Solal, 91-97.
- [80] Vaissière, J. (2006). *La phonétique*. Paris : PUF.
- [81] Vallancien, B., Gsell, R. & Garzano, M. (1974). Étude comparative de la parole chuchotée chez un sujet normal et chez un laryngectomisé. *Folia Phoniatr*, 26, 155-165.
- [82] Vercherand, G. (2010). *Production et perception de la parole chuchotée en français: analyse segmentale et prosodique*. Thèse de doctorat de phonétique. Université Paris 7 - Denis Diderot.

- [83] Woisard, V. (2011). *Impact de l'intelligibilité dans les troubles de la production de la parole pathologique*. Thèse de doctorat de sciences du langage. Université Toulouse II - Le Mirail.
- [84] Woisard, V., Espesser, R., Ghio, A. & Duez, D. (2013). De l'intelligibilité à la compréhension de la parole : quelles mesures pratiques en cliniques ? *Rev Laryngol Otol Rhinol*, 134(1), 27-33.
- [85] Yorkson, K. M., Strand, E. A., Kennedy, M. R. T. 1996. Comprehensibility of dysarthric speech : implications for assessment and treatment planning. *Am J Speech-Lang Pat*, 5, 55-66.