

PROPRIÉTÉS AÉRODYNAMIQUES ET COMPARAISON DES VOYELLES NAsALES ET POTENTIELLEMENT NASALISÉES EN FRANÇAIS QUÉBÉCOIS*

Félix Desmeules-Trudel
Université d'Ottawa

1. Introduction et revue de la littérature

Il est reconnu que le français québécois (FQ) possède des voyelles nasales contrastives dans son inventaire phonologique (Côté 2012, Martin 2002, Martin et coll. 2001), mais leur description phonétique est encore sommaire étant donné leurs difficultés d'analyse acoustique et leur variabilité articulatoire. Cette variabilité peut être manifestée de plusieurs façons et est souvent considérée comme caractéristique des voyelles nasales du FQ (Léon 1983, Martin et coll. 2001), notamment la diphtongaison, la durée variable de la nasalisation sur la voyelle et l'apparition d'un appendice nasal lorsque la voyelle est suivie d'une consonne occlusive.

Il est également mentionné, dans quelques études peu nombreuses sur le sujet (Léon 1983, Delvaux et coll. 2008) que les voyelles orales suivies d'une consonne nasale peuvent être nasalisées en français (québécois ; *panne* /pan/ → [pã̃n] où la nasalisation de la voyelle est souvent partielle). Par conséquent, si l'on considère la possibilité que les voyelles nasales contrastives et que les voyelles orales suivies d'une consonne nasale puissent être réalisées de façon variable quant à la durée et au degré de nasalisation, certaines ambiguïtés pourraient émerger à la fois pour la production et la perception de ces catégories de voyelles.

Comme mentionné ci-haut, les études articulatoires sur les voyelles nasales du FQ (Carignan 2013, Delvaux 2006) sont peu nombreuses et évaluent un nombre limité de participants seulement. Cette étude vise donc à contribuer à la recherche sur la nasalisation des voyelles dans cette variété de français et à évaluer un nombre plus important de locuteurs natifs afin de dégager des tendances plus fiables concernant la description phonétique de ces segments.

L'inventaire phonologique des voyelles nasales du FQ est présenté dans le tableau 1.¹ Dans le système de cette variété de français, l'opposition pertinente de la voyelle /œ̃/ est maintenue, contrairement à d'autres variétés où cette voyelle est fusionnée à une autre catégorie (/ɛ̃/). Parmi les caractéristiques phonétiques de ces voyelles nasales phonologiques, on retrouve la diphtongaison (variable en termes d'ampleur), c'est-à-dire que les voyelles /ɛ̃, œ̃, ɔ̃/ peuvent par exemple être prononcées [ɛ̃^j, œ̃^y, ɔ̃^w] respectivement, et également de façon variable. Léon (1983) recense aussi que les voyelles nasales peuvent être dénasalisées, comme dans *Montréal* /mɔ̃ʁeal/ prononcé

* Ce travail a été rendu possible grâce à une bourse de doctorat FQR-SC accordée à l'auteur.

¹ Noter que les transcriptions utilisées ici sont différentes de celles utilisées traditionnellement pour la description phonologique de ces voyelles. Nous utiliserons ces symboles tout au long de cet article afin de refléter de façon approximative la réalisation phonétique de ces phonèmes.

[mɔ̃ʁeal], et qu'un appendice nasal (*nasale complexe* dans les termes de Léon 1983) peut apparaître après une voyelle nasale, comme dans *penne* /pãt/ prononcé [pãⁿt]. Dans ce dernier cas, on dit que l'amorce de la voyelle est orale et que la nasalisation est retardée, ce qui cause un chevauchement avec l'articulation de la consonne suivante et donne l'impression d'un appendice consonantique nasal. Également, la plupart des auteurs s'entendent sur le fait que les voyelles nasales du FQ sont plus longues que leurs contreparties orales.

Tableau 1. Inventaire des voyelles nasales du français québécois.

	Avant non arrondi	Avant arrondi	Arrière (arrondi)
Haute			
Mi-haute	ẽ	œ̃	
Mi-basse			õ
Basse	ã		

Toutefois, les études qui décrivent les voyelles nasales du FQ sont souvent basées sur l'acoustique de ces voyelles ou sur des données impressionnistes. Il a été démontré à plusieurs reprises (Beddor 1993, Maeda 1993) que les caractéristiques acoustiques de la nasalité sont souvent ambiguës et difficiles à identifier, ce qui motive l'utilisation de données articulatoires pour la mesure des caractéristiques phonétiques des voyelles nasales.

Dans d'autres langues, la mesure du flux d'air nasal a été utilisée pour décrire à la fois les propriétés phonétiques et phonologiques des voyelles nasales. Entre autres, en anglais, en français européen et en soundanais, Cohn (1990) a pu départager deux types de voyelles en se fiant aux propriétés aérodynamiques, c'est-à-dire des voyelles résultant d'une règle phonétique de nasalisation et des voyelles résultant d'une règle phonologique de nasalisation. Ces deux types de voyelles possèdent en effet des patrons de flux d'air nasal différents et quasi-catégoriques, ce qui suggère que les règles d'implémentation de la nasalisation sont différentes dans les deux cas. Également, en portugais brésilien, Raposo de Medeiros et coll. (2008) ont suggéré et démontré l'existence de voyelles nasales phonologiques dans cette langue grâce à cette mesure. On comprend donc l'efficacité des propriétés aérodynamiques pour la description des propriétés phonétiques des voyelles nasales, et aussi pour pouvoir répondre à des questions d'ordre phonologique qui les concernent.

La présente étude rapporte donc des résultats aérodynamiques sur les propriétés phonétiques des voyelles nasales en français québécois, et les objectifs spécifiques de cette recherche sont formalisés dans la prochaine sous-section.

1.1 Objectifs et hypothèses

Le présent travail vise à combler les lacunes soulevées dans la section précédente en termes de description phonétique des voyelles nasales, potentiellement nasalisées (en contexte de nasalisation régressive) et orales quant à leur propriétés aérodynamiques. Les deux objectifs principaux sont de :

- Fournir une description extensive des propriétés aérodynamiques des voyelles nasales, nasalisées et orales du FQ avec un nombre substantiel de locuteurs;
- Déterminer quelles sont les différences temporelles entre les voyelles nasales et potentiellement nasalisées quant à leur flux d'air nasal.

Ceci, en plus de la littérature sur le sujet, nous permet de formuler des hypothèses claires en ce qui concerne les propriétés phonétiques des voyelles nasales en FQ. Celles-ci sont que :

- La variabilité entre locuteurs est relativement peu importante en ce qui concerne la durée de la nasalisation, mais l'apparition d'un appendice nasal (coda) est variable entre les locuteurs;
- Étant donné le statut phonologique des voyelles nasales contrastives, ces dernières sont différenciées des voyelles potentiellement nasalisées de façon robuste en production.

2. Méthodologie

La présente section présente les méthodes utilisées afin de remplir les objectifs de recherche mentionnés ci-haut. Seront présentés tour à tour les participants à la recherche, les stimuli utilisés, ainsi que la procédure pour la collecte des données.

2.1 Participants

Douze locuteurs natifs du FQ (9 femmes, 3 hommes) ont participé à cette étude moyennant une légère compensation financière ou un crédit pour un cours de psychologie à l'Université d'Ottawa. Ils ont été recrutés dans l'entourage du chercheur ou par un système automatisé de recrutement de participants à l'Université. Tous les participants sont nés dans la province de Québec (sept sont nés à Gatineau, et les cinq autres habitaient dans la région depuis trois ans ou plus). Ils étaient âgés entre 19 et 32 ans lors des séances d'enregistrement (26,6 ans en moyenne) et avaient tous complété un diplôme d'études collégiales (Cégep) ou universitaire, mise à part une participante qui avait complété un niveau secondaire d'éducation. Tous les participants ont auto-évalué leur niveau d'anglais langue seconde entre BON et EXCELLENT sur un questionnaire, et certains ont également rapporté connaître au moins une troisième langue (espagnol, serbe, japonais, allemand, italien). Aucun participant n'a rapporté connaître une langue contenant des voyelles nasales contrastives. Une treizième participante a été enregistrée mais exclue des analyses étant donné qu'elle a rapporté avoir été diagnostiquée avec un trouble d'audition et une paralysie partielle du visage.

2.2 Stimuli

Une liste de 72 mots du français à prononcer par les participants a été élaborée dans le cadre de cette étude. Parmi ces mots, 27 contenaient une voyelle nasale contrastive, 18 contenaient une voyelle orale suivie d'une consonne nasale (potentiellement nasalisée) et 27 contenaient une voyelle orale suivie d'une consonne orale. Seules les voyelles /ẽ/, /ã/

et /ɔ̃/ (et leurs contreparties orales /e-ɛ/, /a-ɑ/ et /ɔ-o/ – veuillez noter que la différence de durée entre les voyelles orales comme dans la paire /a-ɑ/ n’a pas été contrôlée, ce qui est discuté en conclusion de cet article) ont été incluses dans la liste de mots étant donné que la voyelle /œ̃/ possède une basse charge fonctionnelle en français (Martin et coll. 2001) et qu’il a été impossible de trouver des mots contenant cette dernière voyelle en nous basant sur les critères établis (structure de syllabe et position dans le mot). Chaque voyelle était présente en fin de mot ou dans la pénultième syllabe, et les voyelles nasales contrastives et orales (suivies d’une consonne orale) étaient présentes en syllabe ouverte et en syllabe fermée. Les voyelles potentiellement nasalisées étaient présentes en syllabes fermées seulement. Chaque mot a été inséré dans une phrase porteuse (différente pour chaque mot), et un soin particulier a été porté à ce qu’aucune consonne nasale ou autre voyelle nasale ne se retrouve dans le même mot ou dans un mot adjacent à la cible. Le tableau 2 présente des exemples de mots utilisés dans la présente étude.

Tableau 2. Exemples de mots contenus dans la liste utilisée.

Voyelle	Nasal contrastive		Potentiellement nasalisée	Orale non nasalisée	
	σ ouverte	σ fermée	σ ouverte	σ ouverte	σ fermée
/ã/ ou /a-ɑ/	paon	rampe	panne	pas	râpe
/ẽ/ ou /e-ɛ/	pain	grimpe	peine	fée	crêpe
/ɔ̃/ ou /ɔ-o/	pont	trompe	bonne	faux	taupe

2.3 Collecte des données et procédure

Chaque participant a été appelé à prononcer les phrases ainsi construites deux fois en ordre aléatoire, et l’enregistrement du signal sonore ainsi que les mesures de flux d’air nasal et oral ont été effectuées grâce au système EVA2 de SQLab (Ghio et Teston 2002). Le signal sonore a été capté par le micro intégré au système EVA2 (25kHz, 16 bits). L’enregistrement du flux d’air oral (max. 2 dm³/s) a été effectué en plaçant un masque souple en silicone sur la bouche du participant puis relié à l’appareil, et l’enregistrement du flux d’air nasal (max. 0,5 dm³/s) a été fait en plaçant deux tubes de plastique souple à la sortie des narines du participant. Des masques de différentes grandeurs ont été utilisés selon la morphologie de chaque participant et la longueur des tubes nasaux a été ajustée afin d’assurer un confort maximal. L’appareil était calibré automatiquement avant chaque séance.

Chaque participant a donc dû prononcer chacune des phrases présentées sur un écran d’ordinateur (présentation PowerPoint automatisée) avec l’instruction de parler de la façon la plus naturelle possible. Huit phrases de pratique ont été prononcées pour chaque participant, et des instructions plus précises (parler plus rapidement ou moins fort, par exemple) ont été fournies par l’expérimentateur en cas de besoin. Ce dernier s’est également assuré qu’il y avait le moins de fuite d’air possible autour du masque de silicone ou à l’entrée des tubes lors des phrases de pratique. En cas d’inconfort manifesté du participant, les ajustements nécessaires ont été faits. Une fois les instructions données

et la tâche claire pour les participants, l'acquisition des données a débuté. Les séances d'enregistrement ont duré entre 15 et 20 minutes par participants. Les enregistrements étaient ensuite sauvegardés en tant que fichier *.wav* pour analyse dans PRAAT version 5.3.62 (Boersma et Weenink 2014).

La segmentation acoustique des enregistrements sonores a été effectuée manuellement en se basant, pour le début de la voyelle, sur l'apparition d'une onde périodique et une amplitude jugée suffisante pour appartenir à un segment vocalique lorsque la consonne précédente était une obstruante. Lorsque la consonne précédant la voyelle était une sonante, un changement majeur dans la forme d'onde et une confirmation auditive ont été utilisés comme principaux indices du début de la voyelle. La fin de la voyelle était déterminée par une diminution majeure de l'amplitude de la voyelle, et une autre frontière était placée en cas d'apparition d'un appendice nasal (fin de la périodicité d'une onde avec amplitude réduite). La figure 1 présente un exemple de segmentation de la voyelle du mot *tenter* (signal acoustique, flux d'air oral, flux d'air nasal).

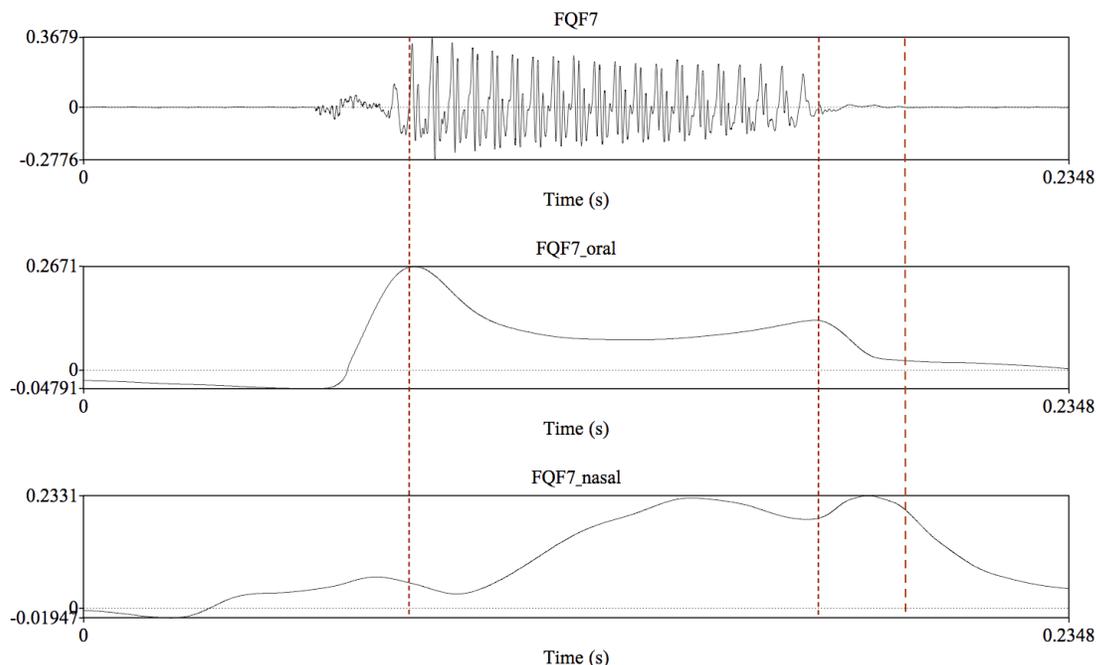


Figure 1. Exemple d'une voyelle nasale contrastive segmentée (mot *tenter*) – enregistrement acoustique (haut), flux d'air oral (centre) et flux d'air nasal (bas).

Un total de 2005 voyelles-cibles ont été ainsi segmentées et identifiées, et un premier script PRAAT a été utilisé pour extraire les valeurs de durée de chacune de celles-ci ainsi que de l'appendice nasal, le cas échéant, basées sur la segmentation acoustique. Un deuxième script a été utilisé pour extraire les valeurs de flux d'air oral et nasal à chaque 5 % de la durée de la voyelle pour 31 points de mesure (jusqu'à 50 % de la durée après la fin de la voyelle). Ces données ont par la suite été importées dans R (Gentleman

et Ihaka 2014) où des informations complémentaires ont pu être ajoutées aux données (structure de la syllabe, position dans le mot, caractéristiques des participants) et où l'analyse statistique a été effectuée.

3. Résultats

Cette section présente les résultats obtenus sur les mesures de durée des voyelles, des appendices nasaux suivant les voyelles nasales contrastives, ainsi que les valeurs de flux d'air nasal pour chacun des participants.

3.1 Durée

Le tableau 3 présente les durées moyennes, en millisecondes (ms), des voyelles nasales contrastives, potentiellement nasalisées et orales, ainsi que l'écart-type obtenu par l'analyse statistique descriptive. On peut y observer qu'en moyenne, les voyelles nasales contrastives sont plus longues que les voyelles potentiellement nasalisées, ce qui est démontré statistiquement par un test t à échantillons indépendants ($t = 8,9$, $p < 0,001$). Ceci correspond à la littérature sur le sujet qui suggère que les voyelles nasales contrastives sont plus longues que les voyelles orales en général. Également, les voyelles potentiellement nasalisées sont légèrement plus longues que les voyelles orales ($t = 4,57$, $p < 0,001$), phénomène peu documenté selon ma connaissance. Il se peut que la nasalisation non contrastive des voyelles puisse avoir une influence sur leur durée, mais des recherches ultérieures sur le sujet sont nécessaires afin de confirmer cette hypothèse.

Tableau 3. Durées moyennes (ms) des voyelles par catégorie.

Type de voyelles	Durée moyenne (ms)	Écart-type
Nasales contrastives	118,3	36,3
Potentiellement nasalisées	101,6	26,9
Orales non nasalisées	93	37,5

La durée de l'appendice nasal des voyelles nasales contrastives a également été analysé. Les résultats, divisés par type de syllabes (ouverte ou fermée) sont présentés dans le tableau 4. Tout d'abord, il est important de noter que l'appendice nasal apparaît suivant 758 des 787 voyelles nasales contrastives analysées (96,3 % des cas). Ceci suggère que l'apparition d'un appendice nasal est assez constante, contrairement à ce qui a été mentionné dans l'hypothèse de recherche soulevée plus haut (section 1.1). On remarque également, dans le tableau 4, que l'appendice nasal des voyelles nasales en syllabe fermée est plus long que l'appendice des voyelles nasales en syllabe ouverte. Ceci est confirmé statistiquement par un test t à échantillons indépendants ($t = 16,29$, $p < 0,001$). On observe donc ici un patron de variabilité quant à l'apparition d'un appendice nasal.

Tableau 4. Durée moyenne (ms) de l'appendice nasal des voyelles nasales contrastives par type de syllabe et au total.

Type de syllabe	Durée moyenne (ms)	Écart-type
σ ouverte	28,2	12,6
σ fermée	52,7	25,7
Total	39,8	23,3

2.2 Flux d'air nasal

Les mesures de flux d'air nasal ont également été analysées pour chacun des types de voyelles dans le cadre de cette étude. La figure 2 présente les résultats généraux pour la durée de la voyelle seulement (entre 0 % et 100 % de la durée), c'est-à-dire le flux d'air nasal dans le temps (pourcentage de la durée de la voyelle) par type de voyelles.

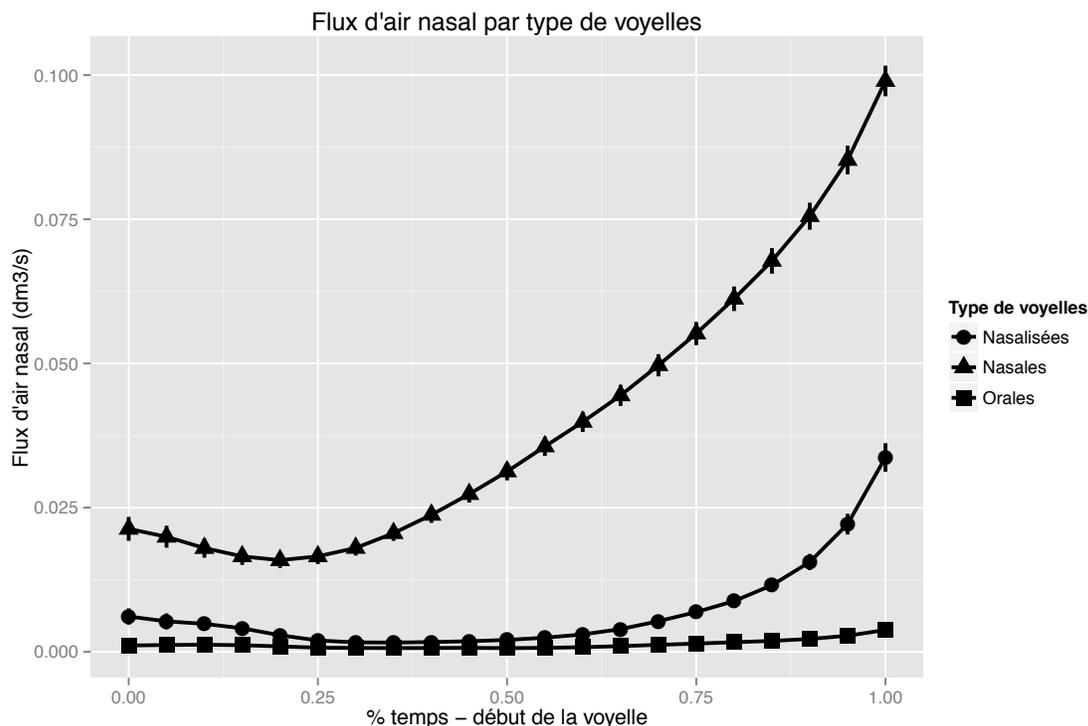


Figure 2. Flux d'air nasal moyen dans le temps par catégorie de voyelles.

On y observe que le flux d'air des voyelles nasales semble plus élevé que celui des nasalisées et des orales tout au long de la durée de la voyelle, ce qui est confirmé par une analyse préliminaire de courbes de croissance (*Growth Curve Analysis*, Mirman 2014). Le tableau 5 présente les résultats de cette analyse statistique pour la paire de catégories *nasales-nalisées*. On comprend donc, en observant les estimés et les valeurs de p attribuées aux différents paramètres, que les voyelles nasales sont différentes de façon

significative des voyelles potentiellement en ce qui concerne leur flux d'air nasal, et que cette différence semble maintenue dans le temps (voir figure 3).² Ceci va dans le sens de la prédiction formulée ci-haut.

Tableau 5. Estimé des paramètres pour l'analyse des effets de la catégorie de voyelles (nasales vs. Nasalisées) sur le flux d'air nasal dans le temps.

	Estimé	Err.St.	dl	Valeur t	Valeur p
Intercepte	0,023	0,003	11,01	7,78	< 0,001
Nalisées	-0,033	0,003	11,01	-10,36	< 0,001
Linéaire	0,064	0,012	00,04	5,13	< 0,001
Quadratique	0,33	0,005	00,15	7,02	< 0,001
Nalisées:Linéaire	-0,081	0,002	24142,18	-32,8	< 0,001
Nalisées:Quadratique	-0,018	0,002	24142,11	-7,15	< 0,001

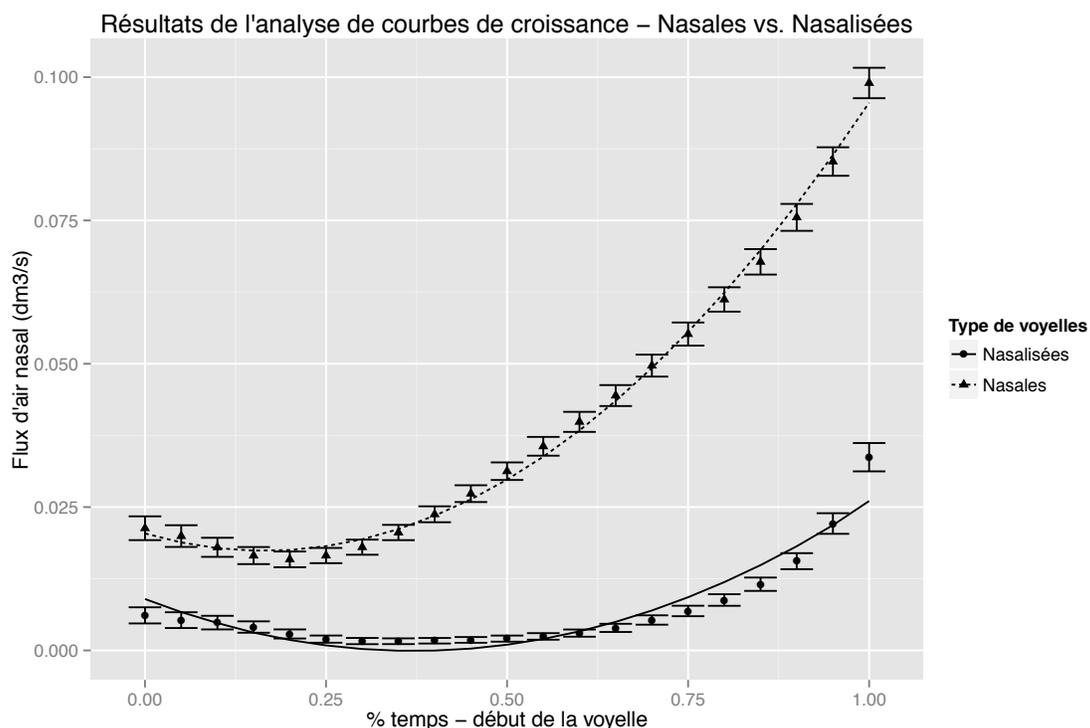


Figure 3. Illustration des résultats de l'analyse des courbes de croissance pour la paire de catégories *nasales-nalisées*.

La figure 2 nous permet également d'observer que les voyelles nalisées et orales semblent se différencier les unes des autres vers la fin de la durée relative des voyelles

² Il est important de noter ici qu'il s'agit de statistiques préliminaires et que des analyses plus poussées seront nécessaires pour la complétion de ce travail.

seulement. Les analyses statistiques menées suggèrent que ces tendances sont significatives.³

4. Discussion et conclusion

En résumé, l'analyse de la durée de l'appendice nasal et du flux d'air nasal des productions de voyelles orales, potentiellement nasalisées et nasales contrastives d'un nombre substantiel de locuteurs du FQ a suggéré que :

- L'apparition d'un appendice nasal est assez constant entre les locuteurs du FQ, mais que la durée de cet appendice est variable selon la structure de la syllabe dans laquelle se trouve la voyelle (appendice plus long en syllabe fermée qu'en syllabe ouverte);
- Les voyelles nasales contrastives sont différenciées des voyelles potentiellement nasalisées de façon robuste en production, c'est-à-dire que leur flux d'air nasal (fortement corrélé à la nasalisation de la voyelles) est significativement plus élevé pour les nasales que pour les nasalisées.

Quant à la durée moyenne des voyelles, il est important de noter que la longueur des voyelles orales n'a pas été contrôlée dans le cadre de cette étude. Par exemple, on s'attend à ce que la voyelle [ɑ] du mot *râpe* [ʁɑp] soit plus longue que la voyelle [a] du mot *patte* [pat] de façon intrinsèque. Toutefois, ce choix a été fait étant donné que les objectifs principaux concernaient surtout l'appendice nasal des voyelles nasales contrastives et le flux d'air des différentes catégories. Les résultats de l'analyse des durées des voyelles doivent donc être considérée avec prudence et, comme mentionné dans la section concernée, des analyses plus poussées sur le sujet seraient nécessaires pour tirer des conclusions plus solides sur le sujet. Il s'agit tout de même de résultats intéressants pour confirmer ce qui a déjà été mentionné dans la littérature, et le fait d'éliminer les voyelles dites longues des analyses ne ferait que renforcer nos conclusions.

La première réponse aux objectifs de recherche présentée ci-haut va à l'encontre de la littérature sur le sujet (Léon 1983) qui suggère que l'apparition d'un appendice nasal est variable entre les locuteurs du FQ. Toutefois, le fait que l'appendice soit plus long en syllabe fermée qu'en syllabe ouverte suggère que des contraintes (au sens large, articulatoires par exemple) peuvent être posées et conditionnent la production de l'appendice consonantique nasal suite à une voyelle nasal contrastive. Il s'agit, selon ma connaissance, de la première étude qui s'attarde spécifiquement à ce phénomène, et d'autres techniques pourraient se montrer fort utiles pour le documenter plus en profondeur.

En ce qui concerne les données de flux d'air nasal récoltées dans le cadre de cette étude, les conclusions tirées dans la littérature sur le sujet semblent concorder avec les résultats obtenus. En effet, étant donné le statut phonologique des voyelles nasales en FQ, on s'attend à ce qu'elles soient différenciées des nasalisées par les locuteurs. Il s'agit d'un appui phonétique au statut phonologique des voyelles nasales en français. Toutefois,

³ Les détails des analyses statistiques pour cette paire de catégories ne seront pas rapportées dans le présent travail étant donné que celui-ci porte essentiellement sur les différences entre les voyelles nasales et potentiellement nasalisées.

nous avons également pu observer une tendance à nasaliser les voyelles orales suivies d'une consonne nasale, phénomène qui avait été peu documenté jusqu'ici de façon expérimentale.

Ceci nous permet de formuler quelques questions supplémentaires en lien avec la présente étude. Par exemple, quelle est la différence entre un appendice nasal et une *vraie* consonne nasale? Existe-t-il des différences dans leur articulation et pouvons-nous dire qu'il s'agit de deux entités différentes, ou s'agit-il plutôt de segments similaires? On peut également se demander de quelle façon les locuteurs perçoivent cet appendice relativement variable ainsi que la nasalisation acoustique engendrée par le flux d'air nasal. Si une voyelle est nasalisée vers la fin de sa durée, les locuteurs utilisent-ils cet indice phonétique pour anticiper une consonne nasale suivante et, le cas échéant, de quelle façon peuvent-ils différencier cette voyelle d'une nasale contrastive? Répondre ces questions permettra certainement de documenter plus en profondeur le système phonétique ainsi que la phonologie du FQ, en plus d'apporter des pistes de réponse pour des questions plus larges de traitement du langage, autant en termes de production que de perception, et du traitement de la variabilité du signal sonore.

Références

- Beddor, Patrice. 1993. The perception of nasal vowels. Dans *Phonetics and phonology : Nasals, nasalization, and the velum*, sous la dir. de Marie K. Huffman et Rena A. Krakow, 171-196, San Diego: Academic Press.
- Boersma, Paul et David Weenink. 2014. *Praat : Doing phonetics by computer*. <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>
- Carignan, Christopher. 2013. When nasal is more than nasal : The oral articulation of nasal vowels in two dialects of French. Thèse de doctorat, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Cohn, Abigail. 1990. Phonetic and phonological rules of nasalization. Thèse de doctorat, University of California in Los Angeles.
- Côté, Marie-Hélène. 2012. Laurentian (Quebec) French : Extra vowels, missing schwas and surprising liaison consonants. Dans *Phonological variation in French : Illustrations from three continents*, sous la dir. de Randall Gess, Chantal Lyche et Trudel Meisenburg, 235-274. Amsterdam: John Benjamins.
- Delvaux, Véronique. 2006. Production des voyelles nasales en français québécois. Dans *Actes des XXVI^{èmes} Journées d'étude sur la parole*, 383-386. Dinard, France.
- Delvaux, Véronique, Didier Demolin, Bernard Harmegniew et Alain Soquet. 2008. The aerodynamics of nasalization in French. *Journal of Phonetics* 36:578-606.
- Gentleman, Robert et Ross Ihaka. 2014. *The R project for statistical computing*. <https://www.r-project.org>
- Ghio, Alain et Teston, Bernard. 2002. Caractéristiques de la dynamique d'un pneumotachographe pour l'étude de la production de la parole : Aspects acoustique et aérodynamique. Dans *Actes des XXIV^{èmes} Journées d'étude sur la parole*, 337-340. Nancy, France.
- Léon, Pierre. 1983. Les voyelles nasales et leurs réalisations dans les parlers français du Canada. *Langue française* 60:48-64.
- Maeda, Shinji. 1993. Acoustics of vowel nasalization and articulatory shifts in French nasal vowels. Dans *Phonetics and phonology : Nasals, nasalization, and the velum*, sous la dir. de Marie K. Huffman et Rena A. Krakow, 147-167, San Diego: Academic Press.
- Martin, Pierre. 2002. Le système vocalique du français du Québec : De l'acoustique à la phonologie. *La linguistique* 38:71-88.
- Martin, Pierre, Anne-Marie Beaudoin-Bégin, Marie-Josée Goulet et Johanna-Pascale Roy. 2001). Les voyelles nasales en français du Québec. *La linguistique* 37:49-70.

- Mirman, Daniel. 2014. Growth curve analysis and visualization using R. Boca Raton, FL: Taylor and Francis.
- Raposo de Medeiros, Beatriz, Mariapaola D'Imperion et Robert Espesser. 2008. O apêndice nasal : Dados aerodinâmicos e duracionais. *Revista do GEL* 5:122-138.