

Le VOT des éjectives : le cas du maya yucatéque

Emre Bayraktar¹ Rachid Ridouane¹

(1) Laboratoire de Phonétique et Phonologie, (CNRS / Sorbonne Nouvelle), 19 Rue des Bernardins, 75005 Paris, France

emre.bayraktar@univ-paris3.fr, rachid.ridouane@univ-paris3.fr

RÉSUMÉ

Cet article présente une étude acoustique des occlusives éjectives du maya yucatéque. S'intéressant spécifiquement au voice onset time (VOT), l'étude examine d'une part si le VOT est un corrélat acoustique fiable de l'éjectivité dans cette langue et d'autre part si le VOT varie selon le lieu d'articulation et la hauteur vocalique. Les résultats, obtenus à partir des productions de deux locuteurs natifs, montrent que les éjectives ont un VOT plus long comparées à leurs contreparties pulmonaires. Parmi les éjectives, le VOT varie en fonction du lieu d'articulation, les vélaires présentant le VOT le plus long. De même une tendance pour un VOT plus court devant les voyelles hautes a été observée. Ces résultats soulèvent un ensemble de questions concernant les mécanismes qui sous-tendent les variations du VOT, notamment en lien avec les contraintes aérodynamiques en jeu lors de la production des occlusives éjectives.

ABSTRACT

The VOT of ejective stops in Maya Yucatec

This article presents an acoustic study of ejective stops in Maya Yucatec. Focusing on voice onset time (VOT), it examines, on the one hand, whether VOT is a reliable acoustic correlate to ejectivity and, on the other hand, whether VOT varies depending on place of articulation and vowel height. Results, obtained from the productions of two native speakers, show that ejectives have longer VOTs than their pulmonic counterparts. Within ejectives, VOT varies depending on place of articulation of stops, VOT for velars being the longest. VOT of ejectives also tends to be shorter before high vowels. These results raise a set of questions concerning the mechanisms underlying VOT variations. In particular, we consider the possible aerodynamic constraints at play during the production of ejective stops.

MOTS-CLÉS : éjectives, maya yucatéque, VOT, lieu d'articulation, hauteur vocalique.

KEYWORDS : ejectives, Maya Yucatec, VOT, place of articulation, vowel height.

1 Introduction

Le maya yucatéque fait partie de la famille maya. Cette famille comprend plus d'une vingtaine de langues, parlées notamment au Guatemala, au Belize et au Mexique (Colazo-Simon, 2007). Le

maya yucatèque est parlé essentiellement au Yucatán (un État situé au sud-est du Mexique, sur la péninsule du Yucatán), ainsi qu’au Belize. Cette langue est parlée par 700 000 locuteurs environ (Lewis, 2009). Son inventaire phonémique comporte 20 consonnes, dont cinq éjectives. Trois sont des occlusives et deux sont des affriquées (voir table 1).

		labiale	alvéolaire	post-alvéolaire	palatale	vélaire	glottale
occlusive	pulmonaire	p	t			k	ʔ
	éjective	pʼ	tʼ			kʼ	
	implosive	b					
affriquée	pulmonaire		ts	tʃ			
	éjective		tsʼ	tʃʼ			
fricative			s	ʃ			h
nasale		m	n				
approximante latérale			l				
approximante		w			j		

TABLE 1 : Inventaire des consonnes du maya yucatèque (Bricker et al., 1998)

Les éjectives sont des phonèmes qui s’opposent à leurs contreparties pulmonaires, comme en atteste l’existence de nombreuses paires minimales (e.g. /kan/ ‘quatre’ vs. /k’an/ ‘jaune’ ; /kool/ ‘milpa’ vs. /k’ool/ ‘frapper’ ; /tiit/ ‘remuer’ vs. /tʼiit/ ‘répandre’ ; /tuup/ ‘boucle d’oreille’ vs. /tʼuup/ ‘petit doigt’ ; /paak/ ‘plier’ vs. /pʼaak/ ‘tomate’ ; /péek/ ‘bouger’ vs. /pʼeek/ ‘hair’).

1.1 Production des éjectives : bref aperçu

La production d’une occlusive éjective se caractérise par un mécanisme de pression d’air non pulmonaire. La glotte est fermée pour isoler la cavité orale de la cavité sous-glottique. Le larynx s’élève et fait augmenter la pression supraglottique. C’est cette pression que le locuteur utilise pour produire la perturbation du flux d’air au moment du relâchement (Catford, 1939). La cavité orale subit une contraction maximale afin d’y comprimer l’air présent. Cette compression provoque un fort burst lors du relâchement, et le voisement se fait tardivement car les plis vocaux restent fermement serrés un certain moment après le relâchement de l’occlusion buccale et au-dessus de leur position habituelle, rendant ainsi l’initiation de leurs vibrations plus tardive (Ladefoged & Maddieson, 1996). Ce retard de voisement se caractérise généralement par une période de silence entre le relâchement de l’occlusive et l’onset de la voyelle qui suit. Cette caractéristique a été observée pour le tigrinya (Kingston, 1985) ou encore l’ingush (Warner, 1996). Nous avons observé cette période de silence (ou quasi-silence) en maya yucatèque (voir figures 1 et 2) chez les deux locuteurs de notre étude (de manière systématique pour le locuteur 1 et majoritaire pour le locuteur 2).

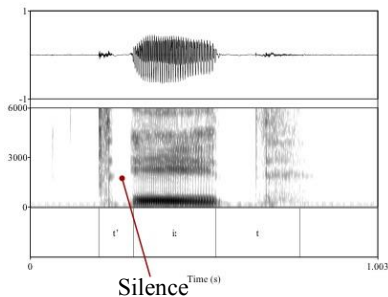


FIGURE 1 : Ejective coronale [t'] dans le mot [t'íit] 'répandre', loc. 1

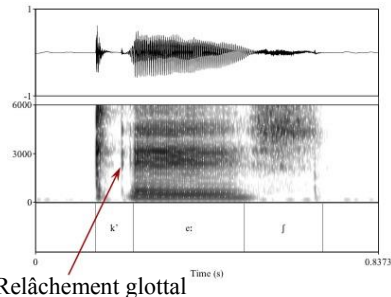


FIGURE 2 : Ejective vélaire [k'] dans le mot [k'eex] 'réponse', loc. 2

Sur certaines productions, les conséquences acoustiques d'un coup de glotte sont visibles vers la fin de la période de silence (voir figure 2). Le *voice onset time* (VOT) des éjectives du maya yucatèque est donc composé de deux périodes, une période de bruit de relâchement, suivie d'une période de (quasi-) silence. Une conséquence possible au retard de voisement observé pour les éjectives serait un allongement de la durée du VOT.

1.2 VOT des éjectives et ses variations

Le VOT, qui est généralement compris comme l'intervalle temporel entre le relâchement oral et l'onset du voisement de la voyelle qui suit, est un corrélât acoustique majeur permettant de caractériser les occlusives selon leurs traits laryngaux (voir notamment Lisker & Abramson (1964) et son travail pionnier sur les occlusives voisées et non voisées de 11 langues). La durée du VOT permet en effet de catégoriser différentes séries d'occlusives, comme [+ voisé], [-voisé] ou [+ aspiré] (Cho & Ladefoged, 1999 ; Wysocki, 2004). Il ressort de la revue de la littérature que les éjectives ont généralement un VOT plus long que leurs contreparties pulmonaires (Lindau, 1984). C'est le cas notamment en tlingit, où les occlusives pulmonaires ont un VOT de 24,6 ms en moyenne, tandis que les occlusives éjectives ont un VOT de 102,7 ms (Maddieson et al., 2001). Pour autant cette tendance pour un VOT plus long pour les éjectives n'a pas été observée pour toutes les langues. Par exemple, dans l'ingush, le VOT des éjectives est seulement de 26,2 ms en moyenne, alors qu'il est de 45 ms pour les pulmonaires (Warner, 1996).

Il est très largement admis que la durée du VOT varie selon le lieu d'articulation des occlusives pulmonaires (Cho & Ladefoged, 1999). Pour les éjectives, les données dans la littérature ne montrent pas d'effet aussi systématique. Cho & Ladefoged (1999) ont souligné ce pattern irrégulier, qu'ils associent aux différences entre les langues dans le degré de l'élévation du larynx ou dans le timing entre le relâchement oral et le relâchement glottal. Ils soutiennent ainsi l'absence de mécanisme physiologique permettant de rendre compte de l'effet de lieu sur le VOT dans la réalisation des éjectives. Il a été noté, cependant, que plusieurs langues non apparentées font état de différences significatives de VOT des éjectives en fonction du lieu d'articulation. C'est le cas notamment pour le yapese et le nez perce (Maddieson, 2001).

Une autre source de variation du VOT des occlusives pulmonaires concerne le contexte vocalique. Les résultats les plus communément rapportés dans la littérature mettent en lumière une

différence de VOT de l'occlusive en fonction de la hauteur de la voyelle qui suit : les voyelles hautes provoquent un VOT plus long que les voyelles basses (Weismer, 1979 ; Higgins et al., 1998). A notre connaissance, il n'a jamais été relevé dans la littérature d'effet de la hauteur de la voyelle sur le VOT des éjectives.

1.3 Problématique

A la lumière de cette revue de la littérature, plusieurs questions se posent. Une première question est de savoir si le VOT permet de distinguer les occlusives éjectives du maya yucatèque de leurs contreparties pulmonaires. Malgré quelques contre-exemples dans certaines langues, nous nous attendons à observer pour le maya yucatèque un VOT plus long pour les éjectives que pour les occlusives pulmonaires. Ce VOT plus long pour les éjectives serait une conséquence acoustique de l'articulation qui nécessite une période supplémentaire pour abaisser le larynx à sa position optimale pour le voisement. Une deuxième question concerne l'effet de lieu d'articulation sur la durée du VOT. Allons-nous observer le même pattern pour les occlusives éjectives ? Autrement dit, est-ce que les éjectives vélaires présentent des VOT plus longs que les éjectives labiales et coronales en maya yucatèque ? Pour rappel, Cho & Ladefoged (1999) ayant effectué une étude similaire sur 6 langues comportant des éjectives, n'avaient trouvé aucune différence significative du VOT des éjectives selon le lieu d'articulation. Nous nous attendons à observer les mêmes résultats pour le VOT des éjectives du maya yucatèque. La troisième question concerne l'effet des voyelles post-occlusives sur la durée du VOT, en fonction de la hauteur de la langue. Nous savons que la durée du VOT des occlusives pulmonaires varie selon ce paramètre. Qu'en est-il des éjectives ? Notre hypothèse est que le même pattern sera observé, c'est-à-dire un VOT plus long des éjectives devant la voyelle haute [i], et un VOT plus court devant la voyelle basse [a]. Pour les occlusives pulmonaires, cette variation du VOT est liée à la position de la langue lors de la production de la voyelle suivante. Au moment du relâchement de l'occlusive, si la langue est en position haute, l'air mettra plus de temps à être évacué du conduit vocal que si la langue est en position basse (Chang et al., 1999). Il serait logique que ces mêmes contraintes s'opèrent lors de la production d'une éjective.

2 Méthode

Les données acoustiques ont été enregistrées auprès de deux locuteurs natifs du maya yucatèque. Un locuteur masculin (loc. 1), de 45 ans, originaire de Mérida, au Mexique et une locutrice (loc. 2) âgée de 32 ans et originaire de Tlalpan, au Mexique. Les deux locuteurs sont bilingues (parlant aussi l'espagnol).

Notre étude porte sur les occlusives éjectives (/pʔ/, /tʔ/ et /kʔ/) et leurs contreparties pulmonaires (/p/, /t/ et /k/), en position initiale de mot, suivies des /a/, /e/, /i/, /o/, /u/, représentant l'inventaire vocalique du maya yucatèque. Contraints par la distribution des consonnes et voyelles de la langue, nous n'avons pu recueillir de mots avec la voyelle /u/ après les vélaires /k/ et /kʔ/, la voyelle /o/ après la coronale /t/, ainsi que la voyelle /e/ après la vélaire /k/. Le corpus analysé est constitué de 26 mots (20 mots monosyllabiques, 6 mots bisyllabiques), chaque mot étant répété 12 fois par chacun des deux locuteurs (6 répétitions à l'isolé, et 6 répétitions en phrase cadre). Lors de l'acquisition des données, des omissions involontaires et autres incidents d'enregistrement ont

modifié le nombre initial des occurrences pour le locuteur 1. Les occurrences de ce locuteur représentent ainsi un total de 188 items, constitués de 81 occlusives pulmonaires (36 [p], 25 [t] et 20 [k]) et 107 occlusives éjectives (44 [pʰ], 38 [tʰ] et 25 [kʰ]). Les occurrences en contexte [ta], [ki] et [kʰa] de ce locuteur ont été exclues pour l'étude sur la hauteur vocalique, par manque d'effectif suffisant. Le corpus du locuteur 2 représente 312 items. Les données analysées pour ce locuteur sont constituées de 144 occlusives pulmonaires (60 [p], 48 [t], 36 [k], et 168 occlusives éjectives (60 [pʰ], 60 [tʰ] et 48 [kʰ]).

Pour le locuteur 1, l'enregistrement s'est effectué dans la chambre sourde du Laboratoire de Phonétique et Phonologie (CNRS/Sorbonne Nouvelle) à Paris, à l'aide d'un micro-casque hypercardioïde (AKG C520), une carte son Edirol UA25 et le logiciel Sound Studio, v. 3.6.0.0. L'enregistrement du locuteur 2 a aussi été effectué dans une chambre sourde mais à l'Université de Bielefeld en Allemagne, à l'aide d'un microphone à capsule large cardioïde (Neumann TLM 103), une carte son Pro Tools, v. 8.1 qui possède son propre logiciel d'enregistrement.

Les données acoustiques ont été segmentées, annotées et analysées à l'aide de Praat (Boersma & Weenink 2012). Comme nous l'avons signalé plus haut, le VOT est compris ici comme l'intervalle temporel entre l'onset du relâchement oral et l'onset du voisement de la voyelle qui suit.

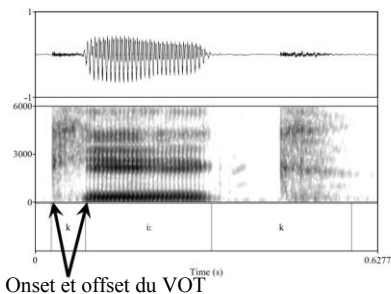


FIGURE 3 : VOT de la pulmonaire [k]

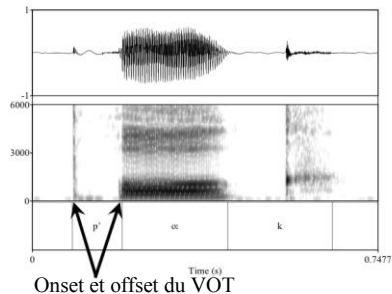


FIGURE 4 : VOT de l'éjective [pʰ]

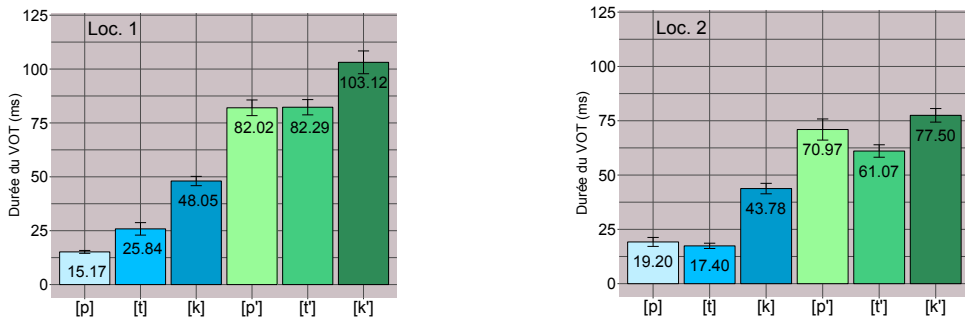
L'onset du relâchement correspond à une apparition abrupte d'énergie à certaines hauteurs fréquentielles correspondant aux formants, ou plus précisément au F-pattern de l'occlusive, et l'onset du voisement correspond à la première des stries verticales régulières, indiquant la pulsation glottale, illustrant la fin du VOT (voir figure 3). Pour les éjectives, la mesure du VOT est la même, nous délimitons la fin du VOT aux premières vibrations des plis vocaux (voir figure 4). Cette méthode s'aligne, entre autres, sur celles de Maddieson (2001), Wright et al. (2002). Notre étude ne prétend pas fournir de résultats statistiques robustes car nous avons effectué nos tests sur une petite population. Il s'agit donc de rester prudent quant à la représentativité des résultats sur cette langue. Puisque nous possédons des effectifs qui ne sont pas systématiquement identiques en nombres, et qui ne sont pas élevés de surcroît (environ quelques dizaines lors de chaque étude comparative), la prudence nous pousse à choisir des tests non-paramétriques pour observer la significativité des différents effets étudiés. Quand il s'agit de comparer deux groupes d'occlusives (par exemple pulmonaires vs. éjectives), nous utiliserons le test U Mann-Whitney. Quand il s'agit de comparer trois groupes d'occlusives (par exemple /pʰ/ vs. /tʰ/ vs. /kʰ/), nous utiliserons le test Kruskal-Wallis.

Pour chaque test, la valeur de « p » mentionnée représente le taux de significativité. Comme nous l'avons indiqué plus haut, notre étude est limitée aux occlusives en position initiale de mot, car cette position est celle généralement utilisée dans la littérature (Lisker & Abramson, 1964 ; Cho & Ladefoged, 1999). Cela nous permettra ainsi d'établir plus facilement des comparaisons avec les résultats d'autres auteurs.

3 Résultats

3.1 VOT des éjectives et effet de lieu d'articulation

Les résultats montrent que les occlusives éjectives ont un VOT significativement plus long comparées à leurs contreparties pulmonaires ($p < 0,0001$), et ce pour chaque locuteur et chaque lieu d'articulation (voir figures 5 et 6 ; les barres représentent les intervalles de confiance).



FIGURES 5 ET 6 : VOT des différentes occlusives pour chaque locuteur

Pour les occlusives pulmonaires, le test de Kruskal-Wallis montre que les deux locuteurs ont des VOT significativement différents selon le lieu d'articulation. Les vélares ayant un VOT plus long que les labiales et les coronales (locuteur 1 : $\chi^2(2) = 54.728$, $p < 0.0001$, locuteur 2 : $\chi^2(2) = 59.442$, $p < 0.0001$). Dans le cas des éjectives, les deux locuteurs ont aussi un VOT de l'éjective vélaire significativement plus long que les occlusives alvéolaires et bilabiales (locuteur 1 : $\chi^2(2) = 11.226$, $p < 0.01$, locuteur 2 : $\chi^2(2) = 12.427$, $p < 0.01$). Ce résultat indique ainsi que, à l'instar des occlusives pulmonaires, le VOT des éjectives varie selon le lieu d'articulation des consonnes. Pour autant, aucune différence significative n'a été observée entre les labiales et les coronales chez les deux locuteurs.

3.2 VOT des éjectives selon la hauteur de la voyelle suivante

A notre connaissance, il n'a jamais été relevé dans la littérature d'effet de la hauteur de la voyelle sur le VOT des éjectives. Nous avons constaté des résultats similaires dans nos données, à l'exception d'un cas pour le locuteur 1, dont le VOT de [p'] est significativement plus court devant [i], comparé à [a] ($p = 0,0134$). A la vue des différentes moyennes de VOT selon la hauteur vocalique (voir figure 7), une tendance se dégage : les voyelles basses semblent induire un VOT plus long que les voyelles hautes. Ces résultats sont intrigants car ils sont à l'opposé des résultats

observés pour les occlusives non-éjectives. A noter néanmoins que pour les deux locuteurs, les résultats pour [k'] sont similaires à ceux rapportés pour les occlusives non-éjectives (i.e. un VOT plus long devant [i]).

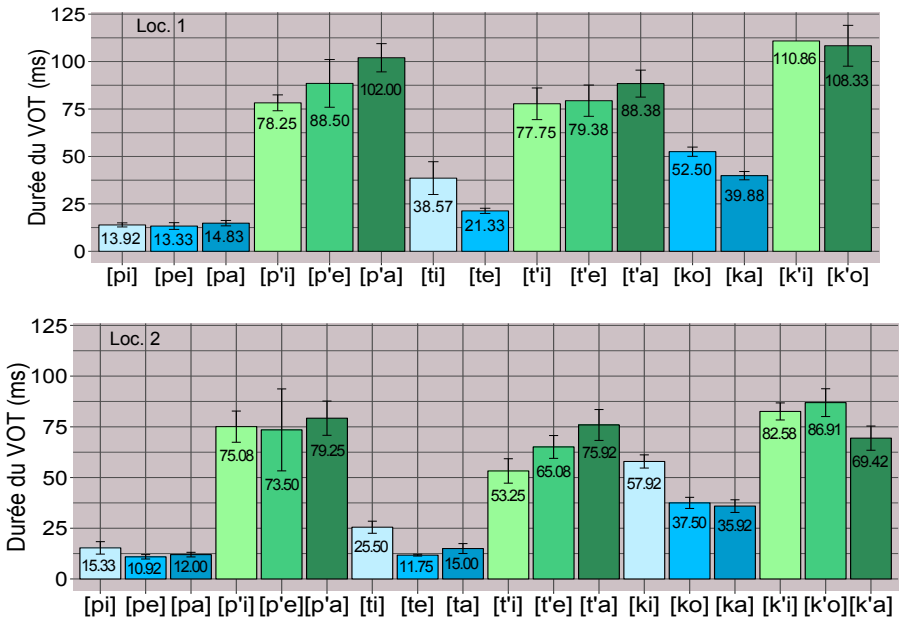


FIGURE 7 : VOT des différentes occlusives selon la hauteur vocale pour chaque locuteur

4 Discussion

Dans notre étude, nous avons montré qu'en maya yucatèque le VOT des éjectives est significativement plus long que le VOT des pulmonaires. Les trois lieux d'articulation observés montrent chacun un VOT significativement plus long que sa contrepartie pulmonaire. Ce résultat rejoint la plupart des résultats sur les éjectives dans d'autres langues ; notamment, comme pour le maya yucatèque, lorsque les éjectives sont comparées aux pulmonaires non aspirées. Nous pouvons donc avancer que le VOT est un corrélat important permettant de distinguer acoustiquement les éjectives du maya yucatèque de leurs contreparties pulmonaires. A l'évidence cette différence n'est pas uniquement de nature temporelle. Comme nous l'avons signalé plus haut, une caractéristique importante des éjectives est la phase de (quasi)-silence contenu dans cet intervalle temporel, correspondant à la phase d'occlusion glottale après le relâchement oral. Phase durant laquelle le larynx s'abaisse et les plis vocaux commencent à se relâcher. Cette étude a aussi montré que les éjectives vélares avaient un VOT plus long que les éjectives coronales et labiales. Ce résultat montre un pattern similaire à ce qui a été observé pour les occlusives pulmonaires, suggérant la possible existence d'une explication unifiée à ce phénomène. Pour autant, si les raisons expliquant ce phénomène sont assez bien connues pour les pulmonaires, elles le sont moins pour les éjectives. En effet, pour les pulmonaires, ces variations peuvent être dues à un ensemble de facteurs, de nature aérodynamique ou articuloire (voir Cho & Ladefoged, 1999 pour une revue détaillée). Des

facteurs tels que la taille de la cavité derrière le point de constriction, la vitesse des articulatoires, ou encore l'étendue du contact articuloire.

Maddieson (2001) propose une piste pour expliquer l'effet de lieu sur la durée du VOT des éjectives. Il reprend l'observation selon laquelle la phase d'occlusion est inversement liée à la période de relâchement, et avance l'hypothèse qu'un VOT plus long suivant une phase d'occlusion courte pourrait être le reflet de différentes périodes d'occlusions distribuées sur une phase de geste glottale relativement fixe. Les données analysées par Maddieson sont constituées de segments situés à l'initiale de mot, comme c'est le cas pour notre étude. Il sera donc nécessaire d'élargir l'étude à des éjectives en position médiane de mot pour permettre de mesurer la durée d'occlusion et ainsi vérifier si le patron observé pour les pulmonaires peut être généralisé aux éjectives.

Nos derniers résultats montrent que les éjectives avaient une tendance à avoir un VOT plus long devant la voyelle basse [a], et un VOT plus court devant la voyelle haute [i], avec un VOT intermédiaire devant [e]. Les résultats sont donc différents de ce qui a été rapporté pour les occlusives pulmonaires, où le VOT est significativement plus long devant [i] que devant [a]. Le fait que l'on ne retrouve pas le même résultat pour les éjectives nous interroge sur les contraintes articuloires ou aérodynamiques en jeu dans le contexte vocalique. Cependant, nous devons rappeler que cette étude s'est effectuée sur deux locuteurs uniquement. Les conclusions à tirer doivent donc être appréhendées avec prudence. Il est ainsi nécessaire d'élargir le champ d'investigation à plus de locuteurs, et plus de données pour tenter de mieux appréhender la nature des variations du VOT en lien avec le lieu d'articulation et la nature des voyelles qui suivent. Pour ce faire, des analyses aérodynamiques sont prévues, et deux autres langues, le tigrinya et le mehri, sont en cours d'analyse pour déterminer si les mêmes caractéristiques observées en maya sont aussi attestées dans des langues non apparentées.

Remerciements

Les auteurs remercient les deux locuteurs mayas pour leur disponibilité et leur aide lors de l'acquisition des données acoustiques. Cette recherche s'insère dans le programme "Investissements d'Avenir" géré par l'Agence Nationale de la Recherche ANR-10-LABX-0083 (Labex EFL).

Références

- BOERSMA, P. & WEENINK, D. (2012). *Praat: doing phonetics by computer [Computer program]*. <http://www.praat.org/>
- BRICKER, V., YAH, E. P. & PO?OT, O. D. (1998). *A Dictionary of The Maya Language As Spoken in Hocabá, Yucatán*. Salt Lake City: University of Utah Press.
- CATFORD, J. C. (1939). On the classification of stop consonants, *Le Maître Phonétique*, 65, 2-5.
- CHANG, S. S., OHALA, J. J., HANSSON, G. & JAMES, B. (1999). Vowel-dependent VOT variation: An

experimental study. *Journal of the Acoustical Society of America* 105(2) pt. 2, 1400.

CHO, T & LADEFOGED, P. (1999). Variation and Universals in VOT: Evidence from 18 Languages. *Journal of Phonetics* 27, 207-229.

COLAZO-SIMON, A. (2007). *Les phénomènes glottaux en situation de contact linguistique : maya et espagnol du Yucatán, Mexique*, Paris: Université Paris III - Sorbonne Nouvelle, thèse.

HIGGINS, M. B., NETSELL, R. & SCHULTE, L. (1998). Vowel related differences in laryngeal articulatory and phonatory function. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 41, 712-724.

KINGSTON, J. (1985). *The phonetics and phonology of the timing of oral and glottal events*. Berkeley, CA: UC Berkeley, thèse.

LADEFOGED, P. & MADDIESON, I. (1996). *Sounds of the world's languages*. Oxford: Blackwells.

LEWIS, M. P. (2009). *Ethnologue: Languages of the world*. (16ème édition). Dallas, Tex.: SIL International. Version en ligne : <http://www.ethnologue.com/>, accès : 2016.

LINDAU, M. (1984). Phonetic Differences in Glottalic Consonants. *Journal of Phonetics* 12, 147-155.

LISKER, L. & ABRAMSON, A.S. (1964). A cross-language study of voicing in initial stops: Acoustic measurements. *Word* 20, 384-422.

MADDIESON, I. (2001). Good timing: Place dependent VOT in ejective stops. *Proceedings of Eurospeech*. 823-826.

MADDIESON, I., SMITH, C. L., & BESSELL, N. (2001). Aspects of the phonetics of Tlingit. *Anthropological Linguistics*, 135-176.

WARNER, N. (1996). Acoustic Characteristics of Ejectives in Ingush. *Proceedings of the International Conference on Spoken Language Processing*, 1525-1528. Philadelphia, PA.

WEISMER, G. (1979). Sensitivity of Voice-Onset-Time (VOT) measures to certain segmental features in speech production. *Journal of Phonetics* 7, 197-204.

WRIGHT, R., HARGUS, S., & DAVIS, K. (2002). On the categorization of ejectives: Data from Witsuwit'en. *Journal of the International Phonetic Association* 32, 43-77.

WYSOCKI, T. (2004). *Acoustic analysis of Georgian stop consonants and clusters*. Chicago: University of Chicago, thèse.