

Effort produit et ressenti selon le voisement en français

Camille Robieux, Thierry Legou, Yohann Meynadier, Christine Meunier
Aix Marseille Université, CNRS, Laboratoire Parole et Langage UMR 7309, 13100, Aix-
en-Provence, France
camille.robieux@lpl-aix.fr

RÉSUMÉ

Les muscles laryngés et articulatoires sont impliqués dans la réalisation des traits qui distinguent les phonèmes. Cette étude porte sur l'auto-perception par les locuteurs et la répartition de l'effort vocal et articulatoire en fonction du trait de voisement en parole modale comparée à la parole chuchotée en français. Pour les 12 obstruantes du français, l'effort est ressenti plus important pour les voisées que les non voisées correspondantes, excepté dans le cas des fricatives labiodentales. Les analyses de la production des occlusives bilabiales montrent que l'effort laryngé est supérieur pour les consonnes voisées et l'effort articulatoire supérieur pour les non voisées, mais l'inverse pour les fricatives. Ces résultats indiquent que l'effort ressenti lors de sa propre production repose sur une perception prédominante de l'effort laryngé sur l'effort articulatoire en voix modale comme en voix chuchotée ; mais qu'il est cependant modulé selon le lieu et le mode d'articulation des consonnes.

ABSTRACT

Produced and perceived effort according to the voicing in French

Laryngeal and articulatory muscles are involved in the realization of the features that distinguish phonemes. This study focuses on self-perception by the speakers and repartition of vocal and articulatory effort according to the voicing in modal speech compared to whispered speech. For the 12 French obstruents, the perceived effort is greater for the voiced consonants than for the corresponding voiceless ones, except for the labiodental fricatives. The analysis of bilabial stops production show that laryngeal effort is greater for the voiced consonants and the articulatory effort greater for the voiceless ones, and reversely for the fricatives. These results indicate that perceived effort in his/her own production is based on a predominant perception of laryngeal effort over articulatory effort in modal speech as in whispered speech, but that it's modulated by the manner and the place of articulation.

MOTS-CLES : effort laryngé, effort articulatoire, obstruantes, voisement, parole modale, chuchotement

KEYWORDS: laryngeal effort, articulatory effort, obstruents, voicing, modal speech, whisper

1 Introduction

Cette étude porte sur l'effort produit et ressenti lors de la réalisation des consonnes obstruantes en français. L'effet du voisement et la répartition entre effort laryngé et effort articulatoire sont l'objet de cette recherche. La production des phonèmes requiert la tension ou la contraction de différents muscles : posturaux, respiratoires, mais aussi laryngés et articulatoires (Giovanni et al., 2014). Les muscles laryngés et articulatoires sont impliqués dans la réalisation des traits qui distinguent les

phonèmes entre eux. De ce fait, chaque phonème est produit avec une tension ou une contraction différente de mêmes muscles et donc avec un effort différent.

Les muscles laryngés sont impliqués dans la réalisation du trait de voisement. Dans cette étude, afin de comparer des phonèmes voisés et non voisés, nous avons choisi de nous concentrer sur les obstruantes du français /p, b, t, d, k, g, f, v, s, z, ʃ, ʒ/ pour lesquelles les muscles articulatoires sont impliqués dans la réalisation de deux autres traits : le mode et le lieu articulatoire.

Les obstruantes sont produites avec un effort musculaire laryngé plus ou moins important : les plis vocaux sont rapprochés pendant la production des consonnes, qu'elles soient voisées ou non voisées, mais l'effort laryngé, aussi appelé « effort vocal », est supposé plus important pour les consonnes voisées (Collier et al., 1979). En effet, pendant la réalisation de ces consonnes, la résistance laryngée au passage de l'air créée par l'adduction des plis vocaux doit être suffisamment importante pour permettre l'initiation et le maintien de la vibration des plis vocaux réalisant le voisement (Alipour et al., 1997 ; Alipour, Jaiswal, 2009 ; Rosenthal et al., 2014). Même en l'absence totale de vibration des plis vocaux, comme dans la parole chuchotée, l'adduction de ces plis vocaux reste effective (Sundberg, 2010 ; Crevier-Buchman, 2012). Même si la différence d'adduction entre les consonnes voisées et non voisées est réduite par rapport à la parole modale (Murry, 1976), elle semble rester distinctive en français (Meynadier, 2015).

Ces consonnes sont également produites avec un effort musculaire articulatoire plus ou moins important. Les articulateurs sont rapprochés pendant la production des obstruantes, qu'elles soient voisées ou non voisées, mais l'effort articulatoire est supposé plus important pour les consonnes non voisées (Marshall, 1983). En effet, pendant la réalisation de ces consonnes, la résistance articulatoire au passage de l'air doit être suffisamment importante pour créer un bruit de friction ou d'explosion. Cependant, la pression d'air appliquée derrière les articulateurs est plus forte pour les consonnes non voisées, pour lesquelles la résistance laryngée au passage de l'air pulmonaire est plus faible que pour les consonnes voisées (Netsell, 1969 ; Klitch, 1982). L'effort articulatoire peut également varier en fonction du mode et du lieu articulatoire (Malécot, 1966).

Cette étude porte principalement sur la répartition de l'effort de production des obstruantes en fonction du voisement. Dans l'hypothèse où l'effort laryngé primerait sur l'effort articulatoire, les obstruantes voisées seraient perçues comme nécessitant un effort de production plus important que les non voisées correspondantes. Au contraire, dans l'hypothèse où l'effort articulatoire primerait sur l'effort laryngé, les obstruantes non voisées seraient perçues comme nécessitant un effort de production plus important que les voisées correspondantes. Ces mêmes hypothèses seront également testées en parole non modale chuchotée, à savoir dans une parole nécessitant un moindre effort en production et une absence de vibration des plis vocaux, mais où le contraste de voisement semble pouvoir être maintenu en production, en français (Meynadier, 2015).

2 Expérimentation

2.1 Sujets

Les expérimentations ont porté sur trois groupes de sujets naïfs ne présentant ni trouble de la voix ni trouble de la parole, au total 114 sujets répartis en trois groupes. Chaque groupe comptait autant de sujets féminins que de sujets masculins. Le groupe *a* comptait 96 sujets âgés de 15 à 55 ans. Le groupe *b* comptait 24 sujets âgés de 41 à 55 ans, dont la moitié était issue du groupe *a*. Le groupe *c* comptait 12 sujets âgés de 23 à 32 ans, dont la moitié était également issue du groupe *a*.

2.2 Matériel

Cette étude porte principalement sur les consonnes labiales : occlusives bilabiales /p, b/ et fricatives labiodentales /f, v/, comparées en fonction du trait de voisement (voisée/ non voisée), du mode articulaire (occlusive/ fricative) et du type de parole (modale/ non modale chuchotée). Sont également étudiées les occlusives apico-alvéolaires /t, d/ et dorso-vélaires /k, g/ ainsi que les fricatives apico-alvéolaires /s, z/ et post-alvéolaires /ʃ, ʒ/, mais uniquement en auto-perception ; les données aérodynamiques et physiologiques n'ayant pu être recueillies pour ces consonnes. Les consonnes, toujours associées à la voyelle /a/, ont été produites, selon les expériences, dans des syllabes CV, VC et VCV ou des trains de syllabes CV.

2.3 Méthode

Les deux premières expériences consistaient à produire des paires de syllabes CV, VC ou VCV en opposition de voisement (par ex., ap – ab, ava – afa). Elles ne faisaient pas l'objet d'enregistrements acoustiques. Après la production de chaque paire à voix haute, le sujet devait indiquer la syllabe la plus facile ou la plus difficile à produire, selon la consigne donnée, en fonction de ses propres sensations. Les paires étudiées ont été présentées dans les deux ordres inverses, par ex. ap – ab et ab – ap. Les 96 sujets du groupe *a* ont produit les 12 paires avec /p, b, f, v/ et les 24 paires avec /t, d, k, g, s, z, ʃ, ʒ/ en voix modale parmi 300 distracteurs. Les 24 sujets du groupe *b* ont produit les 12 paires labiales et les 24 paires alvéolaires, post-alvéolaires et vélaires en parole chuchotée parmi 180 distracteurs. Le laps de temps moyen écoulé entre les deux expériences était de 288 jours.

La troisième expérience ne portait que sur les consonnes /p, b, f, v/. Ici, des enregistrements ont été effectués. Les 12 sujets du groupe *c* devaient produire des trains de huit syllabes CV (par ex., pabafavapabafava). Seules les quatre syllabes centrales ont été analysées. Leur ordre a été randomisé par des carrés latins. Vingt-quatre trains de syllabes ont été produits par chaque sujet en parole modale puis, après sept autres types de production qui faisaient l'objet d'une expérience différente, en parole chuchotée. Pour les sujets ayant précédemment participé à une expérimentation d'auto-perception, le laps de temps moyen écoulé entre les deux expérimentations était de 368 jours.

Les données acoustiques, aérodynamiques et physiologiques ont été acquises avec EVA2. Les sujets étaient équipés d'un microphone fixé à une distance constante de la bouche. Ils étaient également équipés d'un tube inséré par la commissure des lèvres et maintenu entre les dents dont l'extrémité était placée au milieu de la cavité buccale, perpendiculairement au flux d'air, afin de mesurer la pression intra-orale ainsi que d'un masque placé à l'extrémité du conduit vocal afin de mesurer le débit d'air buccal. Les sujets portaient un pince-nez afin d'éviter toute déperdition d'air nasale. Ils étaient aussi équipés d'un capteur de pression de contact inséré dans une gaine fixée sur la gencive, en dessous les incisives inférieures, et sur le menton et placé au niveau de la lèvre inférieure afin d'enregistrer la pression des articulateurs, c'est-à-dire de la lèvre supérieure pour les occlusives bilabiales et des incisives supérieures pour les fricatives labiodentales.

Les mesures de la valeur de pression intra-orale maximale (PIO, en hPa) atteinte pendant la production de chaque consonne ainsi que le débit d'air buccal correspondant (DAB, en L/s) ont été faites sous le logiciel Phonedit (<http://www.lpl-aix.fr/~lpldev/phonedit>). Pour les occlusives, le pic de PIO survient le plus souvent au relâchement de la consonne et correspond donc à un DAB positif. A partir de ces valeurs, la résistance articulaire au passage de l'air au niveau des lèvres (RA, en hPa/L/s) a été calculée en divisant la PIO par le DAB. Pour chaque consonne, les valeurs minimales et maximales de pression de contact ont été relevées afin de calculer l'empan maximal de pression mécanique aux lèvres lors de la consonne (en unité arbitraire). Enfin, dans chaque train de syllabes,

nous avons supposé la pression sous-glottique constante (Löqvist, 1975) et nous avons calculé la différence de résistance laryngée entre l'obstruante voisée et la non voisée correspondante (ΔRL , en hPa/L/s), en divisant la différence de PIO entre les deux consonnes par la différence de DAB. Les tests statistiques (ANOVA, test de Fisher) ont été réalisés sous Statview. Nous présentons la valeur de Fisher (F), le seuil de significativité (p) fixé à 5%, ainsi que la taille de l'effet (R^2).

3 Résultats

3.1 Auto-perception de l'effort de production

Les résultats des expériences d'auto-perception sont représentés sur la Figure 1. En parole modale, les résultats sont contraires pour les occlusives et les fricatives ($F(1,1150) = 60,9$; $p < 0,0001$; $R = 5,0\%$). Pour les consonnes occlusives, les sujets ont perçu leur effort de production supérieur pour la voisée /b/ par rapport à la non voisée /p/ ($F(1,575) = 49$; $p < 0,0001$; $R = 7,9\%$) alors que, pour les fricatives, ils ont ressenti un effort de production plus important pour la non voisée /f/ que pour la voisée /v/ ($F(1,575) = 16$; $p < 0,0001$; $R = 2,8\%$).

En parole chuchotée, les résultats sont également contraires pour les occlusives et les fricatives ($F(1,286) = 5,1$; $p = 0,025$; $R = 1,7\%$). Pour les occlusives, l'effort de production ressenti pour /b/ chuchoté est réduit par rapport à /b/ modal ($F(1,718) = 6,3$; $p = 0,013$; $R = 0,8\%$). Il n'y a plus de différence significative entre la voisée /b/ et la non voisée /p/ ($F(1,143) = 0,4$; $p = 0,51$). Pour les consonnes fricatives, l'effort de production perçu n'est pas modifié par rapport à la parole modale ($F(1,718) = 0,2$; $p = 0,65$) mais, comme en parole modale, les sujets ont ressenti un effort supérieur pour la non voisée /f/ que pour la voisée /v/ ($F(1,143) = 6,5$; $p = 0,012$; $R = 4,3\%$).

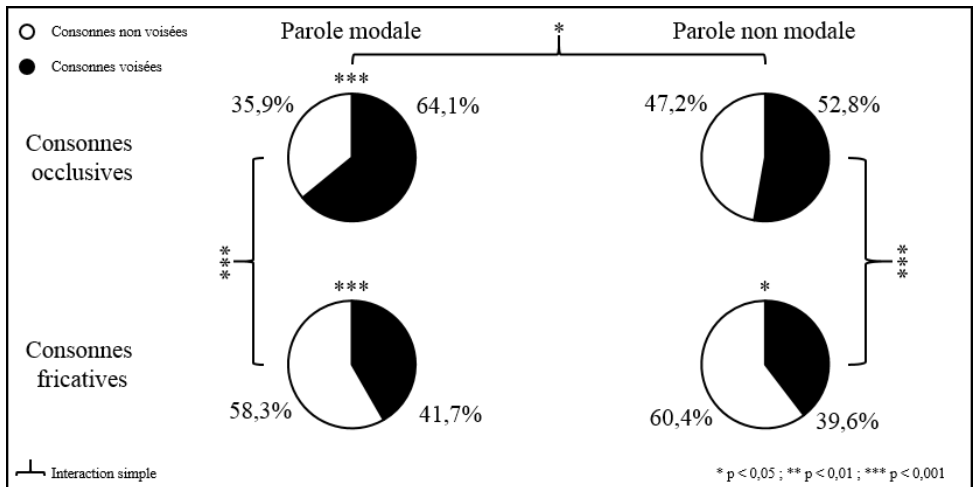


FIGURE 1 : Auto-perception de l'effort de production (%) pour les consonnes /p, b, f, v/

Les résultats de ces deux expériences pour les obstruantes alvéolaires, post-alvéolaires et vélaires sont présentés dans la Table 1. L'effort de production perçu pour les voisées /d, g, z, ʒ/ est supérieur à celui des non voisées correspondantes /t, k, s, ʃ/, en parole modale et en parole chuchotée. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus pour les consonnes occlusives bilabiales en parole modale mais aussi en parole chuchotée, même si la différence entre voisée et non voisée n'était pas

statistiquement significative pour cette dernière. Seules les fricatives labiodentales présentent un schéma différent, peut-être du fait de la réduction de la sensibilité au niveau des dents.

Nous notons que l'effet du voisement est plus important en parole chuchotée qu'en parole modale pour les fricatives alvéolaires ($F(1,718) = 21,9$; $p < 0,0001$; $R = 2,7$ %) et post-alvéolaires ($F(1,718) = 7,6$; $p = 0,006$; $R = 0,9$ %) alors qu'il n'y a pas d'interaction significative pour les occlusives alvéolaires ($F(1,718) = 0,1$; $p = 0,7$) ou vélaire ($F(1,718) = 2,4$; $p = 0,13$).

Consonnes		Parole modale	Parole non modale
Occlusives	Apico-alvéolaires	t = 39,9% < d = 60,1% ***	t = 38,2% < d = 61,8% **
	Dorso-vélaire	k = 29,5% < g = 70,5% ***	k = 36,1% < g = 63,9% ***
Fricatives	Apico-alvéolaires	s = 41,7% < z = 58,3% ***	s = 20,8% < z = 79,2% ***
	Post-alvéolaires	ʃ = 36,5% < ʒ = 63,5% ***	ʃ = 24,3% < ʒ = 75,7% ***

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

TABLE 1 : Auto-perception de l'effort de production (%) pour les consonnes /t, d, k, g, s, z, ʃ, ʒ/

3.2 Résistance articulaire et pression de contact

Les résultats concernant les données aérodynamiques articulatoires sont représentées sur la Figure 2. Elles ne concernent que la production des obstruantes labiales. L'effort articulaire de production, mesuré par la résistance articulaire, est plus important pour les non voisées que pour les voisées en parole modale ($F(1,494) = 59,0$; $p < 0,0001$; $R = 10,7\%$) et en parole non modale chuchotée ($F(1,525) = 29,1$; $p < 0,0001$; $R = 5,2\%$) pour les occlusives, et seulement en parole chuchotée ($F(1,565) = 11,2$; $p = 0,0009$; $R = 1,9\%$) pour les fricatives. Les fricatives en parole modale ne montrent pas de différence de résistance articulaire selon leur voisement ($F(1,559) = 3,0$; $p = 0,083$) bien qu'elle semble plus importante pour les voisées que pour les non voisées.

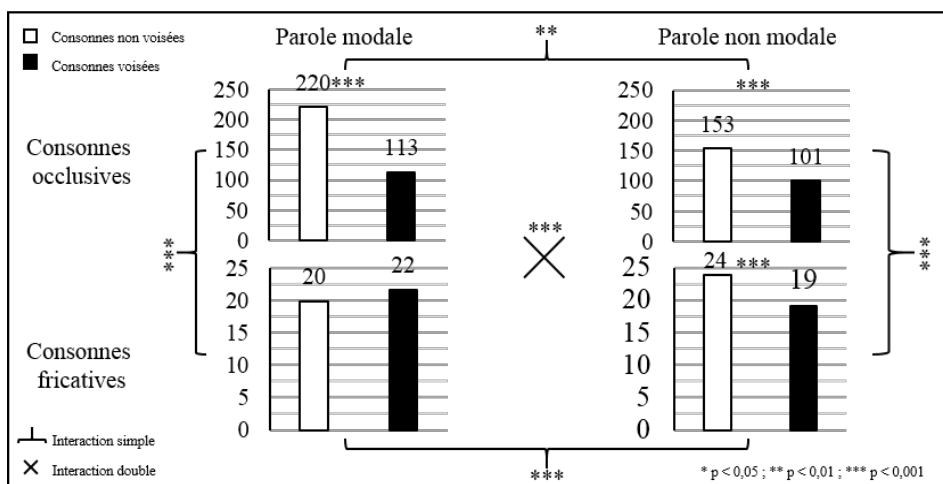


FIGURE 2 : Résistance articulaire (hPa/L/s) pour les consonnes /p, b, f, v/

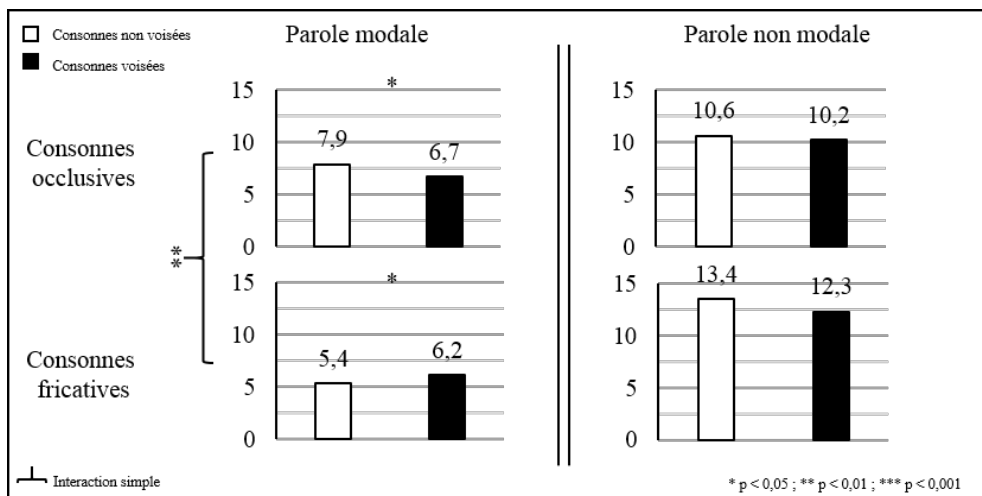


FIGURE 3 : Pression de contact (unité arbitraire) pour les consonnes /p, b, f, v/

Les données physiologiques issues de la production des obstruantes labiales, sont représentées sur la Figure 3. Concernant les mesures de pression de contact sur la lèvre inférieure, les résultats corroborent les comportements observés pour la résistance articuloaire aux lèvres. Obstruantes voisées et non voisée montrent une différence significative de pression de contact, uniquement en parole modale. Il existe une interaction croisée ($F(1,757) = 8,8$; $p = 0,003$; $R = 1,1\%$) : l'occlusive non voisée /p/ est produite avec un contact plus fort que la voisée /b/ ($F(1,459) = 5,8$; $p = 0,016$; $R = 1,3$), mais l'inverse est observé pour les fricatives : la voisée /v/ est articulée avec une pression des articulateurs plus forte que la non voisée /f/ ($F(1,298) = 5,3$; $p = 0,022$; $R = 1,5\%$).

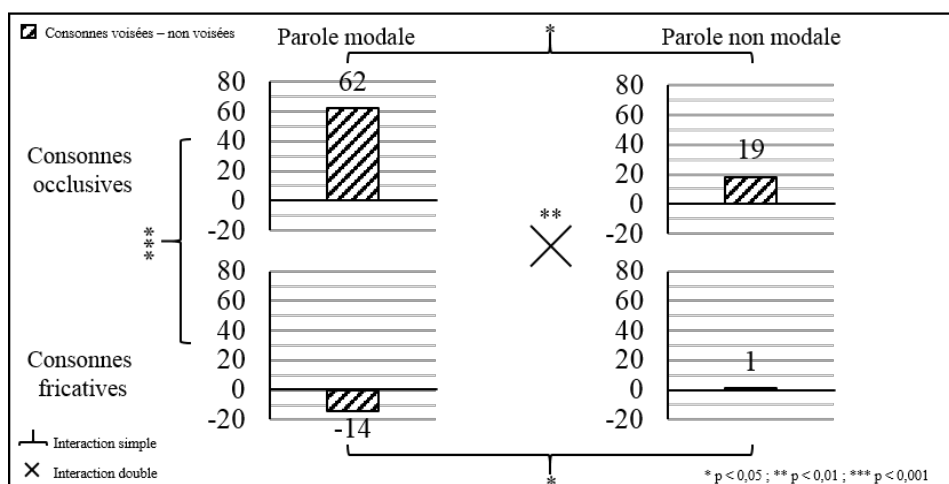


FIGURE 4 : Différence de résistance laryngée (hPa/L/s) pour les consonnes /p, b, f, v/

3.3 Différence de résistance laryngée

Les résultats concernant les données aérodynamiques laryngées sont représentées sur la Figure 4. Elles ne concernent là encore que la production des obstruantes labiales. Pour les occlusives, l'effort laryngé est supérieur pour les consonnes voisées /b/ que pour les non voisées /p/ en parole modale, avec une différence de 62 hPa/L/s, mais également en parole non modale, bien que la différence soit réduite à 19 hPa/L/s ($F(1,519) = 6,0$; $p = 0,015$; $R = 1,1\%$).

Pour les fricatives, au contraire, l'effort laryngé est supérieur pour les consonnes non voisées /f/ que pour les consonnes voisées /v/ en parole modale, avec une différence de 14 hPa/L/s, mais cette différence est annulée en parole non modale chuchotée ($F(1,546) = 6,1$; $p = 0,014$; $R = 1,1\%$).

4 Discussion

Dans cette étude, nous avons notamment mesuré la résistance articuloire et la résistance laryngée au passage de l'air pendant la production d'obstruantes labiales. Ces mesures de résistance semblent être des indicateurs fiables de l'effort musculaire fourni pour atteindre et maintenir des positions articuloires et laryngées permettant de réaliser les traits phonémiques. En effet, la mesure de résistance articuloire est cohérente avec la mesure de force de contact réalisée. La combinaison des paramètres de pression et de débit avait, de plus, déjà été étudiée pour l'estimation de la constriction articuloire (Pelorson, 2001). Quant à la mesure de résistance laryngée, elle est couramment utilisée pour évaluer l'effort vocal (Alipour et al., 2009 ; Rosenthal et al., 2014) et, dans notre étude, elle correspond à la réalisation du voisement. Nous discutons ici les liens entre l'effort produit et l'effort ressenti.

Pour les occlusives, en parole modale, bien que la consonne non voisée /p/ soit produite avec une résistance articuloire deux fois supérieure à la consonne voisée /b/ ainsi qu'une pression de contact supérieure, cette dernière est tout de même perçue comme nécessitant un effort de production plus important car elle est produite avec une résistance laryngée supérieure. La résistance laryngée lors de la production de la consonne /b/ était en moyenne de 62 hPa/L/s supérieure à celle mesurée lors de la production de la consonne /p/. La résistance laryngée n'étant pas nulle lors de la production d'une consonne non voisée car les plis vocaux sont rapprochés (Crevier-Buchman, 2012 ; Meynadier, 2015), nous pouvons supposer que la résistance laryngée réelle lors de la production de la consonne /b/ est encore plus élevée que 62 hPa/L/s alors que la résistance laryngée moyenne mesurée indirectement lors de la production d'une voyelle /a/ en anglais se situe entre 40 et 50 hPa/L/s (Awan, 2013). L'effort laryngé serait donc plus important pendant la production d'une consonne voisée que pendant la production d'une voyelle. Cette donnée peut être prise en compte dans les études sur les troubles de parole avec troubles de la voix associés.

Les résultats obtenus pour les occlusives /p, b/ en parole modale semblent généralisables aux consonnes /t, d/, /s, z/, /k, g/ et /ʃ, ʒ/ pour lesquelles les sujets du groupe *a* ont également perçu un effort de production supérieur pour la voisée que pour la non voisée correspondante. La configuration articuloire lors de la production d'une consonne voisée réduit le débit d'air oral et augmente donc la pression intra-orale. Alors, pour initier et soutenir la vibration des plis vocaux, la pression sous-glottique mais aussi la constriction laryngée, c'est-à-dire la résistance, augmentent (Collier, 1979).

En parole non modale chuchotée, la consonne occlusive non voisée /p/ est encore produite avec une résistance articuloire supérieure à la consonne occlusive voisée /b/ mais cette différence est deux fois moins importante qu'en parole modale et il n'y a pas de différence de pression de contact des

lèvres. De même, la consonne /b/ est produite avec une résistance laryngée supérieure à la consonne /p/ mais la différence est trois fois moins importante qu'en parole modale. Ceci résulte en une compensation de l'effort articuloire et de l'effort laryngé : les sujets n'ont pas perçu de différence d'effort dans la production des voisées et des non voisées en parole non modale chuchotée.

Ces résultats, quant à eux, ne semblent pas généralisables aux consonnes /t, d/, /s, z/, /k, g/ et /ʃ, ʒ/ chuchotée pour lesquelles les sujets du groupe *b* ont perçu un effort de production supérieur pour la voisée que pour la non voisée correspondante en parole non modale chuchotée. Nous pouvons supposer que, pour les consonnes occlusives /t, d/ et /k, g/, la différence d'effort laryngé reste suffisamment importante pour primer sur la différence d'effort articuloire. En effet, ces consonnes sont produites avec des lieux articuloires plus postérieurs que les consonnes bilabiales. La petite taille de la cavité buccale augmente la pression intra-orale et augmente donc la résistance laryngée nécessaire pour initier et soutenir la vibration des plis vocaux. Quant aux consonnes fricatives /s, z/ et /ʃ, ʒ/, pour lesquelles l'effort du voisement sur la production de l'effort est plus important en parole chuchotée qu'en parole modale, il est difficile de formuler des hypothèses solides sans plus de données aérodynamiques.

Pour les fricatives, en parole modale, contrairement à ce qui est attendu, c'est la consonne voisée /v/ qui est produite avec une résistance articuloire et une pression de contact des articulateurs supérieures à la non voisée /f/ et c'est la consonne non voisée /f/ qui est produite avec une résistance laryngée supérieure à la consonne voisée /v/. Ces résultats peuvent avoir été biaisés par la présence du capteur de pression de contact sur la lèvre inférieure gênant la réalisation des deux fricatives. Cependant, ces résultats sont cohérents avec les données d'effort ressenti : là encore, l'effort laryngé primerait sur l'effort articuloire et ce serait donc la consonne non voisée /f/ qui serait perçue comme nécessitant un effort de production plus important que la consonne voisée /v/. Nous pouvons faire l'hypothèse que la configuration articuloire de la consonne /v/, avec sa résistance faible au passage de l'air, est idéale pour la vibration des plis vocaux et que, au contraire, un effort laryngé est requis dans la production de la consonne non voisée /f/ pour empêcher cette vibration.

En parole non modale chuchotée, la consonne fricative non voisée /f/ est produite avec une résistance articuloire supérieure à la consonne fricative voisée /v/ mais une résistance laryngée quasiment équivalente. Ceci explique la perception d'un effort de production plus important pour la consonne non voisée que pour la consonne voisée. En suivant l'hypothèse développée dans le paragraphe précédent, l'effort laryngé pour la production de la consonne /v/ en parole chuchotée augmenterait au même niveau que pour la consonne /f/ afin d'empêcher la vibration des plis vocaux.

5 Conclusion

L'effort musculaire laryngé prime sur l'effort musculaire articuloire dans la perception de l'effort de production des consonnes. L'effort laryngé étant le plus souvent supérieur pour les consonnes voisées, celles-ci sont perçues comme nécessitant un plus grand effort de production que les non voisées correspondantes, même si ces dernières sont produites avec un effort articuloire supérieur. Cependant, ces conclusions reposent principalement sur le cas des occlusives bilabiales et pourraient varier en fonction du mode articuloire – nous avons d'ailleurs observé un comportement différent des fricatives labiodentales – et en fonction du lieu articuloire. Les résultats présentés ici peuvent apporter un nouvel éclairage dans l'étude phonétique des troubles vocaux et articuloires. Ils seront complétés prochainement par des mesures acoustiques de l'effort laryngé des 12 obstruantes, comme le taux de voisement de la consonne ou encore la fréquence fondamentale relative.

Références

- ALIPOUR F., SCHERER R.C., FINNEGAN E. (1997). Pressure-flow relationships during phonation as a function of adduction. *Journal of Voice* 11, 187-194.
- ALIPOUR F., JAISWAL S. (2009). Glottal airflow resistance in excised pig, sheep, and cow larynges. *Journal of Voice* 23, 40-50.
- AWAN S.N., NOVALESKI C.K., YINGLING J.R. (2013). Test-Retest Reliability for Aerodynamic Measures of Voice. *Journal of Voice* 27(6), 674-684.
- COLLIER R., LISKER L., HIROSE H., USHIJIMA T. (1979). Voicing in intervocalic stops and fricatives in Dutch. *Journal of Phonetics* 7, 357-373.
- CREVIER-BUCHMAN L. (2012). *Phonétique clinique. Contribution à la compréhension de la voix et de la parole normale et pathologique*, p. 95. Thèse HDR. Aix-Marseille Université.
- GIOVANNI A., LAGIER A., HENRICH N. (2014). Physiologie de la phonation. *EMC – Oto-rhino-laryngologie* 9(2), 1-15.
- KLICH R.J. (1982). Effects of speech level and vowel context on intraoral air pressure in vocal and whispered speech. *Folia Phoniatrica et Logopaedica* 34(1), 33–40.
- LÖQVIST A. (1975). A study of subglottal pressure during the production of Swedish stops. *Journal of Phonetics* 3, 175-189.
- MALÉCOT A. (1966). Mechanical pressure as an Index of ‘Force of Articulation’. *Phonetica* 14, 169-180.
- MARSHAL A. (1983). The fortis-lenis distinction in stops. *Speech Communication* 2, 115-118.
- MCHENRY M.A., KUNA S.T., MINTON J.T., VANOYE C.R. (1996). Comparison of direct and indirect calculations of laryngeal airway resistance in connected speech. *Journal of Voice* 10, 236-244.
- MEYNADIER Y. (2015). Aerodynamic tool for phonology of voicing. *USB Proceedings of the 18th International Conference on Phonetic Sciences*, paper#0497. Glasgow.
- NETSELL R. (1969). Subglottal and intraoral air pressures during the intervocalic contrast of /t/ and /d/. *Phonetica* 20(2-4), 68–73.
- MURRY T., BROWN W.S. (1976). Peak intraoral air pressures in whispered stop consonants. *Journal of Phonetics* 4, 183-187.
- PELORSON X. (2001). On the meaning and accuracy of the pressure-flow technique to determine constriction areas within the vocal tract. *Speech Communication* 35, 179-190.
- ROSENTHAL A.L., LOWELL S.Y., COLTON R.H. (2014). Aerodynamic and acoustic features of vocal effort. *Journal of Voice* 28, 144-153.
- SUNDBERG J. (2010). Whispering – A single subject study of glottal configurations and aerodynamics. *Journal of Voice* 24, 574-584.