

L'antériorisation de /ɔ/ en français contemporain : une étude
acoustique comparative entre Québec et France

Mémoire

Xavier St-Gelais

**Maîtrise en linguistique de l'Université Laval offerte en extension à
l'Université du Québec à Chicoutimi**

Maître ès arts (M. A.)

Département des arts et lettres
Université du Québec à Chicoutimi
Chicoutimi, Canada

Faculté des lettres et des sciences humaines
Université Laval
Québec, Canada

© Xavier St-Gelais, 2019

Résumé

La présente étude porte sur l'antériorisation de /ɔ/, souvent étudiée en France, mais relativement peu au Québec. Pour mieux explorer la variation diatopique liée à ce phénomène et clarifier sa relation avec le contexte consonantique, une analyse acoustique comparative des trois premiers formants de 3835 voyelles produites en position accentuée dans des mots et pseudo-mots monosyllabiques (C)VC par 78 étudiants universitaires de Saguenay et de Québec (Québec) et de Lyon (France) a été menée. Des modèles de régression linéaire à effets mixtes appliqués aux données permettent de constater une différence importante du F₂ de /ɔ/ entre les villes, cette voyelle étant plus antérieure à Québec qu'à Saguenay et à Lyon qu'à Saguenay. Les voyelles québécoises et françaises se distinguent également, dans une moindre mesure, sur le plan de F₁ et de F₃. Dans tous les cas, quelle que soit leur position (antéposée ou postposée), les consonnes antérieures (ex. /t, d/) favorisent le F₂ le plus élevé et les consonnes labiales (ex. /p, b/), le F₂ le plus bas. Ces résultats indiquent que l'antériorisation de /ɔ/ à l'échelle acoustique est bien présente chez les jeunes locuteurs québécois et qu'elle est variable tant au niveau micro-géographique que macro-géographique, tout en étant largement affectée par la coarticulation chez tous les locuteurs.

Abstract

This study is concerned with /ɔ/-fronting, a phenomenon widely studied in France, but that has received little attention in Quebec French. To better understand the regional variation of /ɔ/-fronting and to further investigate its relationship with the consonantal environment, a contrastive acoustic analysis of the first three formants of 3835 stressed vowels uttered in (C)VC monosyllabic word and pseudo-words by university students from Saguenay and Québec (Quebec) and Lyon (France) was conducted. Linear mixed effects regressions fitted to the data show substantial variation in F_2 across cities, /ɔ/ being more fronted in Québec than in Saguenay and in Lyon than in Saguenay. F_1 and F_3 also vary between France and Quebec French. In all cases, no matter their position (before or after the vowel), front consonants (ex. /t, d/) favor the highest F_2 , while labial consonants (ex. /p, b/) are associated with the lowest F_2 . These results suggest that /ɔ/-fronting, at the acoustical level, is alive and well among young Quebec French speakers and that it is variable both at the micro- and macro-geographical levels, while also being largely affected by coarticulation across all speakers.

Table des matières

Résumé	iii
Abstract.....	v
Table des matières.....	vii
Liste des tableaux	x
Liste des figures.....	xii
Liste des formules.....	xv
Convention et abréviations.....	xvii
Remerciements	xix
Introduction	1
Chapitre 1 : Problématique et objectifs	5
1.1. Attestations historiques.....	5
1.2. Études phonologiques.....	6
1.3. Études phonétiques en Europe.....	10
1.3.1. Région parisienne.....	10
1.3.1.1. Remarques impressionnistes	10
1.3.1.2. Enquêtes auditives.....	12
1.3.1.3. Études acoustiques	20
1.3.1.4. Synthèse partielle	24
1.3.2. Europe francophone hors Paris.....	25
1.3.2.1. Remarques impressionnistes	26
1.3.2.2. Enquêtes auditives.....	26
1.3.2.3. Études acoustiques	27
1.3.2.4. Synthèse partielle	37
1.4. Études phonétiques en Amérique du Nord.....	38
1.4.1. Domaine linguistique acadien.....	39
1.4.1.1. Remarques impressionnistes	39
1.4.1.2. Enquêtes auditives.....	39
1.4.1.3. Synthèse partielle	40
1.4.2. Domaine linguistique québécois.....	40
1.4.2.1. Remarques impressionnistes	40
1.4.2.2. Enquêtes auditives.....	40
1.4.2.3. Études acoustiques	41
1.4.2.4. Synthèse partielle	46
1.5. Synthèse générale.....	47
1.5.1. Facteurs externes	47
1.5.2. Facteurs internes.....	48
1.6. Objectifs et hypothèses	49
Chapitre 2 : Cadre expérimental et méthodologie	51
2.1. Cadre expérimental	52
2.1.1. Formants	52
2.1.1.1. F ₁ , F ₂ et identité vocalique.....	52

2.1.1.2. F ₃ , indice supplémentaire	54
2.1.2. Dynamique spectrale	54
2.2. Méthodologie	57
2.2.1. Échantillon	57
2.2.1.1. Corpus C10-12	58
2.2.1.2. Corpus C16-17	59
2.2.1.3. Éthique	60
2.2.2. Matériel linguistique	60
2.2.2.1. Style de parole	60
2.2.2.2. Tâche de lecture	61
2.2.2.3. Enregistrements	62
2.2.2.4. Mots retenus pour l'analyse	63
2.2.3. Segmentation du signal sonore	64
2.2.4. Occurrences rejetées	66
2.2.5. Analyse acoustique	66
2.2.6. Analyse statistique	68
2.2.6.1. Valeurs de <i>p</i>	68
2.2.6.2. Modèles de régression linéaire à effets mixtes	69
2.2.7. Normalisation des données formantiques	75
2.2.7.1. Procédures de normalisation extrinsèques et intrinsèques aux voyelles	76
2.2.7.2. Normalisation par les effets aléatoires	77
2.3. Synthèse	78
Chapitre 3 : Résultats	79
3.1. Corpus C10-12	79
3.1.1. Résultats descriptifs	80
3.1.2. Statistiques	86
3.1.2.1. F ₁	87
3.1.2.2. F ₂	89
3.1.2.3. F ₃	93
3.1.3. Synthèse	95
3.2. Corpus C16-17	96
3.2.1. Résultats descriptifs	96
3.2.2. Statistiques	104
3.2.2.1. F ₁	104
3.2.2.2. F ₂	107
3.2.2.3. F ₃	112
3.2.3. Synthèse	116
Chapitre 4 : Discussion conclusive	118
4.1. Retour sur les hypothèses et limites des résultats	118
4.1.1. Effet de l'origine géographique	118
4.1.1.1. Corpus C10-12	118
4.1.1.2. Corpus C16-17	120
4.1.2. Effet du contexte consonantique	122
4.1.3. Effet du sexe	127
4.1.4. Évolution temporelle des formants	128
4.2. Limites méthodologiques	128
4.2.1. Variables dépendantes	129
4.2.2. Échantillon	129
4.2.3. Comparaison entre Québec et France	130

4.2.4. Modèles statistiques.....	131
4.2.5. Variables explicatives et codage des catégories	132
4.2.6. Tendances individuelles.....	135
4.3. Perspectives.....	136
4.3.1. Temporalité et hétérogénéité des effets	136
4.3.2. Domaine d'analyse	137
4.3.3. Perception	138
Bibliographie	140
Bibliothèques R utilisées	155
Annexe 1 : Tableau de l'alphabet phonétique international	158
Annexe 2 : Résultats préliminaires publiés.....	159
Annexe 3 : Recrutement des participants	168
Annexe 4 : Fiche sociologique	172
Annexe 5 : Tâche de lecture	173
Annexe 6 : Scripts PRAAT pour la collecte des données et l'analyse du corpus.....	174
Annexe 7 : Code R pour calculer l'étendue des ellipses de dispersion	200
Annexe 8 : Compléments aux résultats descriptifs pour le corpus C10-12.....	201
Annexe 9 : Résultats statistiques détaillés pour le corpus C10-12	204
Annexe 10 : Compléments aux résultats descriptifs pour le corpus C16-17.....	220
Annexe 11 : Résultats statistiques détaillés pour le corpus C16-17	223

Liste des tableaux

Tableau 1 – Grammairiens français cités par Thurot (1881) ayant fait mention de l’antériorisation de /ɔ/.....	5
Tableau 2 – Oppositions entre /ɔ/ et /œ/ dans le lexique du français	9
Tableau 3 – Contextes consonantiques propices à l’antériorisation de /ɔ/	19
Tableau 4 – Valeurs des deux premiers formants, arrondies à ± 50 Hz, des occurrences de /ɔ/ dans deux corpus différents selon la variété de français étudiée et le logiciel utilisé	29
Tableau 5 – Pourcentage d’occurrences de /ɔ/ classées par degré d’antériorité acoustique.....	32
Tableau 6 – Pourcentages d’occurrences de /ɔ/ alignés comme [ɔ], [œ] et [o] dans le corpus PFC selon la variété de français étudiée.....	33
Tableau 7 – Fréquence d’apparition de 12 consonnes du français après /ɔ/ dans le corpus de Roanne et taux d’antériorisation de la voyelle pour chaque contexte	35
Tableau 8 – Fréquences centrales normalisées du deuxième formant (F_2), en hertz (Hz), des occurrences de /ɔ/ dans différents contextes consonantiques produites par 43 locuteurs de Chicoutimi et de Jonquière enregistrés par Paradis (1985).....	44
Tableau 9 – Fréquences centrales du deuxième formant (F_2), en hertz (Hz), des occurrences de /ɔ/ et /œ/ dans différents contextes consonantiques produites par six hommes montréalais enregistrés par Yaeger (1979)	45
Tableau 10 – Mots et pseudo-mots contenant /ɔ/ dans les deux tâches de lecture (combinaisons $C_1 + \text{/}\text{ɔ/} + C_2$).....	62
Tableau 11 – Nombre de mots disponibles par corpus et par point d’enquête.....	64
Tableau 12 – Tableau de contingence des mots et des pseudo-mots en fonction de PRE_LIEU (C_1) et POST_LIEU (C_2)	71
Tableau 13 – Étendue (en kHz^2) des ellipses de dispersion englobant 95 % des occurrences de chaque combinaison de VILLE et de SEXE dans les espaces $F_1 \times F_2$ et $F_2 \times F_3$ aux trois points de mesure - Corpus C10-12.....	83
Tableau 14 – Patrons observés dans les analyses statistiques des fréquences formantiques - Corpus C10-12	95
Tableau 15 – Étendue (en kHz^2) des ellipses de dispersion englobant 95 % des occurrences de chaque combinaison de VILLE et de SEXE dans les espaces $F_1 \times F_2$ et $F_2 \times F_3$ aux trois points de mesure - Corpus C16-17	100
Tableau 16 – Patrons observés dans les analyses statistiques des fréquences formantiques - Corpus C10-12	116
Tableau 17 – Moyennes marginales estimées et intervalle de confiance à 95 % (en italique) pour F_2 (en Hz) dans chacune des deux villes du Québec en fonction du point de mesure temporel - Corpus C10-12.....	118
Tableau 18 – Moyennes marginales estimées et intervalle de confiance à 95 % (en italique) pour F_2 (en Hz) à Saguenay et à Lyon en fonction du point de mesure temporel - Corpus C16-17.....	120

Tableau 19 – Patrons des effets du lieu d’articulation des consonnes adjacentes sur F ₂ en fonction du point de mesure, du corpus et du groupe spécifique	125
Tableau 20 – Valeurs de R ² marginal et conditionnel (entre parenthèses) calculées pour chacun des modèles statistiques	133

Liste des figures

Figure 1 – Chevauchement des aires de réalisation des phonèmes /ɔ/ et /œ/	7
Figure 2 – Mutation en chaîne <i>senestrorsum</i> pour les voyelles postérieures du français	21
Figure 3 – Positionnement des classes vocaliques étudiées à Paris dans un espace $F_1 \times F_2$ normalisé (tous locuteurs confondus)	23
Figure 4 – Répartition des points d'enquête où l'antériorisation de /ɔ/ est mentionnée en fonction de l'étude.....	26
Figure 5 – Espaces vocaliques pour les hommes (panneau de gauche) et les femmes (panneau de droite) du nord et du sud de la France du corpus PFC selon les données obtenues avec PRAAT	30
Figure 6 – Trapèze vocalique des hommes de l'enquête menée auprès des étudiants de l'Université Laval.....	42
Figure 7 – Carte des trois points d'enquête.....	58
Figure 8 – Représentation en cascade (gauche) montrant une succession de coupes spectrales d'une occurrence de /ɔ/ et spectrogramme en bandes larges correspondant (droite).....	65
Figure 9 – Oscillogramme d'une occurrence de la voyelle /ɔ/.....	65
Figure 10 – Capture d'écran du script d'analyse des formants	67
Figure 11 – Structure des effets fixes et aléatoires évalués (gauche : C10-12; droite : C16-17).....	73
Figure 12 – Diagramme Quantile-Quantile montrant une distribution normale « à queues lourdes symétriques ».....	74
Figure 13 – Diagrammes biformantiques $F_1 \times F_2$ (panneaux de gauche) et $F_2 \times F_3$ (panneaux de droite) illustrant la répartition des 998 occurrences du corpus C10-12 selon les estimations effectuées à 25 % (panneaux du haut), 50 % (panneaux du milieu) et 75 % (panneaux du bas) de la durée vocalique	81
Figure 14 – Valeurs moyennes de F_2 à 50 % de la durée vocalique pour chacun des groupes constitués des croisements des facteurs VILLE et SEXE en fonction du mot - Corpus C10-12	82
Figure 15 – Trajectoires formantiques moyennes, de 25 à 75 % de la durée vocalique, dans des espaces biformantiques $F_1 \times F_2$ (panneau de gauche) et $F_2 \times F_3$ (panneau de droite) - Corpus C10-12	84
Figure 16 – Trajectoires formantiques moyennes, de 25 à 75 % de la durée vocalique, dans des espaces biformantiques $F_1 \times F_2$ (panneau de gauche) et $F_2 \times F_3$ (panneau de droite) en fonction du lieu d'articulation de la consonne antéposée - Corpus C10-12.....	85
Figure 17 – Trajectoires formantiques moyennes, de 25 à 75 % de la durée vocalique, dans des espaces biformantiques $F_1 \times F_2$ (panneau de gauche) et $F_2 \times F_3$ (panneau de droite) en fonction du lieu d'articulation de la consonne postposée - Corpus C10-12.....	86
Figure 18 – Moyennes marginales estimées pour F_1 à 25 % de la durée vocalique en fonction de PRE_LIEU et de SEXE - Corpus C10-12.....	87

Figure 19 – Moyennes marginales estimées pour F ₁ à 50 % de la durée vocalique en fonction de PRE_LIEU et de VILLE (panneau de gauche) et de PRE_LIEU et de SEXE (panneau de droite) - Corpus C10-12.....	88
Figure 20 – Moyennes marginales estimées pour F ₁ à 75 % de la durée vocalique en fonction de PRE_LIEU, de VILLE et de SEXE (panneau de gauche : femmes, panneau de droite : hommes) - Corpus C10-12.....	89
Figure 21 – Moyennes marginales estimées pour F ₂ à 25 % de la durée vocalique en fonction de POST_LIEU et de VILLE (panneau de gauche) et de PRE_LIEU et de SEXE (panneau de droite) - Corpus C10-12.....	90
Figure 22 – Moyennes marginales estimées pour F ₂ à 50 % de la durée vocalique en fonction de PRE_LIEU et de SEXE - Corpus C10-12.....	91
Figure 23 – Moyennes marginales estimées pour F ₂ à 75 % de la durée vocalique en fonction de post_lieu et de sexe - Corpus C10-12.....	92
Figure 24 – Moyennes marginales estimées pour F ₃ à 25 % de la durée vocalique en fonction de PRE_LIEU et de SEXE - Corpus C10-12.....	93
Figure 25 – Moyennes marginales estimées pour F ₃ à 50 % de la durée vocalique en fonction de PRE_LIEU et de SEXE - Corpus C10-12.....	94
Figure 26 – Moyennes marginales estimées pour F ₃ à 75 % de la durée vocalique en fonction de POST_LIEU et de VILLE (panneau de gauche) et de PRE_LIEU et de SEXE (panneau de droite) - Corpus C10-12.....	95
Figure 27 – Diagrammes biformantiques F ₁ × F ₂ (panneaux de gauche) et F ₂ × F ₃ (panneaux de droite) illustrant la répartition des 2837 occurrences du corpus C16-17 selon les estimations effectuées à 25 % (panneaux du haut), 50 % (panneaux du milieu) et 75 % (panneaux du bas) de la durée vocalique.....	98
Figure 28 – Valeurs moyennes de F ₂ à 50 % de la durée vocalique pour chacun des groupes constitués des croisements des facteurs VILLE et SEXE en fonction du mot - Corpus C16-17.....	99
Figure 29 – Trajectoires formantiques moyennes, de 25 à 75 % de la durée vocalique, dans des espaces biformantiques F ₁ × F ₂ (panneau de gauche) et F ₂ × F ₃ (panneau de droite) - Corpus C16-17.....	101
Figure 30 – Trajectoires formantiques moyennes, de 25 à 75 % de la durée vocalique, dans des espaces biformantiques F ₁ × F ₂ (panneau de gauche) et F ₂ × F ₃ (panneau de droite) en fonction du lieu d’articulation de la consonne antéposée - Corpus C16-17.....	103
Figure 31 – Trajectoires formantiques moyennes, de 25 à 75 % de la durée vocalique, dans des espaces biformantiques F ₁ × F ₂ (panneau de gauche) et F ₂ × F ₃ (panneau de droite) en fonction du lieu d’articulation de la consonne antéposée - Corpus C16-17.....	104
Figure 32 – Moyennes marginales estimées pour F ₁ à 25 % de la durée vocalique en fonction de VILLE et de SEXE (panneau de gauche) et de PRE_LIEU et de SEXE (panneau de droite) - Corpus C16-17.....	105
Figure 33 – Moyennes marginales estimées pour F ₁ à 50 % de la durée vocalique en fonction de VILLE et de SEXE - Corpus C16-17.....	106
Figure 34 – Moyennes marginales estimées pour F ₁ à 75 % de la durée vocalique en fonction de VILLE et de POST_LIEU - Corpus C16-17.....	107

Figure 35 – Moyennes marginales estimées pour F_2 à 25 % de la durée vocalique en fonction de SEXE et de PRE_LIEU (panneau de gauche) et de VILLE et de PRE_LIEU (panneau de droite) - Corpus C16-17.....	108
Figure 36 – Moyennes marginales estimées pour F_2 à 50 % de la durée vocalique en fonction de SEXE et de POST_LIEU (panneau de gauche) et de VILLE et de PRE_LIEU (panneau de droite) - Corpus C16-17	110
Figure 37 – Moyennes marginales estimées pour F_2 à 75 % de la durée vocalique en fonction de VILLE et de PRE_LIEU - Corpus C16-17.....	111
Figure 38 – Moyennes marginales estimées pour F_2 à 75 % de la durée vocalique en fonction de POST_LIEU, de VILLE et de SEXE (panneau de gauche : femmes, panneau de droite : hommes) - Corpus C16-17	112
Figure 39 – Moyennes marginales estimées pour F_3 à 25 % de la durée vocalique en fonction de VILLE et de PRE_LIEU - Corpus C16-17.....	113
Figure 40 – Moyennes marginales estimées pour F_3 à 50 % de la durée vocalique en fonction de VILLE et de PRE_LIEU - Corpus C16-17.....	114
Figure 41 – Moyennes marginales estimées pour F_3 à 75 % de la durée vocalique en fonction de POST_LIEU (panneau de gauche) et de VILLE et de PRE_LIEU (panneau de droite) - Corpus C16-17.....	115
Figure 42 – Modes conditionnels par MOT calculés pour F_2 à 25 % (panneau de gauche) et à 50 % (panneau de droite) de la durée vocalique - Corpus C10-12.....	126
Figure 43 – Modes conditionnels par MOT calculés pour F_2 à 25 % (panneau de gauche) et à 50 % (panneau de droite) de la durée vocalique - Corpus C16-17.....	127

Liste des formules

Formule 1 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_1 à 25 % de la durée vocalique - Corpus C10-12	87
Formule 2 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_1 à 50 % de la durée vocalique - Corpus C10-12	88
Formule 3 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_1 à 75 % de la durée vocalique - Corpus C10-12	89
Formule 4 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_2 à 25 % de la durée vocalique - Corpus C10-12	90
Formule 5 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_2 à 50 % de la durée vocalique - Corpus C10-12	91
Formule 6 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_2 à 75 % de la durée vocalique - Corpus C10-12	92
Formule 7 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_3 à 25 % de la durée vocalique - Corpus C10-12	93
Formule 8 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_3 à 50 % de la durée vocalique - Corpus C10-12	93
Formule 9 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_3 à 75 % de la durée vocalique - Corpus C10-12	94
Formule 10 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_1 à 25 % de la durée vocalique - Corpus C16-17.....	104
Formule 11 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé initialement pour F_1 à 50 % de la durée vocalique - Corpus C16-17.....	105
Formule 12 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes final retenu pour F_1 à 50 % de la durée vocalique - Corpus C16-17.....	106
Formule 13 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_1 à 75 % de la durée vocalique - Corpus C16-17.....	106
Formule 14 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_2 à 25 % de la durée vocalique - Corpus C16-17.....	107
Formule 15 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_2 à 50 % de la durée vocalique - Corpus C16-17.....	109
Formule 16 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_2 à 75 % de la durée vocalique - Corpus C16-17.....	110
Formule 17 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_3 à 25 % de la durée vocalique - Corpus C16-17.....	112
Formule 18 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_3 à 50 % de la durée vocalique - Corpus C16-17.....	113
Formule 19 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé initialement pour F_3 à 75 % de la durée vocalique - Corpus C16-17.....	114

Formule 20 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes final retenu pour F_3 à 75 % de la durée vocalique - Corpus C16-17	115
---	-----

Convention et abréviations

Symboles phonétiques

Les symboles phonétiques utilisés dans le présent travail, hormis lorsqu'ils sont cités à partir de sources adoptant d'autres conventions, sont ceux de l'alphabet phonétique international (voir **Annexe 1**). Les barres obliques délimitent les transcriptions phonologiques et les crochets, les transcriptions phonétiques.

Notation R

Dans le **Chapitre 3**, dans l'**Annexe 9** et dans l'**Annexe 11**, nous rapportons des formules utilisées dans la fonction *lmer* de la bibliothèque R *lme4* (Bates, Mächler, Bolker et Walker, 2015). Quoique nous renvoyons le lecteur à Bates *et al.* (2015 : 6) pour une explication plus complète des symboles utilisés dans ces formules, nous donnons ici un aperçu de ceux auxquels nous avons eu recours dans l'élaboration de nos modèles statistiques.

Symbole	Signification
$X \sim Y$	X en fonction de Y
$X:Y:Z$	Interaction entre X, Y et Z n'incluant pas les interactions d'ordre inférieur (ex. $X:Y$)
$(1 Y)$	Constantes aléatoires pour le facteur Y
$(1+X Y)$	Constantes aléatoires pour le facteur Y et pentes aléatoires pour le facteur X pour chaque niveau de Y
$(1+X+Z Y)$	Constantes aléatoires pour le facteur Y et pentes aléatoires corrélées entre elles pour les facteurs X et Z pour chaque niveau de Y
$(1+X Y) + (0+Z Y)$	Constantes aléatoires pour le facteur Y et pentes aléatoires non corrélées entre elles pour les facteurs X et Z pour chaque niveau de Y

Abréviations

Les abréviations apparaissant au moins deux fois dans le texte sont rapportées dans le tableau suivant, regroupées selon leur catégorie.

Catégorie	Abréviation	Signification
Indices acoustiques	f_0	Fréquence fondamentale
	F_1	Fréquence centrale du premier formant
	F_2	Fréquence centrale du deuxième formant
	F_3	Fréquence centrale du troisième formant
	F_4	Fréquence centrale du quatrième formant
Statistiques	LMM	Modèle de régression linéaire à effets mixtes (<i>linear mixed model</i>)
	ANOVA	Analyse de la variance (<i>analysis of variance</i>)
	GAMM	Modèle additif généralisé mixte (<i>generalized additive mixed model</i>)
	LRT	Test du rapport de vraisemblance (<i>likelihood ratio test</i>)
	AIC	Critère d'information d'Akaike (<i>Akaike information criterion</i>)
MME	Moyenne marginale estimée	

Catégorie	Abréviation	Signification
	IC	Intervalle de confiance
	d. l.	Degré de liberté
Corpus	PFC	<i>Phonologie du français contemporain</i> (Lyche, 2005)
	C10-12	Corpus 2010-2012 (Saguenay/Québec; Vincent Arnaud)
	C16-17	Corpus 2016-2017 (Saguenay/Lyon; présente étude)
Lieu d'articulation	0	Aucun lieu d'articulation
	L	Labial
	A	Antérieur
	P	Postérieur
Représentations syllabiques	C, C ₁ , C ₂	Consonne, consonne antéposée, consonne postposée
	V	Voyelle
	X, X	X antéposé, X postposé
Niveaux des facteurs fixes	SG	Saguenay
	QC	Québec
	LY	Lyon
	H	Homme
	F	Femme
Divers	VISC	Dynamique spectrale intrinsèque des voyelles (<i>vowel inherent spectral change</i>)
	DCT	Transformées en cosinus discrètes (<i>direct cosine transform</i>)
	SSE	Statut socioéconomique

Formants

Dans le texte, chaque fois que nous utilisons le mot *fréquence* seul (comme dans « fréquence de F₁ » ou « fréquence formantique »), nous faisons allusion à la fréquence *centrale* du formant.

Remerciements

Si je rédige aujourd'hui la section *Remerciements* d'un mémoire de maîtrise, c'est grâce à une multitude de personnes qu'on me pardonnera, je l'espère, de remercier dans le détail dans les deux pages suivantes. On consacre d'ordinaire bien trop peu de mots à ces gens qui nous ont épaulé.

D'abord et avant tout, je me dois de souligner le soutien indéfectible de mon directeur de recherche, Vincent Arnaud. Dès la septième semaine de mon baccalauréat, il a su, par sa passion contagieuse, montrer à l'étudiant hésitant que j'étais alors tout l'intérêt de poursuivre des études supérieures en linguistique. Tout au long du processus qui m'a mené jusqu'ici, il m'a prodigué de précieux conseils en donnant son temps sans le compter. Maintes et maintes fois, ses commentaires ont chassé les écueils passagers inhérents à la rédaction d'un travail long. Je lui suis particulièrement reconnaissant d'avoir fait des pieds et des mains pour m'offrir un parcours universitaire des plus stimulants, ponctué par plusieurs bourses et stages de recherche. Sans lui, je ne serais pas la personne que je suis aujourd'hui.

Je remercie également Egidio Marsico d'avoir co-dirigé ce mémoire. Ses relectures attentives et son assistance pour la mise sur pied du volet lyonnais du corpus m'ont grandement aidé à parachever mon travail. Sa présence comme point de repère pendant mon stage à Lyon s'est aussi révélée tout à fait précieuse. Ma reconnaissance se porte de même vers Johanna-Pascale Roy et Marie-Hélène Côté, qui ont accepté d'évaluer ce mémoire et qui ont rendu mes séjours à l'Université Laval des plus agréables et des plus enrichissants, chacune à leur façon.

À François Pellegrino, un grand merci de m'avoir accueilli au sein du laboratoire Dynamique du langage, dont je conserve un impérissable souvenir, et, avec Florence Levrero et Vincent Arnaud, d'avoir placé en moi sa confiance pour un projet de recherche qui m'a fait découvrir la bioacoustique. Je le remercie aussi d'avoir nourri ma réflexion quant à la poursuite d'études doctorales. Je salue par ailleurs Christophe Coupé pour sa fascinante hyperactivité scientifique et lui exprime ma gratitude pour ses conseils profitables relativement au domaine infiniment complexe des statistiques.

Je n'oublierai pas l'imperturbable flegme de Jean Dolbec, ni sa générosité, qui s'est manifestée à nombre d'occasions au cours de mon parcours : je lui suis reconnaissant d'avoir poussé mes réflexions au-delà de l'intuition première, d'avoir abreuvé ma curiosité quant au volet historique de la phonétique et de s'être montré un fidèle compagnon de laboratoire. À ce titre, je souligne également l'enthousiasme de Mireille, qui, quoiqu'elle ait suivi un cheminement différent du mien, a été une partenaire scientifique dévouée et une amie chère au cours des dernières années. Son humour et sa sincérité m'auront marqué, et ce fut un véritable plaisir de la côtoyer.

Je remercie vivement Carole Fisher de m'avoir, la première, permis de prendre de l'expérience en recherche, et Sandrine Tailleur de m'avoir intégré dans ses projets et permis de travailler en étroite collaboration avec elle. Je suis grâce à elle un chercheur nettement plus aguerri. Odette Gagnon mérite également ma gratitude pour s'être montrée ouverte aux nombreuses initiatives et revendications que j'ai portées pendant mon baccalauréat, pour ses encouragements et pour les efforts qu'elle a investis pour faciliter mon cheminement plutôt atypique. Merci aussi à Luc Baronian pour ses travaux pratiques qui ont aiguisé tant mon sens critique que ma capacité d'analyse.

Ces dernières années, j'ai eu la chance de travailler au Centre de la communication orale et écrite de l'UQAC : j'y ai passé d'inoubliables moments avec des collègues mémorables. Je remercie Stéphanie Bissonnette d'avoir été une superviseuse d'une rare générosité, toujours à l'écoute. Son inégalable sens de la conversation m'a vite mis à l'aise et m'a indéniablement aidé à bien m'intégrer au département.

À Caroline et à Josiane, merci d'avoir partagé leurs connaissances et leurs intuitions avec moi et d'avoir su me rassurer dans les moments de doute. Elles ont été des exemples à suivre tout au long de mon parcours. Que chacune voie son doctorat couronné de succès!

Je veux aussi souligner la solidarité exprimée par de nombreux et loyaux amis passés par la maîtrise en même temps que moi, qui se reconnaîtront : échanger avec eux m'a permis d'atténuer la pression que je sentais à l'occasion peser sur moi et de naviguer avec plus de confiance dans les eaux parfois troubles des études supérieures. Je salue particulièrement Mylène, que j'ai appris à connaître une fois à la maîtrise : je suis admiratif de sa rigueur, et je n'oublierai pas son originalité, son humour et son formidable sens de la repartie.

Je remercie Vincent, Janik et Samuel, cet excellent animateur, pour ces dîners philosophiques à l'Université Laval, qui me faisaient arriver dans mon séminaire de phonologie le cerveau déjà bien actif. Parlant de repas, mon séjour au DDL s'est trouvé amélioré par les festins avec Leslie, Jennifer et Priyanka, Agathe, Hélène et Marie, qui m'ont fait sentir un peu chez moi à l'étranger.

J'adresse, non sans nostalgie, mes plus vifs remerciements à Émilie F., à Emilie L., à Virginie et à Juliette, de même qu'à Adrien (et aux chats en bois...), qui ont ponctué ma vie d'étudiant d'inoubliables moments de camaraderie. Merci aussi à Michèle d'avoir tant insisté pour travailler en équipe avec moi en français québécois (qu'aurait été mon parcours universitaire autrement?), d'avoir inventé M. Citroïde et d'avoir su composer maintes fois avec mon caractère têtu et mes blagues sur St-Gédéon, et à Alice d'avoir partagé avec moi non seulement mon premier appartement (pour trop peu de temps!), mais aussi des colloques, la gestion de l'association étudiante et l'expérience de la maîtrise. Son humour et son calme ont maintes et maintes fois désamorcé des situations anxieuses.

Je suis choyé d'avoir eu à mes côtés, du début à la fin de mes études postsecondaires au Saguenay, une amie de la qualité de Marie-Ève. Sa compagnie a été précieuse et ses conseils, judicieux; elle a en outre été une collègue d'exception au CCOE et aux archives. Je remercie aussi Alexandre de sa complicité profonde et sincère : il a toujours été là, notamment dans les moments plus difficiles, et ses sages paroles m'ont plusieurs fois aidé à relativiser les choses, puisque je savais qu'il passait par les mêmes étapes que moi. À Alex, merci de m'avoir fait sortir de ma tanière pour prendre l'air à chacune de ses visites en terre saguenéenne, de s'être souvent enquis de l'avancement de mes travaux (ça m'a aidé à rester motivé) et d'avoir largement contribué à établir la trame sonore d'innombrables moments de lecture, de rédaction et d'analyse.

Je tiens en outre à exprimer ma profonde gratitude à ma famille : mes grands-parents, qui ont toujours fait de leur mieux pour comprendre mes travaux et qui m'ont sans cesse encouragé, et mes parents, qui m'ont offert leur soutien inconditionnel *en toutes circonstances*, non seulement pendant ce mémoire, mais tout au long de ma vie, méritent mes plus sincères remerciements. Merci tout particulièrement à mon frère Alexis d'avoir toujours partagé avec moi ses découvertes et de ne jamais s'être arrêté à la barrière séparant les sciences « naturelles » de la linguistique.

À Marjorie, merci d'être venue s'accrocher à la poignée de la porte du CCOE pour une conversation spontanée qui a finalement duré plusieurs heures, ce qui s'est révélé, en définitive, bien peu en regard de toutes celles qui ont suivi. Sa présence ces deux dernières années a été providentielle : elle a été là moralement même quand elle n'y était pas physiquement. Son intarissable patience et ses sincères paroles de réconfort ont atténué les inévitables angoisses dont j'ai parfois subi les assauts, et son émerveillement pour les faits de langue a soulevé des discussions fécondes qui ont laissé leur marque dans mes réflexions subséquentes.

Un travail comme celui-ci n'aurait pas été possible sans la contribution de près de 80 locuteurs, dont 36 que j'ai eu le privilège d'enregistrer moi-même. Je leur suis infiniment reconnaissant d'avoir donné leur parole à la science! Je remercie également tous les membres du DDL qui ont bien voulu m'aider avec le recrutement de participants, et plus particulièrement Léa De Carolis.

Je suis, enfin, redevable au Conseil de recherche en sciences humaines du Canada (CRSH), au Fonds de recherche du Québec – Société et culture (FRQ-SC) et au labex Études avancées sur la complexité du langage (ASLAN) de l'Université de Lyon pour leur soutien financier, qui a considérablement facilité la réalisation de ce mémoire de maîtrise dans les meilleures conditions.

Introduction

Tout observateur averti des faits linguistiques peut en convenir aisément : la langue est éminemment variable (Labov, 1979). D'une époque, d'un pays, d'une ville, d'un milieu social, d'un individu, d'un environnement phonétique à l'autre, les usages diffèrent. Au cours du développement de la linguistique théorique, cette formidable hétérogénéité a d'abord été perçue comme un obstacle. Ainsi, du point de vue des structuralistes du début du siècle dernier, Ferdinand de Saussure en tête, ou des premiers générativistes, à la suite de Noam Chomsky, la variation est une source de bruit, une difficulté dont doit s'affranchir le linguiste pour parvenir à une description pertinente de la langue (Honeybone, 2011). L'une des célèbres dichotomies proposées par Saussure (1916 [2005] : 20) oppose la *parole*, fruit d'une actualisation individuelle de la langue, et la *langue*, système homogène et conventionnel; pour le père du structuralisme, « en séparant la langue de la parole, on sépare du même coup : 1° ce qui est social de ce qui est individuel ; 2° ce qui est essentiel de ce qui est accessoire et plus ou moins accidentel » [c'est nous qui soulignons]. Chomsky (1965 : 4), qui dresse lui aussi une distinction analogue entre la *compétence*, comparable à la *langue* saussurienne¹, et la *performance*, parallèle à la *parole*, déclare encore plus nettement que Saussure (1916) que « observed use of language [...] may provide evidence as to the nature of this [competence], but surely cannot constitute the actual subject matter of linguistics, if this is to be a serious discipline » [c'est nous qui soulignons].

L'avènement de la sociolinguistique variationniste, principalement diffusée par l'intermédiaire des écrits de William Labov à partir des années 1960, a modifié ce découpage méthodologique. Comme le rappelle Labov (1979 : 263), la vision structuraliste et générativiste force à considérer que toute alternance de formes linguistiques constitue soit une « permutation de codes » (*code switching*), soit une « variation libre » : dans ce dernier cas, l'une et l'autre des formes se valent et n'ont pas de signification différenciée. Labov rejette cette analyse et propose plutôt que la variation présente dans la langue est inhérente et structurée, brisant, de ce fait, l'association traditionnelle entre structure et homogénéité (Weinreich, Labov et Herzog, 1968). À sa suite, les sociolinguistes étudient donc l'hétérogénéité dans la langue en reconnaissant que celle-ci est causée par des facteurs d'influence de deux types, internes et externes, agissant souvent en interaction. Les facteurs internes sont ceux qui ont trait au système de la langue lui-même, comme l'ordre des mots, la structure accentuelle ou l'environnement segmental, alors que les facteurs externes sont liés à l'utilisation de la langue en contexte social; ainsi l'âge, la classe sociale ou le genre en sont-ils des exemples. Historiquement, le travail des sociolinguistes, qui fait la part belle aux facteurs externes en portant surtout sur les liens entre la composition sociale des communautés et les usages linguistiques, s'est principalement effectué sur le terrain des usages phoniques : les grandes enquêtes classiques (celle de Labov, 1963a [2006] sur le /r/ dans les grands magasins new-yorkais; celle de Labov, 1963b [1979] sur les diphtongues à Martha's Vineyard; celle de Labov, Yaeger et Steiner, 1972 sur les changements

¹ Chomsky (1965 : 4) conçoit la compétence comme un ensemble de règles permettant de générer le contenu linguistique plutôt que comme un système de signes.

en chaîne en anglais américain; celle de Trudgill, 1974 menée à Norwich, en Angleterre) sont centrées sur la variation phonétique, dans le prolongement de la tradition dialectologique (Candea et Trimaille, 2015 : 11).

L'évolution de la sociolinguistique s'est toutefois faite en parallèle de celle de la phonétique traditionnelle, tant et si bien que leurs objectifs et leurs méthodes, quoiqu'apparentés, n'ont que rarement convergé (Thomas, 2015 : 215-217). On assiste récemment à la genèse d'un nouveau point de rencontre entre ces disciplines : les travaux analysant les phénomènes phoniques à la lumière de facteurs externes se définissent de plus en plus comme relevant de la *sociophonétique*. La première acception de ce terme est attribuée à Deshaies-Lafontaine (1974) (Foulkes et Docherty, 2006; Thomas, 2007); il est néanmoins plus fréquent depuis le milieu des années 2000, et ce, avec un sens plus large qu'à l'origine (Foulkes et Docherty, 2006). Désormais, « [...] le mot est doté d'une forte charge programmatique et [...] nous assistons peut-être au début de l'institutionnalisation de la [sociophonétique] comme discipline, ou plutôt comme domaine interdisciplinaire, au niveau international » (Candea et Trimaille, 2015 : 18).

La sociophonétique est un champ présentant une diversité définitoire : comme le soulignent Foulkes *et al.* (2010 : 704), « given the recent growth of the field and the disparate paths it has taken, providing an adequate definition of sociophonetics is far from straightforward ». Pour ces auteurs, toutes les études se réclamant de la sociophonétique ont l'objectif commun de décrire et d'expliquer la variation phonétique socialement structurée sous plusieurs aspects : ses manifestations physiques, son évaluation sociale, son apprentissage et son traitement cognitif. Si une certaine séparation entre deux types de sociophonétiques semble toujours exister (Thomas, 2007), Hay et Drager (2007 : 94) considèrent toutefois que le champ d'études peut progresser et s'homogénéiser grâce à une conjugaison de chacune des disciplines parentes. Ainsi, du côté phonétique, ces auteures plaident pour un recours plus généralisé à une analyse acoustique fine de la parole pour l'étude de la production plutôt qu'à des méthodologies fondées sur les impressions auditives des chercheurs, celles-ci tendant à simplifier des phénomènes phoniques en les ramenant à des catégories discrètes. Du côté sociolinguistique, Hay et Drager (2007 : 93) soutiennent qu'une approche ethnographique, dans le prolongement de celle adoptée, par exemple, par Eckert (1988) ou Bucholtz (1999), serait plus à même de représenter « the wide range of social factors that could influence the patterning of phonetic variation ».

Dans ce mémoire, nous adopterons la définition de la sociophonétique mise de l'avant par Foulkes et Docherty (2006 : 412), qui l'envisagent comme s'intéressant à « any instance of variation where the indexed factor is at least *partly* socially-constructed and, therefore, cannot be fully explained by universal principles such as those of acoustics and aerodynamics ». Selon ces auteurs, chaque production orale contient des informations sociolinguistiques dites indicielles (*indexical*), en ce sens qu'elles sont associées à une catégorie sociale spécifique. En effet, comme l'expliquent Docherty et Mendoza-Denton (2012 : 55), la parole « is the channel through which, at one and the same time, speakers phonetically realize the phonological system acting as the foundation for lexical contrast and project the social-indexical features appropriate for particular communicative contexts ».

Des études sociophonétiques récentes menées en français québécois fournissent des exemples de variantes indicelles de l'origine géographique : des réalisations peu diphtonguées et plutôt tendues des voyelles /i, y, u/ (Sigouin, 2013) en contexte allongeant (devant /ʁ, v, ʒ, z/) sont par exemple associées plutôt à Saguenay qu'à Québec, alors que des occurrences particulièrement ouvertes de la voyelle moyenne /ɛ/ en finale de mot distinguent nettement la parole des locuteurs saguenéens de celles des locuteurs de la capitale (Riverin-Coutlée, 2015). Ces deux phénomènes n'épuisent toutefois pas l'ensemble des variations présentes dans le système vocalique du français québécois. Ce mémoire est consacré à une autre voyelle moyenne, /ɔ/ (celle de *bonne*) : en français contemporain, celle-ci peut être réalisée [ɔ̃], voire [œ] (comme dans *seul*). Cette tendance est particulièrement documentée en français hexagonal (Martinet, 1957; Coveney, 2001; Boula de Mareuil, Adda-Decker et Woehrling 2010), mais est également mentionnée en français québécois (Paradis, 1985; Martin, 2002; Lamontagne, 2015). Elle reçoit diverses dénominations, étant appelée tantôt *centralisation* (Lennig, 1978; Flikeid, 1994; Falkert, 2008), tantôt *avancée* (Gendron, 1966; Gadet, 1992, 1997), mais le plus souvent *antériorisation* (Walter, 1976; Péretz, 1977; Fónagy, 1989; Malderez, 1995; Léon, 1996; Carton, 2000; Arnaud, 2006; Hall, 2007; Boula de Mareuil *et al.*, 2010; Lyche, 2010; Hansen et Juillard, 2011; Mooney, 2016; *fronting* en anglais, ex. Armstrong et Low, 2008). C'est ce dernier terme que nous retiendrons dans la présente étude. En synchronie, les réalisations antériorisées de /ɔ/ sont parfois perçues comme des occurrences du phonème /œ/, comme en témoignent plusieurs anecdotes relevées dans la littérature (par ex., à l'oral, /vɔl/ entendu « veulent », Fónagy, 1989 : 245; /lɔmoseksualite/ entendu « le mot *sexualité* », Malderez, 1995 : 2; à l'écrit, « Beaujélais » ou « petiron », Gadet, 1992 : 33).

L'objectif de ce mémoire est d'apporter des données nouvelles sur l'antériorisation de /ɔ/ en français contemporain afin de mieux comprendre sa variation interindividuelle et son conditionnement phonétique. Comme le montrera l'état de la question présenté dans le **Chapitre 1**, le phénomène semble affecté par diverses variables sociales et linguistiques. Pour notre part, nous examinerons en premier lieu la variation diatopique à un niveau micro-géographique, en comparant entre eux deux points d'enquête au Québec, soit les villes de Québec et de Saguenay, et à un niveau macro-géographique en comparant la France et le Québec. Une telle comparaison sera, à notre connaissance, la première du genre pour la voyelle /ɔ/. En second lieu, l'effet du lieu d'articulation des consonnes adjacentes à /ɔ/ sera également évalué. D'autres facteurs potentiellement confondants (âge des participants, position prosodique de la voyelle, style de parole, etc.) seront contrôlés par notre cadre méthodologique.

Pour atteindre nos objectifs, nous procéderons à l'analyse acoustique de quelque 3800 occurrences de la voyelle /ɔ/ en examinant les trois premiers formants vocaliques en trois points de mesure temporels. Une première section du **Chapitre 2** sera consacrée aux fondements de la prise en compte des formants et de la dynamique temporelle dans l'analyse acoustique des voyelles. La deuxième section de ce chapitre détaillera la méthodologie de notre étude, notamment les caractéristiques des corpus utilisés, le choix des points d'enquête, les procédures d'enregistrement, le protocole de segmentation et d'analyse acoustique et les modèles statistiques utilisés pour interpréter les données.

Les résultats seront rapportés dans le **Chapitre 3**, divisé en deux sections, l'une consacrée aux différences entre Québec et Saguenay, l'autre à celles entre la France et le Québec. Une discussion générale et conclusive des faits dégagés sera présentée dans le **Chapitre 4**, qui fera également état des limites de notre étude et exposera les perspectives de recherche concernant le phénomène d'antériorisation de /ɔ/.

Chapitre 1 : Problématique et objectifs

1.1. Attestations historiques

Plusieurs traces écrites témoignent de la profondeur historique du phénomène d'antériorisation de la voyelle /ɔ/. Par exemple, dans sa grammaire du français à l'usage des Britanniques, Palsgrave (1530 [1852] : 240) utilise un <e> pour orthographier le /ɔ/ de *domaine*. Il s'agirait de la plus ancienne trace susceptible de faire allusion à ce phénomène (Fónagy 1989). Thurot (1881 : 267-270), dans une revue des commentaires formulés par les grammairiens et les « remarqueurs » du XVI^e siècle au XVIII^e siècle, relève une multitude de mentions de prononciations critiquées qui semblent attribuables à l'antériorisation de /ɔ/. Dans les exemples qu'il mentionne, la voyelle antériorisée se trouve toujours en syllabe ouverte inaccentuée : « [d]ans les syllabes atones, l'*e*, généralement féminin, provient sans doute d'un affaiblissement de l'*o* dans la plupart des mots ». Le Tableau 1 consigne les mentions dont Thurot (1881) fait état.

Remarqueur	Date	Prononciations notées	Mots correspondants
J. Palsgrave	1530	<i>Demaine</i>	Domaine
R. Estienne	1549	<i>Demaine, gremeler, emologuer</i>	Domaine, grommeler, homologuer
J. Thierry	1572	<i>Grivelé</i>	Grivolé
A. Baïf	1574	<i>Grivelé</i>	Grivolé
H. Estienne	1582	<i>Emologuer</i>	Homologuer
É. Tabourot	1587	<i>Griveler, emologuer</i>	Grivoler, homologuer
J. Nicot	1606	<i>Demaine</i>	Domaine
A. Oudin	1633	<i>Chucheter, grivelé, demaine, galefretier, gremeler, protecole, emologuer, emologation</i>	Chuchoter, grivolé, domaine, galefrotier, grommeler, protocole, homologuer, homologation
C. F. Vaugelas	1647	<i>Quemencer</i>	Commencer
S. Dupleix	1651	<i>Quemencer</i>	Commencer
O. Patru	1674	<i>Quemencer</i>	Commencer
J. Bérain	1675	<i>Quemencer, quemode, inquemode, protecole</i>	Commencer, commode, incommode, protocole
C.-P. Richelet	1680	<i>Griveler, galefretier</i>	Grivoler, galefrotier
O. (P.) Lanoue	1696	<i>Griveler, emologation</i>	Grivoler, homologation
A. Renaud	1697	<i>Quemencer</i>	Commencer
F.-U. Domergue	1805	<i>Inquemodé</i>	Incommodé
Académie française	1694, 1718, 1740, 1762	<i>Chucheter</i>	Chuchoter
N. de la Touche	1696, 1710	<i>Chucheter, protecole, protenotaire</i>	Chuchoter, protecole, protenotaire

Tableau 1 – Grammairiens français cités par Thurot (1881) ayant fait mention de l'antériorisation de /ɔ/

La plupart des auteurs mentionnent le caractère parisien de ce phénomène. On retrouve toutefois une remarque autre que géographique chez Vaugelas (1647 : 425) : critiquant l'antériorisation du /ɔ/ de *commencer*, celui-ci note que « plusieurs Parisiens doivent prendre garde à une mauvaise

prononciation de ce verbe, [qu'il a] remarquée même en des personnes célèbres à la Chaire & au Barreau ». Desgranges (1821 : 46), dont le *Petit dictionnaire du peuple à l'usage des quatre cinquièmes de la France* ne fait pas partie des ouvrages recensés par Thurot (1881), considère quant à lui que des prononciations comme « kemodités » pour *commodités* « sent[ent] un peu la halle », indiquant une éventuelle connotation populaire portée par une telle prononciation à cette époque.

La chronologie des remarques montre que la tendance à l'antériorisation de /ɔ/ était déjà notée dès le XVI^e siècle et qu'elle s'est maintenue depuis. Les attestations susmentionnées, bien qu'écrites, peuvent être interprétées comme un reflet sans doute déformant, mais patent, d'une potentielle variation phonétique : leur récurrence, leur fréquence et leur structuration autorisent à leur accorder quelque crédibilité. Par exemple, la quantité de sources datant d'avant 1600 montre qu'il est possible que le phénomène date bel et bien de cinq siècles.

Travaillant lui aussi à partir de sources écrites, Lodge (1996) propose une revue des stéréotypes du parler vernaculaire de Paris et des villages avoisinants. Pour ce faire, il analyse des extraits aléatoires de 1000 mots prélevés dans 14 textes parisiens parus entre le XVI^e et le XVIII^e siècle à l'intérieur desquels des variantes non standard de la prononciation parisienne sont perceptibles à travers les choix orthographiques des auteurs. Bien que Lodge (1996 : 207) reconnaisse que « [the] language of these texts is heavily constrained by literary factors », écueil inhérent à l'utilisation de l'écrit pour l'étude des changements phonétiques, il voit dans ces parodies du langage populaire une source intéressante de données historiques. Parmi les phénomènes recensés par l'auteur dans les extraits analysés figure l'antériorisation de /ɔ/, que Lodge (1996) circonscrit aux syllabes initiales. Il relève 33 occurrences du phénomène dans trois textes du XVII^e siècle : *Agréables Conférences de deux Païsans de Saint Ouen* (1649), *La Conférence de Janot et Piarot de Villenoce* (1660) et *Dom Juan* (1665). Ces derniers ont la particularité de ne pas représenter, à travers leur usage de l'orthographe non standard, la variété proprement urbaine de la langue populaire, mais plutôt celle des campagnes autour de Paris. La conclusion de Lodge (1996) est que l'antériorisation de /ɔ/ était remarquée par les auteurs de l'époque comme étant une caractéristique du parler populaire rural. Ces données indiquent que le phénomène n'était pas exclusif à Paris, mais qu'il s'étendait aussi à la périphérie de la ville.

Une dernière remarque sur l'antériorisation de /ɔ/ se trouve chez Passy (1890 : 248), qui souligne que « [b]eaucoup de dames parisiennes prononcent (ɔ), (a), presque comme (œ), (æ) : cette particularité paraît tenir à l'habitude de sourire d'une manière affectée »². Ainsi, vers la fin du XIX^e siècle, le phénomène perdure.

1.2. Études phonologiques

Au siècle dernier, plusieurs phonologues se sont intéressés à l'antériorisation de /ɔ/ en français hexagonal. Autour des années 1950, quatre auteurs en font mention. Hall (1948) note le premier que

² Cette suggestion trouvera plus tard écho chez Léon (1996).

/ɔ/ ne serait réalisé [ɔ] qu'en contexte /_ʋ/. Ailleurs, /ɔ/ serait réalisé [Λ[>]]³. Cette notation est pour le moins particulière, vu le caractère postérieur du phone [Λ], ce que remarque Lennig (1978). Hall (1948 : 9) décrit cette voyelle comme articulée « with top of tongue slightly back of center of mouth and with slight lip-rounding ». Les deux exemples qu'il donne sont *hommage* (/ɔmaʒ/ - [Λ[>]ma:ʒ]⁴) et *mode* (/mɔd/ - [mΛ[>]d]⁵). Alors que les remarques sur l'antériorisation de /ɔ/, jusqu'au XIX^e siècle, indiquent qu'elle ne se produisait qu'en syllabe ouverte, le mot *mode* donné en exemple par Hall présente une structure CVC. À notre connaissance, il s'agit de la première mention du phénomène dans un tel contexte. Hall (1948) perçoit également cet allophone de /ɔ/ comme un peu moins arrondi que la variante canonique du phonème⁶.

Jones (1950 [1967] : 93, §305, 306), lui aussi, décrit le phénomène en des termes nouveaux. Il interprète la similitude entre les réalisations françaises de /ɔ/ et /œ/ comme étant attribuable à un chevauchement des aires de réalisation phonétique des deux phonèmes (Figure 1).

Selon Jones (1950), le /ɔ/ de *bonne*, parmi les plus antérieurs pour ce phonème, serait acoustiquement similaire au /œ/ de *heurte*, qui, lui, serait particulièrement postérieur. Comme ceux de Hall (1948), les exemples de Jones (1950) (*cloche*, *étouffe*, *bonne*, *homme*) constituent également des syllabes fermées. Par ailleurs, bien que l'auteur n'en fasse pas mention explicitement, il est aisé de remarquer que le lieu d'articulation des consonnes adjacentes à la voyelle /ɔ/ dans ces exemples est antérieur ou labial; les exemples de mots où /œ/ est postériorisé sont tous des mots fermés où la voyelle est adjacente à /ʋ/ (*cœur*, *heurte*, *refaire*). Jones (1950 : 95) soutient que dans les mêmes contextes phonétiques, « ɔ and œ are clearly distinguished ».

Contrairement à ses prédécesseurs, Jones (1950) parle de l'antériorisation de /ɔ/ comme d'une caractéristique phonétique propre aux Français du Nord en général. Il s'agit, à notre connaissance, de la première mention d'une diffusion du phénomène au-delà de Paris et de sa périphérie, peut-être liée à la scolarisation amorcée au siècle précédent (Alen-Garabato et Cellier, 2009; Leclerc, 2016) et à une diffusion accrue d'usages parisiens à travers la France.

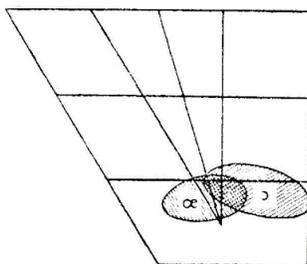


Figure 1 – Chevauchement des aires de réalisation des phonèmes /ɔ/ et /œ/
(tirée de Jones, 1950 : 94)

³ Cette notation est celle utilisée par Hall (1948).

⁴ *Idem.*

⁵ *Idem.*

⁶ Notons que Hall (1948) ne spécifie pas la variété de français examinée dans son livre; il est toutefois permis de penser, étant donné la tradition de l'époque, qu'il se fonde sur le français parisien.

Une brève remarque de Dauzat (1950 : 110-111) dans son livre *Phonétique et grammaire historiques de la langue française* vient s'ajouter à celles de Hall (1948) et de Jones (1950) : « Pour le vocalisme, l'un des phénomènes les plus caractéristiques est l'assourdissement, la neutralisation de l'o protonique libre qui se rapproche d'e muet dans des mots comme *joli, doré*, etc. ». Il est ici question de /ɔ/ en position interne de mot et en structure CV, tout comme c'était le cas dans les remarques formulées jusqu'au XIX^e siècle. Dauzat (1950) ne précisant pas les traits phonétiques qu'il associe au « e muet » (est-il arrondi? s'il s'agit du schwa, comment est-il réalisé?), il est difficile de savoir si le phénomène auquel il se réfère constitue une antériorisation ou un désarrondissement de /ɔ/.

Enfin, Martinet signe en 1957⁷ un article au titre évocateur (« C'est jeuli, le Mareuc! »⁸), cité dans tous les travaux subséquents sur la question de l'antériorisation de /ɔ/. Le titre à lui seul montre que l'auteur remarque lui aussi le phénomène aussi bien en syllabe ouverte que fermée (et accentuée). Dans ce premier compte-rendu consacré exclusivement à l'antériorisation de /ɔ/, Martinet (1957 : 345), qui travaille à partir de ses intuitions, abonde dans le sens des travaux précédents et considère qu'elle est caractéristique du français parisien, bien qu'il souligne qu'« il n'est pas sûr qu'il s'agisse d'un trait commun à tous les usages parisiens ». L'antériorisation de /ɔ/ existerait aussi dans les milieux influencés par la langue de Paris, ce qui indique une certaine diffusion ailleurs en France, à l'instar du commentaire de Jones (1950).

Martinet (1957 : 347) analyse le phénomène par l'intermédiaire du concept de rendement fonctionnel. Selon l'auteur, la présence de deux phonèmes d'aperture maximale, /a/ et /ɑ/, dans la variété parisienne de français (que Martinet avait observée lors son enquête dans un camp de prisonniers en 1941) provoquerait un engorgement de la « série d'arrière » (/u/, /o/, /ɔ/, /ɑ/), ce qui aurait pour conséquence l'instabilité du système vocalique. Comme la « pression » devrait alors être relâchée dans cette série, les réalisations de l'un des phonèmes devraient être antériorisées pour laisser un peu plus de latitude aux autres phonèmes postérieurs; ces derniers pourraient alors mieux se distinguer par le degré d'aperture. Le chercheur postule que si l'on compare la quantité de mots où l'alternance entre une voyelle postérieure et une voyelle antérieure crée une confusion sémantique pour chaque degré d'aperture (si l'on fait, donc, un relevé du nombre de paires minimales qui distinguent les paires phonémiques /u/ ~ /y/, /o/ ~ /ø/, /ɔ/ ~ /œ/ et /ɑ/ ~ /a/), c'est la paire /ɔ/ ~ /œ/ qui présente le plus faible nombre de mots monosyllabiques contrastés par la permutation de ces deux voyelles : *meule/molle, seull/sol, veulent/volent*. Martinet (1957) utilise ces mots comme point de repère parce qu'ils sont les plus susceptibles de former des paires minimales. Il exclut le contexte /_ʁ/ de son analyse, puisque dans ce cas, l'opposition entre /ɔ/ et /œ/ est à son avis bien maintenue (*cœur/corps, meurt/mort, heure/or, beurre/bord, sœur/sort, leurre/lors*, etc.). Martinet (1957 : 345) note que « les erreurs d'interprétation [de /œ/ pour /ɔ/] qu'on observe peuvent amuser lorsqu'on les relève, mais [qu']elles n'affectent pas la compréhension mutuelle ». Il lui apparaît donc logique que l'antériorisation affecte /ɔ/ et non les autres voyelles postérieures, et ce, à cause du très faible rendement fonctionnel de

⁷ Et non 1958, comme il est souvent indiqué dans la littérature.

⁸ Au sujet de son titre, Martinet (1957 : 345) précise que « [les graphies de *joli* et de *Maroc*] n'impliquent pas nécessairement que ceux à qui l'on prête ces prononciations articulent ici la même voyelle que dans *jeune* ou *veulent* », mais qu'« [e]lles marquent seulement que d'autres sujets peuvent les percevoir comme telles ».

l'opposition /ɔ/ ~ /œ/ hors contexte /_ɪ/. Walter (1976 : 279) amènera plus tard des chiffres sur cette opposition dans le lexique du français. Le Tableau 2 reprend ses données.

-ɔC	Nb. de mots	-œC	Nb. de mots
-ɔb	22	-œb	2
-ɔk	63		
-ɔd	40		
-ɔf	12	-œf	10
-ɔg	50	-œj	21
-ɔl	190	-œl	17
-ɔm	155		
-ɔn	124	-œn	1
-ɔp	12		
-ɔp	57		
-ɔr	191	-œr	1302
-ɔs	23		
-ɔʃ	37		
-ɔt	131		
-ɔv	1	-œv	6
-ɔʒ	11		

Tableau 2 – Oppositions entre /ɔ/ et /œ/ dans le lexique du français
(adapté de Walter, 1976 : 279)

Toutefois, la conception même du rendement fonctionnel selon Martinet (1957) est critiquée : Weinreich *et al.* (1968 : 114), tout en reconnaissant qu'il s'agit d'une hypothèse qui permettrait d'expliquer des changements en chaîne qui ne semblent pas avoir d'autres causes, en ont souligné quelques faiblesses. Ces auteurs jugent que « [...] within Martinet's framework, there is a need for detailed analysis to make important concepts more precise and reliable. Thus, the concept of functional yield needs a great deal of refinement ». Ils soulignent que la conception classique du rendement fonctionnel, qui se fonde sur l'environnement consonantique immédiat du phonème vocalique, « [makes] it impossible to deal with such phenomena as “breaking,” [sic] vowel harmony, umlaut or “preconsonantal r” ». Pour Weinreich *et al.* (1968 : 115), tout porte à croire que les contextes syntaxiques et la coarticulation font varier l'importance de certaines oppositions. Ils en concluent que « more complex measures of functional load will have to be worked out and evaluated before this highly attractive notion is abandoned ». En somme, l'hypothèse de Martinet (1957) quant à l'antériorisation de /ɔ/ ne prendrait pas en compte tous les paramètres potentiellement pertinents en s'appuyant sur un calcul strictement lexical du rendement fonctionnel.

Martinet (1957 : 349) affirme enfin que l'antériorisation de /ɔ/, lorsqu'elle résulte en une voyelle presque équivalente à [œ], « est sentie comme entachée de cette vulgarité que recouvrait autrefois l'adjectif “parigot” ». L'auteur pose l'hypothèse que les réalisations de /ɔ/ seraient de moins en moins antérieures au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la capitale, ce qui s'expliquerait par l'absence de distinction /a/ ~ /ɑ/ dans les variétés provinciales du français.

À ce stade-ci, la littérature consultée indique que l'antériorisation de /ɔ/ :

- > semble exister depuis plusieurs centaines d'années en France;

- > semble avoir eu Paris pour origine et s'être diffusée autour de la capitale par la suite;
- > a longtemps été considérée comme populaire ou critiquée comme déviant de la norme acceptée;
- > peut se manifester aussi bien en syllabe ouverte qu'en syllabe fermée, en syllabe accentuée qu'en syllabe inaccentuée.

1.3. Études phonétiques en Europe

C'est à partir d'écrits, de remarques ou de leurs propres intuitions que les auteurs mentionnés jusqu'ici ont traité de l'antériorisation de /ɔ/. De nombreuses études acoustiques et enquêtes auditives réalisées à partir des années 1960 sont venues compléter ce portrait, en plus de quelques autres études intuitives. La plupart ont été menées en Europe, et plus spécifiquement à Paris. Un tour d'horizon de ces études, distinguées par leur méthodologie, est maintenant présenté. Chaque sous-section est divisée en trois parties : d'abord, les faits concernant l'origine de l'antériorisation de /ɔ/, sa vitalité et son expansion géographique sont réunis. Suivent les données de nature sociolinguistique, mettant en lumière l'effet des facteurs externes sur la prononciation de /ɔ/, puis les données portant sur les facteurs internes.

1.3.1. Région parisienne

C'est à Paris et à ses environs rapprochés que nous nous intéressons en premier lieu. Les remarques générales sur le français, faites sans référence à un lieu géographique particulier, sont également traitées dans cette section : nous supposons qu'elles réfèrent au français parisien, qui a été et est encore érigé en modèle normatif sur la base de l'importance historique, culturelle, politique et économique de la capitale française (voir Caput, 1972; Borrell et Billières, 1989; Singy, 1996; Remysen, 2004).

1.3.1.1. Remarques impressionnistes

1.3.1.1.1. Origine, vitalité et expansion géographique

Parmi les auteurs ayant formulé des remarques impressionnistes sur l'antériorisation de /ɔ/, ceux qui mentionnent son origine considèrent en général que le phénomène a émergé dans la capitale française (Morin, 1971; Gadet, 1992, 1997; Léon, 1996; Coveney, 2001; Lyche, 2010). Plusieurs associent plus généralement ce phénomène au français septentrional (Morin, 1971; Carton, 2000, 2001; Coveney, 2001). Carton (2000, 2001) rapporte aussi avoir entendu des variantes antériorisées de /ɔ/ à Nancy; quant à Coveney (2001), il en a relevé en Picardie et dans le Nord-Pas-de-Calais. L'hypothèse de Martinet (1957) quant à l'apparition de l'antériorisation de /ɔ/ semble admise par tous les auteurs susmentionnés, à l'exception de Léon (1996 : 211). Ce dernier l'interprète plutôt comme découlant d'« une certaine affectation, qui entraîne non seulement l'antériorisation de la prononciation du o ouvert inaccentué, mais aussi de toutes les autres voyelles du système ».

Pour ce qui est de la vitalité du phénomène, Morin (1971 : 55) constate une progression de l'antériorisation de /ɔ/ : il rapporte avoir observé « changes in speakers' reaction to centralization; forms which were recognized first as not undergoing ɔ-centralization eventually became acceptable with an œ ». Gadet (1992, 1997) considère quant à elle que la tendance à l'antériorisation de /ɔ/ est désormais renversée et que c'est plutôt /œ/ qui tend vers [ɔ]. Carton (2001 : 8) juge plutôt que « [cette inversion] est loin d'être achevé[e], surtout en position inaccentuée ». Pour lui, l'antériorisation de /ɔ/ est en progression, plus spécifiquement en parole spontanée, chez les jeunes femmes. Lyche (2010) considère elle aussi que le phénomène est en progression en français moderne, quoique de façon inégale en fonction des classes sociales; toutefois, l'auteure ne détaille pas cette éventuelle variation diastratique.

1.3.1.1.2. *Conditionnement social*

La valeur indicielle de l'antériorisation de /ɔ/ et le contexte social de son émergence sont abordées un peu plus souvent que son origine; là encore, toutefois, aucun consensus ne se dégage. Certains auteurs interprètent le phénomène comme un trait caractérisant la classe ouvrière parisienne (Gadet, 1992, 1997⁹; Coveney, 2001; Lyche, 2010). D'autres, toutefois, offrent une explication phonostylistique : ainsi, pour Carton (2001 : 9), l'antériorisation de /ɔ/, vue comme populaire il y a deux siècles selon Desgranges (1821), « a été ensuite considérée comme une variante snob, perçue comme une marque de préciosité inconsciente. Dans les milieux 'branchés', il semble plus chic de prononcer *heume* que *homme*. [...] Prononcer *meunnaie* pour 'monnaie', *eurailles* 'oreilles' manifeste aussi un souci de bien parler. » Ce passage illustre qu'un certain prestige pourrait être associé à l'antériorisation de /ɔ/. Enfin, Léon (1996 : 211) considère que l'antériorisation de /ɔ/ se manifeste « dans les parlers parisiens snobs, qu'ils soient populaires ou non ». Sur la seule base de ces remarques, l'existence d'une éventuelle stratification sociale du phénomène est loin d'être évidente.

1.3.1.1.3. *Conditionnement interne*

Le conditionnement phonétique de l'antériorisation de /ɔ/ n'est pas, lui non plus, décrit de la même façon par les auteurs d'études impressionnistes. L'effet des segments adjacents n'est abordé en détail que par Morin (1971 : 54), qui pose une règle phonologique optionnelle transformant /ɔ/ en [œ]. L'une des manifestations de cette tendance serait la graphie alternative de certains noms propres, comme *Maurice* / *Meurisse*. Certaines restrictions à cette règle phonologique sont énoncées par l'auteur : par exemple, en contexte post-vélaire, elle ne pourrait pas s'appliquer¹⁰. La règle d'antériorisation que suggère Morin (1971 : 55) est également bloquée dans le contexte où /ɔ/ figure en syllabe fermée par /ʁ/. Dans ce même environnement consonantique, l'auteur précise que l'antériorisation peut se réaliser si la syllabe est ouverte : cela serait toutefois « completely

⁹ Bien que Gadet (1992, 1997) ne fasse pas mention explicitement de cette association dans le texte de ses ouvrages, ces derniers sont explicitement consacrés au français populaire.

¹⁰ Dans une telle position, une prononciation [œ] de /ɔ/ entraîne, selon Morin (1971), la perception d'un « problème » avec la consonne précédente. En temps normal, cette dernière serait palatalisée devant une voyelle antérieure. Or, si cette palatalisation ne se produit pas, mais que la voyelle s'antériorise, l'impression auditive sera qu'il y a eu une erreur de production.

idiolectal », sauf pour les verbes se terminant en /ɔ̃ʒize/ ou en /ɔ̃ʒe/ ayant une forme historique en /œʒ/, comme *améliorer* (*meilleur*), *vaporiser* (*vapeur*) ou *extérioriser* (*extérieur*). Dans ces mots, l'antériorisation serait quasiment lexicalisée. Précisons que dans ces cas, le phonème /ʁ/ n'appartient pas à la même syllabe que /ɔ/. Gadet (1992, 1997), à l'inverse, considère que l'antériorisation se produit « surtout devant [r] ([alœr] pour *alors*) ». On voit se profiler ici une certaine controverse quant à l'effet de la consonne /ʁ/ sur le lieu d'articulation d'un /ɔ/ la précédant, que remarque aussi Coveney (2001). Ce dernier rapporte cette absence de consensus et s'étonne de voir une opposition aussi paradoxale entre un /ʁ/ catalyseur et un /ʁ/ inhibiteur de l'antériorisation.

Du point de vue de la structure syllabique, Léon (1996 : 211) parle d'antériorisation spécifiquement pour le « o ouvert inaccentué ». Des exemples écrits (« *petit rond* pour *potiron* » et « *Beaujolais* ») relevés par Gadet (1992 : 33) sur des vitrines de Paris indiquent également qu'un contexte CV inaccentué serait propice à la manifestation de l'antériorisation de /ɔ/. Carton (2000 : 30) fournit lui aussi des exemples écrits du même genre, typiques, selon l'auteur, de la parole des gens de l'Est de la France : « *Nous vous serions gré...* (lettre administrative, Nancy 1998), *des reuleurs* [rollers], *du fromage leucal* [local] (FR3 Nancy 1998) ». À l'oral, Coveney (2001 : 96) souligne que l'antériorisation se produit fréquemment dans des mots ou des expressions comme *communiquer*, *économique* et *bon appétit*. Il s'agit, de nouveau, de voyelles en syllabes ouvertes inaccentuées. L'auteur (2001 : 97) souligne d'ailleurs qu'« it is probably significant that the occurrence of /ɔ/ [in these examples] falls in a non-final, hence normally unstressed syllable, and that the following syllables all include front vowels ». Il interprète l'antériorisation de /ɔ/ comme un exemple d'harmonie vocalique en français¹¹.

Les études impressionnistes fournissent un premier aperçu de la vitalité et du conditionnement social et phonétique de l'antériorisation de /ɔ/, mais demeurent peu nombreuses (nous en avons recensé 8). Paris et ses environs ont toutefois aussi été le terrain d'enquête pour plusieurs autres auteurs travaillant à partir de corpus de parole, traités auditivement ou acoustiquement.

1.3.1.2. Enquêtes auditives

Le contraste entre /ɔ/ et /œ/ a été abordé dans plusieurs enquêtes auditives, la plupart s'inscrivant dans le courant de la phonologie fonctionnelle. Bon nombre avaient pour sujet plus général le système des voyelles moyennes en français : la question de l'opposition d'aperture entre les mi-fermées et les mi-ouvertes est souvent au centre des préoccupations des auteurs de ces études, mais la relation entre les voyelles postérieures et antérieures est aussi fréquemment examinée. Par exemple, Hansen et Juillard (2011) abordent l'antériorisation de /ɔ/ en étudiant les « voyelles à double timbre » (soit les archiphonèmes /O/, /Ø/, /E/ et /A/) en français parisien.

¹¹ Pour des études récentes concernant l'harmonie vocalique en français, voir en particulier Fagyal, Nguyen et Boula de Mareuil (2002) et Nguyen et Fagyal (2008).

1.3.1.2.1. Origine, vitalité et expansion géographique

Walter (1976 : 14) s'est fondée sur les données du *Dictionnaire de la prononciation française dans son usage réel*, qu'elle avait élaboré avec Martinet en 1973, pour analyser la phonologie du français. L'enquête a été menée auprès de 17 informateurs issus « [du] milieu qu'on peut estimer le plus digne d'être pris pour modèle, celui qui est représenté par les "individus cultivés de résidence parisienne" ». Ceux-ci avaient entre 22 et 73 ans au moment de l'enquête. Ils ont été enregistrés au cours d'une tâche de lecture d'un échantillon d'environ 10 000 mots du français, soit ceux pour lesquels, selon les auteurs, tous les locuteurs du français n'avaient pas la même prononciation. Ces mots étaient répartis dans des positions diverses à l'intérieur de phrases se voulant humoristiques. En ce qui a trait à l'antériorisation de /ɔ/, Walter (1976) postule, à l'instar de Martinet (1957), que ce phénomène était lié, à l'origine, à la présence de deux phonèmes d'aperture maximale (/a/ et /ɑ/) dans le système vocalique du français parisien. Comme le rappelle le Tableau 2, présenté en page 9 et élaboré à partir d'un dictionnaire inverse de la langue française, Walter (1976) estime que /ɔ/ a tout l'« espace » nécessaire pour être produit [ɔ̃] (selon sa notation) dans la majorité des contextes phonétiques, hormis devant /ʁ/. Devant cette consonne, l'auteure rappelle que le rendement fonctionnel de la paire /ɔ/ ~ /œ/ est très élevé, puisque le suffixe *-eur* est très commun. Les chiffres du Tableau 2 viendraient étayer cette hypothèse, mais ils ne tiennent pas compte, comme mentionné précédemment, de la fréquence d'apparition des mots considérés. Walter (1976 : 279) note cependant que dans les années 1970, « le phonème /ɑ/ ne tend plus que rarement vers [ɔ] » et que « [b]ien au contraire, ce phonème se rapproche de [a] chez des locuteurs de plus en plus nombreux, laissant le champ libre à /ɔ/ qui peut reprendre sa place ». C'est là l'une des pistes offertes pour expliquer le peu d'occurrences de [ɔ̃] dans son corpus, qui en contient 578 sur plus de 18 000 /ɔ/, ce qui revient à environ 3 % de variantes antériorisées. L'auteure fait remarquer que son étude est la première à fournir des données chiffrées sur le phénomène, les questionnaires de Martinet (1945) et de Deyhime (1967) n'ayant pas abordé la question. Toutefois, l'échantillon utilisé reste très spécifique sur le plan social.

À la lumière de ses données, Walter (1976 : 279-280) affirme que l'antériorisation de /ɔ/ serait en régression, puisqu'elle se manifeste surtout chez des locuteurs âgés : « le processus de retour à /ɔ/ semble déjà esquissé, mais nous manquons de données précises provenant d'enquêtes statistiques portant sur un grand nombre de locuteurs pour la période 1918-1939 ». Toutefois, sans préciser ses sources, Walter (1976 : 280) note aussi que « d'autres observations tendraient à indiquer que [le phénomène] reste répandu chez les jeunes de diverses classes sociales ».

Par ailleurs, l'auteure suggère que le peu d'occurrences de [ɔ̃] dans son corpus pourrait être expliqué, outre par le recul de la tendance à l'antériorisation, par une forme d'hyposensibilité des transcritteurs¹² au phénomène : « [...] on peut se demander si ceux qui ont écouté les bandes enregistrées n'ont pas été profondément influencés par une tendance générale à antérioriser /ɔ/ et par conséquent n'ont noté [ɔ̃] que lorsque cette antériorisation excédait ce à quoi ils étaient habitués »

¹² On ne dispose pas d'informations à leur sujet, si ce n'est que l'auteure a contribué à réaliser les transcriptions des enregistrements.

(Walter, 1976 : 272)¹³. Ajoutons qu'étant donné la nature de la tâche, qui consistait pour les locuteurs à lire des listes de mots, l'antériorisation de /ɔ/ a pu être inhibée par l'orthographe. Par conséquent, il n'est pas impossible que le phénomène ne soit pas en recul (et pour preuve, tous les informateurs en produisent au moins une occurrence) sur le plan de la production, mais qu'il soit seulement de moins en moins perçu, y compris par les transcripteurs entraînés, qui n'auraient relevé que les occurrences présentant une antériorisation particulièrement notable ou stigmatisée socialement.

En 1977, Péretz publie une thèse consacrée au changement linguistique lié à la variation phonétique structurée socialement à Paris. Entre 1972 et 1974, l'auteure a enregistré 71 locuteurs et locutrices parisiens de quatre classes sociales (supérieure, moyenne supérieure, moyenne inférieure et populaire) et trois groupes d'âge différents (juniors : 20 à 40 ans, moyens : 40 à 60 ans, seniors : 60 ans et plus). Tous ont été appelés à lire des phrases contenant des paires minimales, à composer spontanément des phrases contenant les mots de ces paires minimales et à converser avec la chercheuse. Une analyse auditive des données issues de toutes les tâches permet à Péretz (1977 : section 8 des résultats¹⁴) de noter qu'« en syllabe interne ouverte, [...] tous les informateurs, si ce n'est la plus âgée de nos informatrices de la classe [supérieure], réalisent des [ɔ̃] ». Au total, 25,5 % des /ɔ/ du corpus sont perçus comme antériorisés par Péretz (1977). Ce résultat amène l'auteure à suggérer que l'antériorisation de /ɔ/ ne fait pas l'objet d'une stigmatisation sociale. Elle s'étonne en outre des disparités entre ses résultats et celui de Walter (1976) et refuse de souscrire à l'idée de cette auteure que le phénomène soit en régression.

Fónagy (1989), pour sa part, a réalisé une enquête perceptive sur le phénomène d'antériorisation de /ɔ/ auprès de 10 étudiants en linguistique originaires de Paris. Ceux-ci avaient pour tâche d'écouter des phrases produites par un locuteur de 66 ans, retraité de la Société nationale des chemins de fer (SNCF), et d'identifier des mots formant des paires minimales pour les phonèmes /ɔ/ et /œ/. Fónagy (1989 : 245) note que « [le locuteur] substituait régulièrement [œ] à /ɔ/ dans les dix premières phrases de la liste », mais que « [d]ès qu'il s'est aperçu du piège, il s'en est tenu au français standard ». 9 étudiants sur 10 ont perçu « Ils *veulent* de l'argent » comme « Ils *volent* de l'argent ». Ce résultat pourrait en fait être lié à la tendance phonétique inverse, soit la postériorisation de /œ/, ou pourrait s'expliquer par une sorte d'ajustement perceptuel des étudiants, habitués à entendre des réalisations antériorisées de /ɔ/, ce qui rappelle la situation des transcripteurs évoquée par Walter (1976). Pour Fónagy (1989 : 245), le phénomène représente « un changement 'en cours' depuis le seizième siècle ».

Landick (1995), dans une étude sur les voyelles moyennes, s'est également intéressée à l'antériorisation de /ɔ/, mais aussi de /o/. Elle a enregistré, en 1986 et en 1988 respectivement, deux groupes d'hommes, parisiens pour la plupart. Ils étaient 21 en 1986; tous étaient nés entre 1962 et 1966 et avaient fréquenté l'École normale supérieure (ENS), atteignant ainsi un haut niveau de

¹³ Cette explication n'est pas sans rappeler la théorie d'Ohala (1981) concernant le rôle de l'hypocorrection perceptuelle dans le changement linguistique.

¹⁴ Nous n'avons plus accès à la thèse de l'auteure au moment d'écrire ces lignes, et les pages photocopiées dont nous disposons ne sont malheureusement pas numérotées.

scolarité. En 1988, 30 avaient étudié à l'ENS, alors que 30 autres étaient employés de maintenance à la Régie autonome des transports parisiens (RATP, compagnie des transports de Paris) et chacun de ces deux sous-groupes comportait un tiers de jeunes (environ 23 ans), un tiers d'adultes d'âge moyen (environ 38 ans) et un tiers d'adultes plus âgés (environ 54 ans). Les enregistrements ont été effectués pour la plupart au domicile des locuteurs et consistaient en la lecture d'une liste de mots et de plusieurs phrases contenant des voyelles moyennes. Plusieurs paires minimales figuraient parmi les mots à prononcer; par ailleurs, toutes les voyelles cibles étaient situées en syllabe finale ou pénultième. Enfin, les participants étaient soumis à un test de perception (*preferred vowels test*, ou PVT, selon la terminologie de Landick, 1995) au cours duquel ils devaient écouter plusieurs prononciations d'un même mot et choisir celle qui leur paraissait la plus appropriée (ainsi, on pouvait leur demander de choisir entre [ʒœli], [ʒoli] et [ʒɔli] pour *joli*). L'auteure ne spécifie pas si les différentes prononciations étaient réalisées par une seule et même voix.

Lors du test de 1986, Landick (1995 : 93) rapporte que « 2.4% of words containing /o/ or /ɔ/ were pronounced with [ø] or [œ]. There was a total of 73 articulations of [ø] or [œ]. The number of [œ]s per informant ranged from 29 to 0. ». Ces informations donnent à penser que l'antériorisation de /ɔ/ ne se manifeste que sporadiquement. Lors du PVT pour des mots dont la forme sous-jacente comprenait le phonème /ɔ/ seulement, les 30 sujets ont présenté une préférence marquée pour la prononciation canonique [ɔ] (73 %), n'optant pour le [œ] que de façon marginale, soit dans 13 % des cas.

En 1988, en production, le taux d'antériorisation moyen de chaque sous-groupe, si on fait abstraction de l'âge, s'établit à 38 % pour les locuteurs issus de l'ENS et à 29 % pour les locuteurs travaillant à la RATP. La grande différence entre les groupes de 1986 et de 1988 (pour le sous-groupe de l'ENS, sondé lors des deux enquêtes) s'explique sans doute par la méthode de calcul du pourcentage, qui diffère dans les deux cas¹⁵. En 1988, le PVT a confirmé que la « /ɔ/ anteriorisation is seen to be a minority preference with no percentage exceeding 22 ». Landick (1995 : 97) note toutefois que « [it] may [...] be significant that there is a slow decline in [œ] preference ». Elle ne chiffre pas l'ampleur de ce déclin.

D'autres informations sur l'évolution de l'antériorisation de /ɔ/ et sur sa fréquence d'apparition sont fournies par l'étude en temps réel de Hansen et Juillard (2011). Pour étudier les voyelles moyennes, elles ont comparé deux corpus similaires : le premier, enregistré en 1972-1974, est constitué des productions de 12 jeunes Parisiens (nés et élevés dans la capitale) âgés entre 18 et 32 ans, pour la moitié issus de classes populaires et pour l'autre, de classes bourgeoises. Le second corpus a été enregistré entre 2001 et 2004 et comprend les enregistrements de 12 jeunes Parisiens ou banlieusards (élevés, eux aussi, dans la capitale). Ces derniers avaient entre 16 et 26 ans lors de l'enquête et étaient répartis également entre deux niveaux d'éducation (études plutôt longues, soit généralement universitaires, versus études plutôt courtes, comme une formation technique). La tâche demandée à tous ces locuteurs était de lire à haute voix 68 phrases et deux courts textes au sein desquels se

¹⁵ Landick (1995) se fonde sur tous les mots du corpus pour 1986, mais sur 10 mots propices à présenter une antériorisation pour 1988.

trouvaient des paires minimales et de nombreux mots contenant des voyelles moyennes. Les conditions accentuelles étaient comparables pour chacune des paires minimales. Après s'être concertées et avoir établi un protocole commun de transcription phonétique, les deux auteures se sont réparties les corpus : Juillard a transcrit le premier, alors que Hansen a transcrit le second¹⁶. L'analyse auditive met en relief une progression de la caractéristique phonétique : dans le corpus de 1972-1974, 1,6 % des occurrences des phonèmes /o/ et /ɔ/ (réunis par les auteures dans l'archiphonème /O/) sont antérieures, une proportion qui passe à 3,1 % dans le corpus de 2001-2004. Cette légère progression du phénomène n'est cependant pas suffisante, pour Hansen et Juillard (2011 : 330), pour conclure « de façon univoque à la présence d'un changement général en cours, comme le font entre autres Carton (2000, 2001) et Lennig (1978) ».

1.3.1.2.2. Conditionnement social

Les enquêtes auditives jettent peu de lumière sur les facteurs externes favorisant l'antériorisation de /ɔ/. L'enquête de Walter (1976 : 15) ne comprenait que des informateurs « cultivés » ayant complété une licence pour la plupart et issus de ce que l'auteure considère comme étant différentes classes sociales, soit « les milieux intellectuels, ceux du commerce et de l'industrie et les milieux mondains ». Établir une quelconque association entre classe sociale et antériorisation de /ɔ/ à partir de ces données est difficilement envisageable : on ne peut qu'indiquer que le phénomène semble attesté dans la bourgeoisie parisienne de cette époque. En outre, dans le corpus, la majorité (62 %) des productions antérieures de /ɔ/ sont réalisées par deux locuteurs dont l'âge moyen est de 55 ans. Les quinze autres informateurs, dont l'âge moyen est de 42 ans et demi, n'ont donc produit que 38 % des occurrences de [ɔ], ce qui indique, pour l'auteure, « un recul de la tendance, bien que notre informatrice la plus âgée, I, (73 ans) fasse partie de ceux qui sont le moins touchés ». En examinant les quatre informatrices les plus jeunes (22, 28, 28 et 29 ans), Walter (1976 : 278) constate qu'elles « ne comptent que 26 occurrences des 548 occurrences totales, c'est-à-dire moins de 5% de celles-ci ». En outre, elle ajoute que Léon (1966), dans une enquête menée auprès de jeunes Parisiens de 14 ans, ne note aucune occurrence de [ɔ]. Selon elle, ces observations « tendraient à prouver que les jeunes ne connaissent plus [l'antériorisation de /ɔ/], au moins en milieu populaire, et qu'elle reste aujourd'hui cantonnée dans la bourgeoisie parisienne d'âge mûr ». Notons toutefois que Walter (1976) a interprété ses résultats en fonction de moyennes globales et non de moyennes individuelles. Ce choix a pu occulter certaines dynamiques potentiellement intéressantes concernant la répartition des variantes de /ɔ/.

¹⁶ Pour elles, c'était la seule façon de faire : « [cette méthode] s'est avéré[e] d'autant plus nécessaire que pour la voyelle /A/, telle qu'elle s'est manifestée dans le Corpus I, certaines réalisations d'arrière ne sont plus courantes et devaient être écoutées par celle des deux auteurs qui les avait vécues » (Hansen et Juillard, 2011 : 320). Juillard est en effet beaucoup plus âgée que Hansen, et cette différence perceptuelle n'est pas à négliger : il faut la prendre en considération, puisqu'elle est une source potentielle d'hétérogénéité dans les résultats. Rappelons qu'à la lumière des indications données par d'autres études, notamment celle de Walter (1976), il semble que la perception du phénomène de l'antériorisation de /ɔ/ ait pu évoluer d'une génération à l'autre.

Comme mentionné dans la section précédente, Péretz (1977) parvient à des conclusions différentes de celles de Walter (1976). L'auteure précise que le taux de réalisation de l'antériorisation de /ɔ/ varie non seulement en fonction du locuteur (il varie par exemple de 5 % à 59 % chez les locuteurs de la classe supérieure), mais aussi selon la classe sociale (il est plus important dans la classe populaire) et l'âge (il est plus élevé chez les jeunes). L'affirmation préalablement citée de Walter (1976 : 278) est par conséquent contredite par les données de Péretz (1977, section 9), qui indique qu'en syllabe ouverte interne, 44,4 % des /ɔ/ sont antériorisés par les juniors de la classe populaire, contre 17,2 % par les seniors de la classe supérieure.

Fougeron et Smith (1993), quant à elles, dans une brève étude visant à illustrer le phonétisme du français contemporain (dans la série *Illustrations of the IPA*), ont relevé l'antériorisation de /ɔ/ chez une jeune locutrice du français parisien, mais ne donnent que les modalités de l'entretien comme indice sociolinguistique : la situation de communication était de nature formelle. Ainsi, le phénomène s'est manifesté à plusieurs reprises dans la parole lue de la locutrice, à qui on a demandé de lire *La bise et le soleil*.

De son côté, Landick (1995 : 95) trouve ses propres résultats surprenants : comme on l'a vu plus haut, les locuteurs ayant fréquenté l'ENS présentent davantage de variantes antériorisées que ceux travaillant à la RATP, ce que l'auteure juge « unexpected in view of the common view that /ɔ/ pronounced as [œ] is associated with less-educated speech ». Par ailleurs, sur le plan de l'âge, la situation est la même dans les deux classes sociales : les jeunes et les adultes âgés antériorisent plus souvent leurs /ɔ/ que les adultes d'âge moyen. Landick (1995) n'offre pas d'explication à l'émergence de ce patron générationnel.

Le travail de Fónagy (1989), fondé sur un seul idiolecte à l'instar de celui de Fougeron et Smith (1993), montre quant à lui que la variante antériorisée est largement employée par un locuteur âgé issu des classes populaires. Enfin, en dépit d'un corpus structuré en fonction du niveau social, Hansen et Juillard (2011) ne fournissent aucune indication quant à la valeur sociolinguistique de l'antériorisation de /ɔ/.

1.3.1.2.3. Conditionnement interne

Les conclusions des études auditives sur le conditionnement interne de l'antériorisation de /ɔ/ recourent les remarques impressionnistes. Pour ce qui est de l'effet de la structure syllabique, Walter (1976) observe que la plupart des mots où ses transcritteurs ont noté [ɔ̃] contiennent un /ɔ/ en position inaccentuée. Il s'agit de mots comme *phonologie*, *cajoleuse*, *manomètre*, *joli*, *lotion*, *adolescent*, *auspice*, *authentique*, *aumônière*, *yoyo*, *tonitruante*, etc. /ɔ/ y apparaît systématiquement en syllabe ouverte et peut correspondre à différentes graphies, comme en témoignent ces quelques exemples. Le contexte CV inaccentué est donc encore une fois ciblé comme favorable à l'antériorisation. Walter (1976 : 276) précise que « [s]ur la totalité des 427 mots [où l'antériorisation a été relevée en syllabe ouverte inaccentuée], on a relevé 553 occurrences de [ɔ̃] soit un pourcentage de [...] 8 % ». Elle considère que ce phénomène ne serait pas lié à l'harmonie vocalique : « [i]l ne semble pas que l'articulation [ɔ̃] soit déterminée par la présence d'une voyelle antérieure dans la

syllabe suivante ». À nouveau, au contraire de Walter (1976), Péretz (1977) indique quant à elle que l'harmonie vocalique avec des voyelles antérieures suivant ou précédant la voyelle cible peut favoriser l'antériorisation de /ɔ/.

Landick (1995) a elle aussi obtenu, comme mentionné plus tôt, un taux d'antériorisation de près de 50 % pour les adultes d'âge moyen issus de l'ENS pour une liste de dix mots (*absolue, Beaujolais, clochards, clochette, désolé, joli, lotis, soleil, soluté, soliste*)¹⁷ où /ɔ/ figure également en syllabe CV, théoriquement inaccentuée : ses résultats vont dans le sens de tout ce qui a été dit auparavant sur ce contexte.

Les syllabes fermées sont également identifiées comme présentant des cas d'antériorisation de /ɔ/. Ainsi, Walter (1976) a relevé 23 mots présentant une syllabe de ce type dont la voyelle a été antériorisée par l'un ou l'autre des locuteurs : *atrium, basoche, bellotte, boulotte, brachiopode, branchipode, décagone, diplocoque, discobole, dot, économiste (adj.), économiste (n.), méningocoque, menotte, mérinos, millenium, millivolt, naos, newton, oille, sole, sotté, yttrium*. Walter (1976 : 276) voit néanmoins en ces occurrences des cas marginaux :

En syllabe finale fermée, on a relevé 23 occurrences de [ɔ̃], dont la presque totalité par l'informatrice g (18 occurrences). Cette dernière était âgée de 65 ans au moment de l'enquête et avait suivi de longues études. Ces 23 occurrences ne représentent que 1 % des réalisations de /ɔ/ dans cette position.

Les données de Hansen et Juillard (2011 : 330) montrent quant à elles que le nombre de [ɔ̃] en syllabe fermée a très faiblement progressé à Paris de 1972-1974 à 2001-2004 : le contexte qu'elles décrivent est celui où /ɔ/ apparaît « [d]evant d'autres consonnes que /r/ (/z/ exclue), la graphie étant toujours 'o' (comme p.ex. *enveloppe, école, sotté*) ». Les réalisations sont au nombre de 15 dans le corpus le plus récent contre 4 pour celui des années 1970. Là encore, les effectifs sont très réduits.

De son côté, bien qu'elle ne quantifie pas la différence, Péretz (1977) note que l'antériorisation de /ɔ/ est fréquente en syllabe fermée, mais moins qu'en syllabe ouverte initiale; l'écart est particulièrement important chez les locuteurs de la classe supérieure. Pour expliquer les nombreuses différences entre les résultats de son étude et ceux de Walter (1976), Péretz (1977) suggère que le contexte très formel de la tâche de lecture proposée aux locuteurs de l'étude de Walter (1976) peut avoir défavorisé la production d'occurrences antériorisées de /ɔ/.

Péretz (1977) note aussi, déjà à cette époque, un effet de graphie entrecroisé avec un effet de registre. Ainsi, selon elle, la présence d'un <o> orthographique défavorise l'antériorisation de /ɔ/, plus spécialement chez les locuteurs récemment sortis de l'école. La graphie du phonème est également mentionnée comme ayant un effet par Hansen et Juillard (2011 : 328), qui soulignent qu'« [é]crite avec la graphie 'o', comme dans *nationale, domicile, /O/ [...] présente [...] quelques cas de*

¹⁷ L'antériorisation de /ɔ/ dans les mots répertoriés par Landick (1990) pourrait s'expliquer par un phénomène d'harmonie vocalique (Coveney, 2001).

prononciations antérieures ([ø], [œ]) » et qui affirment que la variante antérieure est « quasi inexistante [...] (un seul cas en 2001-2004) » pour les mots où /ɔ/ est orthographié *au*.

Hansen et Juillard (2011), comme Jones (1950), Martinet (1957) et Morin (1971), estiment que /ʁ/, lorsque cette consonne est en coda d'une syllabe contenant /ɔ/, a pour effet de défavoriser l'antériorisation de la voyelle. Walter (1976) est du même avis : elle observe qu'aucune des 578 occurrences de [ɔ̃] relevées ne se trouve devant /ʁ/. Au contraire, Fónagy (1989) donne comme exemple de paires minimales où l'antériorisation entraîne une confusion *veulent/volent* et *heure/or* : il semble donc considérer comme possible qu'une variante antérieure de /ɔ/ apparaisse en syllabe fermée par un /ʁ/. Par ailleurs, la jeune locutrice parisienne étudiée par Fougeron et Smith (1993 : 73) « often produces a markedly centralized allophone of [ɔ], especially before [ʁ] ». En effet, le passage transcrit (*phonétiquement*, précisent les auteures), qui contient 108 mots, dont 11 avec le phonème /ɔ/, contient sept [ɔ̃] entendus devant /ʁ/ en syllabe fermée et un [ɔ̃] entendu devant /m/ en syllabe fermée. La grande majorité des locuteurs de l'échantillon de Péretz (1977), enfin, ont antériorisé /ɔ/ devant /ʁ/ au moins une fois. Toutefois, l'auteure (1977 : section 12) indique que « la distinction des deux mots *mort* et *meurt* [...] reste à peu près assurée, car les locuteurs qui antériorisent le *o* ferment aussi, en général, le *eu* ». En somme, ces observations viennent étoffer la dissension au sujet de l'effet de /ʁ/.

L'effet des autres consonnes n'est discuté par aucun des auteurs (Péretz, 1977 écrit regretter de ne l'avoir pas pris en considération). Toutefois, si on observe les mots mentionnés par Walter (1976) où /ɔ/ s'antériorise en syllabe fermée, on peut noter une prédominance de consonnes antérieures dans l'environnement de /ɔ/ : /t,d,l,n,s,j/. Les bilabiales et les labio-dentales sont aussi présentes : /p,b,m,v/. Enfin, les vélaires /k,g/ sont dans l'environnement immédiat du phonème dans seulement trois cas. Le graphème associé au phonème dans ces mots est tantôt <o>, tantôt <u> (il s'agit alors d'emprunts au latin). Le Tableau 3 résume ces contextes.

Contexte	Nombre de mots
/jɔm/	3
/zɔʃ/	1
/lɔt/	2
/pɔd/	2
/gɔn/	1
/kɔk/	2
/bɔl/	1
/dɔt/	1
/nɔm/	2
/nɔt/	1
/nɔs/	1
/vɔlt/	1
/ɔs/	1
/ɔj/	1
/sɔl/	1
/tɔn/	1
/sɔt/	1

Tableau 3 – Contextes consonantiques propices à l'antériorisation de /ɔ/
(selon les données de Walter, 1976)

Enfin, Walter (1976 : 280) remarque également « un certain nombre de réalisations [ɔ̃] pour *e* caduc » en syllabe ouverte. Il y en a en fait 37 dans son corpus, produites après /ɲ/ et /ʁ/ (dans des mots comme *agnelage*, *crevette*, *reblochon*, etc.). Elle ne relève qu'une seule occurrence de [ɔ̃] pour /œ/. Dans ces cas, il y aurait donc postériorisation du schwa ou du /œ/.

1.3.1.3. Études acoustiques

À notre connaissance, trois auteurs, soit Lennig (1978, 1979), Malderez (1994) et Østby (2016), se sont intéressés à l'antériorisation de /ɔ/ à partir de données acoustiques collectées à Paris.

1.3.1.3.1. Origine, vitalité et expansion géographique

Lennig (1978) a consacré sa thèse au système des voyelles orales du français parisien. Il a réalisé une enquête sociophonétique fondée sur un corpus constitué entre 1975 et 1977. Ce dernier comprend 52 locuteurs dont la parole a fait l'objet d'une analyse acoustique détaillée. Il s'agit de 26 hommes et de 26 femmes répartis équitablement entre plusieurs classes d'âge et classes sociales (la plus basse étant associée aux « ouvriers qualifiés » et la plus haute, aux dirigeants d'une entreprise). Lennig (1978) a employé la technique de l'échantillonnage en boule de neige (*snowball sampling*) (Beaud, 2009 : 266) pour recruter ces locuteurs. Suivant la tradition labovienne d'enquête sociolinguistique, l'enquêteur a enregistré de une à deux heures de conversation semi-dirigée avec chacun d'entre eux. Une liste de 90 mots contenant les différents timbres vocaliques du français a également été prononcée par chaque sujet, qui a ensuite répondu à un questionnaire étoffé sur ses caractéristiques socio-démographiques. Tous les locuteurs retenus sont nés et ont grandi à Paris¹⁸, y résidant jusqu'à l'âge de 14 ans au moins.

Lennig (1978, 1979) observe une augmentation de F_2 , qu'il interprète comme un déplacement de /ɔ/ vers /œ/. À l'inverse de Martinet (1957), qui évoque la présence de /a/ pour expliquer ce phénomène, Lennig (1979) émet l'hypothèse d'un mouvement de type *drag chain* (au lieu de la *push chain* théorisée par Martinet) dans lequel la relation de causalité serait inversée : c'est l'antériorisation de /ɔ/ qui serait responsable de l'apparition de /a/. En effet, d'après Mettas (1975), citée par Lennig (1978 : 138), /a/ aurait émergé en français seulement à partir du XVII^e siècle, soit après les premières mentions de l'antériorisation de /ɔ/ par les grammairiens. L'analogie de la *drag chain* provient du fait que l'« espace » structurel libéré par /ɔ/ permettrait de « tirer » certaines réalisations de /a/ vers l'arrière.

Pour Lennig (1978), seule une *drag chain* peut reposer sur l'explication fonctionnaliste selon laquelle /ɔ/ s'antériorise parce que le rendement fonctionnel de l'opposition /ɔ/ ~ /œ/ est plus faible que celui des autres. L'analyse de Martinet (1957), qui postule une *push chain*, ne tiendrait pas : selon Lennig (1978 : 136), « random walk explanations are impossible for push chains [...]. If we assume [this] model, we must find some other reason for the raising and backing of /a/ besides random fluctuation ». Bien qu'il suggère des pistes d'explication possibles (comme une valeur sociale

¹⁸ Dans la « circonscription de Paris », pour être plus exact, qui correspond aux 20 arrondissements de la capitale et à sa banlieue immédiate.

différente pour /a/ à Paris), Lennig (1978) ne développe pas d'hypothèse sur le sujet. Suivant Passy (1890), Lennig (1978) explique qu'en français, tous les timbres vocaliques postérieurs non ouverts ont déjà été affectés, historiquement, par une antériorisation. L'ensemble des phénomènes à l'œuvre est schématisé par une figure, reproduite ci-dessous. Cette suite de changements phonétiques représente, pour Lennig (1979 : 34), une mutation en chaîne *senestrorsum* (Figure 2).

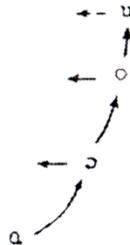


Figure 2 – Mutation en chaîne *senestrorsum* pour les voyelles postérieures du français
(tirée de Lennig, 1979 : 34)

Cette forme de mutation en chaîne où les voyelles postérieures se déplacent vers le centre de l'espace vocalique, les plus basses s'élevant pour prendre les places de plus hautes, [...] [est attestée] dans plusieurs langues telles que le grec ancien, le suédois et le portugais de San Miguel [...]. C'est un phénomène de cette nature qui est à l'origine du phonème /y/ en français moderne. L'ancien /u/ latin a été antériorisé à /y/ et l'ancien /o/ s'est élevé jusqu'à /u/ pour prendre sa place. Cette mutation en chaîne *senestrorsum* a dû continuer pendant longtemps. Dans mes données, on voit ce qui semble être l'effet de la continuation de cette mutation en chaîne sur toutes les voyelles postérieures.

Cependant, Lennig (1979 : 35-37) suggère que la mutation en chaîne *senestrorsum* s'est inversée. En effet, en analysant l'effet de l'âge sur le positionnement des voyelles parisiennes dans un espace $F_1 \times F_2$, l'auteur remarque que les voyelles postérieures auraient amorcé un retour vers une articulation plus postérieure et plus ouverte chez les locutrices plus jeunes. Ce phénomène toucherait aussi /ɔ/. Pour Lennig, l'antériorisation de /ɔ/ serait donc en recul.

Malderez (1994), quant à elle, cherche à montrer qu'il se produit, en français parisien (plus spécifiquement celui de jeunes enfants), une perte d'opposition par le lieu d'articulation des voyelles moyennes arrondies. Dans ce travail, c'est non pas l'antériorisation de /ɔ/, mais la postériorisation du schwa (déjà évoquée par Walter, 1976) qui est traitée : pour Malderez (1994 : 364), « [q]uelle que soit la théorie phonologique adoptée, on peut être d'accord pour l'existence phonémique segmentale /ə/ [sic] », et ce phonème a une réalisation qui « varie entre [ø], [œ] et rien ». Les résultats de l'auteure sont néanmoins intéressants pour notre propos, puisqu'ils témoignent d'un certain degré de confusion entre les voyelles mi-ouvertes arrondies. Malderez (1994) a soumis un test orthographique à 230 enfants d'Île-de-France âgés de moins de 10 ans en 1992. Les participants devaient ajouter une voyelle à des mots incomplets, choisis parce qu'ils présentaient un environnement consonantique favorable à la postériorisation du schwa. En guise de comparaison, le test contenait également des mots où /y/ et /u/ pouvaient alterner. Les résultats de Malderez (1994) montrent que le taux d'erreur diminue avec l'âge, et qu'il est systématiquement moins élevé pour /y/ ~ /u/ que pour /ə/ ~ /ɔ/. Par la suite, un test de perception a été couplé à une analyse acoustique pour des occurrences de /ə/ et de /ɔ/ extraites d'un corpus comprenant 6 phrases prononcées par 7 hommes et 9 femmes. Les voyelles

étaient issues des mots *recopiez*, *reviendra* et *reviendrait*. L'enquêtrice a demandé à sept auditeurs habitués à des tâches de perception de classer chaque occurrence entendue dans une catégorie : [ø], [œ], [o] ou [ɔ]. La majorité des 18 occurrences de /ɔ/, issues du mot *recopiez*, ont été perçues /ø/, signe d'une possible antériorisation de la voyelle. La postériorisation du /ə/ n'est quant à elle perçue que pour la première syllabe de *recopiez*. 27% des occurrences de ce /ə/ ont été classées dans les catégories [o] ou [ɔ] par au moins 70 % des auditeurs. Ces résultats tendent à montrer que /ʁ/ a un effet postériorisant sur les voyelles en position antéposée.

Enfin, le travail d'Østby (2016) porte sur l'acoustique des voyelles à double timbre (au même sens que celui utilisé par Hansen et Juillard, 2011, cette appellation recoupant voyelles moyennes et ouvertes) dans la haute bourgeoisie parisienne. Suivant le protocole du projet *Phonologie du français contemporain* (PFC; voir par exemple Lyche, 2005), l'auteure a enregistré 12 locuteurs (6 hommes et 6 femmes) de cette classe sociale, répartis en trois groupes d'âge : les seniors (50 ans et plus), les moyens (30 à 50 ans) et les juniors (moins de 30 ans). Chacun devait lire une liste de mots et un texte, puis participer à un entretien semi-dirigé de tradition labovienne de même qu'à une séance de conversation libre. Østby (2016) a par la suite procédé à une analyse acoustique manuelle des deux premiers formants de toutes les voyelles étudiées, parmi lesquelles /ɔ/. Ses résultats montrent que l'antériorisation se produit dans le sociolecte de la haute bourgeoisie parisienne, mais de façon sporadique. Østby (2016 : 206) indique que « la classe de mots (ɔC) [...] reste d'ailleurs phonétiquement éloignée de la classe de mots (œC), puisque [...] la variante [ɔ̃] se fait rare dans les usages des couches supérieures de notre étude. »

1.3.1.3.2. Conditionnement social

Les données de Lennig (1978) indiquent que les différences entre classes sociales pour la prononciation de /ɔ/ sont relativement marginales: on remarque tout au plus dans ses diagrammes que chez la classe ouvrière (les sexes étant confondus), /ɔ/ et /œ/ semblent plus proches acoustiquement que chez les autres classes sociales. Si la variation diastratique n'a pas été évaluée par Østby (2016), étant donné la nature de son échantillon, l'auteure a néanmoins vérifié l'existence d'un effet générationnel sur l'antériorisation de /ɔ/. Son analyse indique que le positionnement moyen de /ɔ/ dans un espace $F_1 \times F_2$ est similaire pour tous les groupes d'âge considérés. Toutefois, la distinction acoustique en fonction des seules valeurs de F_1 et F_2 entre /ɔ/ et /œ/ est moins évidente chez les locuteurs d'âge moyen que chez les seniors et les juniors.

1.3.1.3.3. Conditionnement interne

Aucune des trois études acoustiques menées à Paris n'a examiné spécifiquement l'effet de la structure syllabique sur la voyelle /ɔ/. Lennig (1978) et Østby (2016) relèvent toutefois le phénomène d'antériorisation dans des syllabes fermées, incluses dans la classe (ɔC) chez les deux auteurs.

Pour ce qui est de l'effet des segments adjacents, Lennig (1978) répartit les occurrences du phonème /ɔ/ dans deux classes vocaliques distinctes, (ɔC) et (ɔr), sur la base d'une différence significative de la fréquence du deuxième formant (F_2), traditionnellement associé au degré d'antériorité de la voyelle

(Delattre, 1948) : en effet, chez tous les locuteurs enregistrés, F_2 est plus bas pour les mots où /ɔ/ est suivi de /ʁ/ que pour ceux où la voyelle est suivie d'une autre consonne. Le /ʁ/ postposé semble donc favoriser le maintien de F_2 à des valeurs proches de celles de la variante postérieure de /ɔ/. La différence entre les occurrences des deux classes vocaliques semble plus marquée chez les femmes que chez les hommes (Lennig, 1978 : 148). La Figure 3 représente le positionnement moyen de chacune des classes vocaliques étudiées à Paris dans un espace normalisé $F_1 \times F_2$.

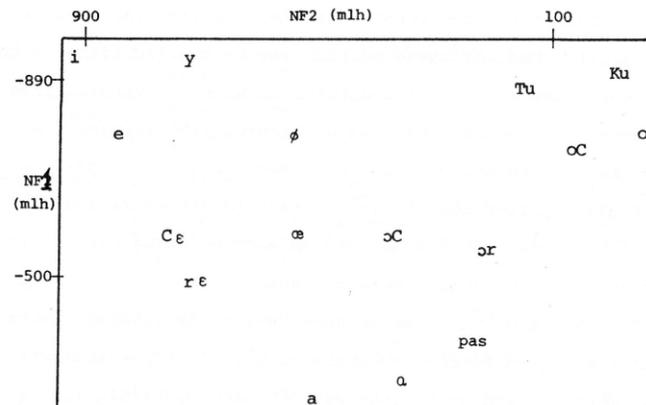


Figure 3 – Positionnement des classes vocaliques étudiées à Paris dans un espace $F_1 \times F_2$ normalisé (tous locuteurs confondus)
(tirée de Lennig, 1978 : 83)

L'étude d'Østby (2016) montre que le /ʁ/ a un effet postérieurisant sur /ɔ/, et ce, chez les locuteurs des trois générations étudiées. L'auteure souligne que cette tendance est plus prononcée lorsque la consonne est en position antéposée, constat qui est lui aussi valide pour tous les locuteurs. De façon anecdotique, puisque ce constat est fondé sur les productions d'un seul locuteur (et le plus âgé), il semble également que la fréquence du deuxième formant soit beaucoup plus élevée dans les mots *sotte* et *cote* que dans les mots *roc* et *pomme*, ce qui donne à penser que les consonnes antérieures adjacentes à /ɔ/ favorisent son antériorisation.

À partir de ses données orthographiques, Malderez (1994) identifie le contexte /ʁ_/ comme le plus propice à la postériorisation du schwa (tendance également relevée à l'oral par Walter, 1976) : il est à l'origine de trois fois plus d'erreurs (où <o> remplace <e>) chez les enfants. Cela indique à nouveau que cette consonne a un effet postérieurisant en position antéposée. Pour expliquer les données auditives de sa deuxième expérience, Malderez (1994 : 363) suggère que l'accentuation barytonique, qu'elle considère comme étant en expansion en français, serait à l'origine de la postériorisation du schwa : ainsi, /ə/ aurait tendance à être réalisé comme une voyelle périphérique, donc plus postérieure, lorsque placée sous l'accent. L'analyse formantique des voyelles « montre que chez la plupart des locuteurs la perception /O/ est due à une valeur moins élevée du deuxième formant »¹⁹. Malderez (1994) indique cependant que ce facteur ne peut pas expliquer toutes les perceptions de /O/ pour /ə/, puisque dans certains cas (notamment chez les locuteurs masculins), le deuxième formant n'est pas significativement moins élevé que celui d'un /ə/ canonique. Il est ainsi possible, en parallèle,

¹⁹ Le symbole /O/, chez Malderez, fait référence aux voyelles moyennes postérieures arrondies.

qu'un autre facteur que la zone d'articulation soit responsable des perceptions de [œ] pour /ɔ/. Ce pourrait être, comme le suggéraient Hall (1948) et Lennig (1978), l'effet d'une tendance à la délabialisation de /ɔ/.

Finalement, une variation diaphasique semble se manifester chez les locuteurs enregistrés par Østby (2016) : tant chez les seniors que chez les locuteurs d'âge moyen ou les juniors, les occurrences de /ɔ/ sont plus antérieures en conversation spontanée qu'en lecture. L'auteure (2016 : 184) note cependant que cet effet pourrait être dû à une « réduction générale de l'espace vocalique quand le débit de parole augmente plutôt qu'exclusivement à une antériorisation de /ɔ/ », puisqu'il apparaît également pour la voyelle /o/.

1.3.1.4. Synthèse partielle

Deux faits paraissent difficilement contestables : a) l'antériorisation de /ɔ/ se manifeste surtout en syllabe ouverte inaccentuée, b) elle est mentionnée à Paris et plus généralement dans le nord de la France. Les études auditives et acoustiques suggèrent également que le phénomène peut se produire en syllabe fermée, parfois même accentuée. Les contextes les plus propices semblent être les environnements où /ɔ/ est placé avant ou après une consonne antérieure. Sur de nombreux aspects, néanmoins, il n'existe pas de consensus chez les auteurs consultés.

D'abord, les informations sociolinguistiques contenues dans les textes examinés ne permettent pas d'établir de liens forts entre des facteurs sociaux et le phénomène à l'étude : plusieurs contradictions apparentes émergent. Ainsi, Walter (1976) voit en l'antériorisation de /ɔ/ une caractéristique de la bourgeoisie parisienne d'âge mûr, alors que Péretz (1977) indique qu'elle est plus fréquente chez les jeunes Parisiens des classes populaires. Hansen et Juillard (2011) la relèvent quant à elles chez de jeunes locuteurs autant à l'époque de Walter (1976) que dans les années 2000. Les conclusions d'Østby (2016) vont également à l'encontre de celles de Walter (1976) ; les quatre locuteurs d'âge mûr issus de la bourgeoisie parisienne qu'elle a étudiés manifestent peu l'antériorisation de /ɔ/.

Léon (1993) voit dans le phénomène une marque de snobisme, qu'il surgisse dans les classes populaires ou dominantes. Dans la même veine, Carton (2000, 2001) considère que l'antériorisation de /ɔ/ serait désormais associée à une certaine préciosité. L'étude de Landick (1995) révèle quant à elle que l'antériorisation de /ɔ/ est plus commune chez les locuteurs ayant fait de longues études que chez les travailleurs de la RATP. À l'inverse, Martinet (1957), Fónagy (1989), Gadet (1992, 1997) et Lyche (2010) font un lien explicite entre le phénomène et les classes populaires. Les données de Péretz (1977) vont dans le même sens, mais l'auteure suggère que le phénomène n'est pas stigmatisé.

La question de la vitalité du phénomène est également source de dissension chez les auteurs : Walter (1976), Lennig (1978, 1979) et Gadet (1992, 1997) jugent que la tendance est en recul, à l'inverse de Péretz (1977). Or, on dispose de multiples attestations plus récentes de l'antériorisation de /ɔ/ (notamment par Fougeron et Smith, 1993, Landick, 1995 et Hansen et Juillard, 2011, qui ont toutes étudié la parole de jeunes locuteurs). Le phénomène est donc bien vivant, tout comme le soutient Carton (2000, 2001), pour qui l'antériorisation de /ɔ/ serait de plus en plus commune en

français moderne. Ainsi, le rapprochement de /a/ et de /ɑ/ en français parisien (Hansen et Juillard, 2011 : 335) ne semble pas avoir freiné le phénomène. L'hypothèse fonctionnaliste du retour de /ɔ/ à une position plus canonique étant donné l'« espace » dégagé dans la série des voyelles postérieures par la fusion des voyelles d'aperture maximale ne semble donc pas être confirmée, vu les attestations récentes de la tendance, qui ne faiblit pas. Un phénomène apparenté à celui de l'antériorisation de /ɔ/, soit la postériorisation du schwa, est aussi évoqué par Walter (1976) et exploré par Malderez (1994). Il semble contraint essentiellement par des facteurs internes, surtout le contexte /ɣ_/. Les informations sur cette postériorisation du schwa demeurent toutefois parcellaires et ne suffisent pas à indiquer un affaiblissement de la tendance de /ɔ/ à s'antérioriser.

Enfin, il existe un débat important autour de l'effet du /ɣ/ postposé sur l'antériorisation de /ɔ/. D'une part, Hall (1948), Martinet (1957), Morin (1971), Walter (1976), Lennig (1978), Hansen et Juillard (2011) et Østby (2016) considèrent que dans cette position, cette consonne favorise les réalisations les plus postérieures de /ɔ/. Inversement, Fónagy (1989), Gadet (1992, 1997) et Fougeron et Smith (1993) indiquent qu'une antériorisation peut être à l'œuvre dans ce contexte, ces auteurs insistant même sur le fait qu'il s'agit du plus propice à l'apparition du phénomène. Comme le souligne Coveney (2001), il est pour le moins surprenant qu'émergent de telles différences entre les relevés des auteurs.

1.3.2. Europe francophone hors Paris

Comme on l'a vu dans la section 1.3.1, nombre d'enquêtes ont fait état de l'antériorisation de /ɔ/ en région parisienne. Nous examinons désormais le phénomène dans le reste de l'Europe francophone, que ce soit dans le reste de la France, en Suisse ou en Belgique. Les points d'enquête où l'antériorisation de /ɔ/ a été mentionnée ou étudiée sont représentés dans la Figure 4.

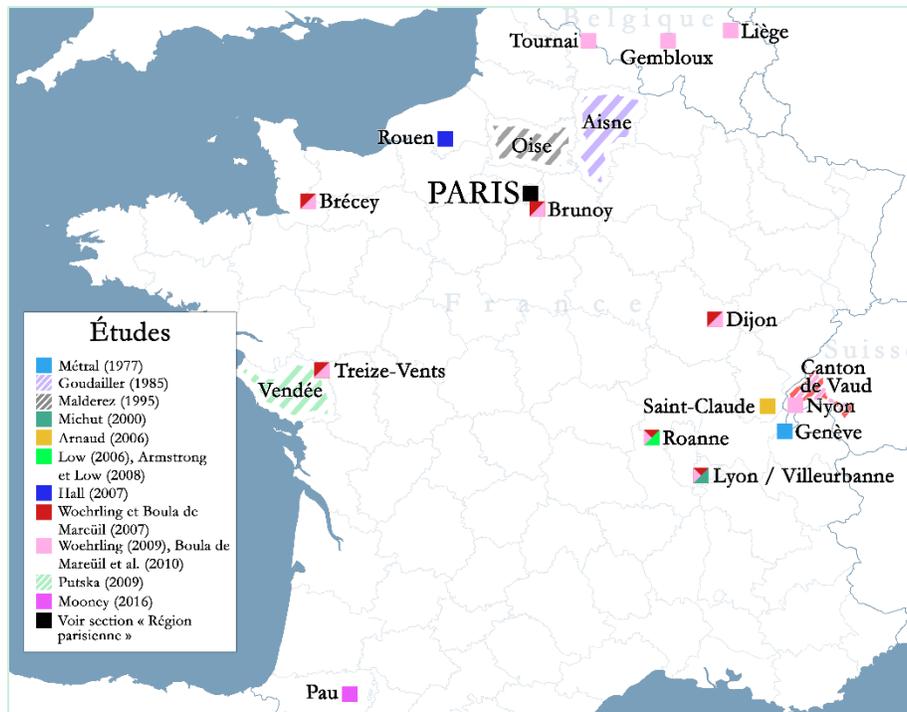


Figure 4 – Répartition des points d’enquête où l’antériorisation de /ɔ/ est mentionnée en fonction de l’étude

1.3.2.1. Remarques impressionnistes

Une brève remarque est rapportée par Métral (1977) au sujet de l’antériorisation de /ɔ/ en Suisse. Dans une enquête fondée sur le protocole de celle de Martinet (1945), l’auteur a distribué un questionnaire phonologique à 400 instituteurs suisses. Métral (1977 : 155) indique que « [c]ertains correspondants genevois signalent que *sotte* a une prononciation qui se rapproche de *seutte* et *sole* de *seule*. » Comme aucune question ne portait spécifiquement sur l’opposition /ɔ/ ~ /œ/, ces signalements ne peuvent être confirmés par les données de l’auteur.

1.3.2.2. Enquêtes auditives

L’enquête de Goudailler (1985), réalisée dans l’Aisne dans le cadre d’une plus vaste étude sur la phonologie des enfants français de six ans (voir Houdebine, 1985), fait mention de l’antériorisation de /ɔ/. L’auteur a enregistré 10 enfants âgés de 6 ans (6 garçons et 4 filles) issus de milieux sociaux plutôt populaires. Goudailler (1985 : 71) constate « une tendance, peu importante numériquement certes, mais cependant [*sic*] repérable, à l’“antériorisation”/“centralisation”, ce surtout devant [s] ([ɔ] → [œ], [ʌ]) »²⁰. Les mots particulièrement propices à cette prononciation dans son corpus sont *rhinocéros*, *brosse* et *rose* (où /ɔ/ figure en syllabe CVC). Il relève, dans les contextes où /s/ ou /z/

²⁰ L’emploi du symbole [ʌ] par Goudailler (1985) n’est pas expliqué; il peut paraître surprenant que l’auteur l’utilise alors qu’il parle d’antériorisation et de centralisation, la voyelle indiquée par ce symbole étant présumée postérieure dans l’API. Cependant, [ʌ] étant souvent utilisé pour décrire la phonétique de la langue anglaise, il n’est pas exclu que Goudailler (1985) y voie plutôt une voyelle centrale (voir Pullum et Ladusaw, 1986 : 181).

suivent /ɔ/, 9 cas sur 65 où la réalisation du phonème s'approche davantage de [œ] ou de [ʌ] que de [ɔ] – cela correspondant à 14 % d'antériorisation.

Dans une autre enquête auditive, Putska (2009) utilise les données du corpus PFC pour étudier le système vocalique du français vendéen. Elle note quelques cas d'antériorisation de /ɔ/ dans cette région dans les mots *commune*, *connaît*, *or*, *alors* (devant /ʁ/ en syllabe fermée dans ces deux mots) et *auraient* (aussi devant /ʁ/, mais pas dans la même syllabe).

1.3.2.3. Études acoustiques

Si les enquêtes auditives sont rares, en revanche, les études acoustiques sur l'antériorisation du /ɔ/ en français européen hors de la région parisienne foisonnent et, qui plus est, sont relativement récentes.

1.3.2.3.1. Origine, vitalité et expansion géographique

Du fait des nombreux points d'enquête ciblés dans les différentes études, l'antériorisation de /ɔ/ est mentionnée à travers un vaste territoire : dans l'Oise (Malderez, 1995, 2000), à Lyon (Michut, 2000), dans la Loire (Low, 2006; Armstrong et Low, 2008), dans le Haut-Jura (Arnaud, 2006), en Normandie (Hall, 2007), dans le nord de la France en général (Woehrling et Boula de Mareüil, 2007; Boula de Mareüil *et al.*, 2010; Aubanel, 2011), en Belgique, en Suisse et dans toute la France (Woehrling, 2009) et en Béarn (Mooney, 2016).

Malderez (1995), dans sa thèse consacrée aux voyelles arrondies en français, a procédé à l'analyse acoustique de la parole de huit locuteurs de l'Oise, soit deux hommes et deux femmes dans deux générations (les « parents » : 28 à 44 ans, les « enfants » : de 7 à 23 ans). Ses données montrent que /œ/ et /ø/ se postériorisent, mais aussi que /ɔ/ et /o/ s'antériorisent dans certains contextes. Pour l'auteure, l'opposition entre les voyelles moyennes postérieures et antérieures n'est pas encore neutralisée dans le français parlé dans l'Oise, mais les valeurs du deuxième formant de /ɔ/ et /o/ relevées dans son corpus sont nettement plus élevées que celles prises comme référence, tirées de Maeda (1988). Malderez (1995) considère que les aires de réalisation phonétique des deux paires de voyelles (/ɔ/ ~ /œ/ et /o/ ~ /ø/) se rapprochent.

L'antériorisation de /ɔ/ a également été relevée à Lyon par Michut (2000), qui a réalisé une étude exploratoire auprès de trois locuteurs lyonnais, âgés de 23, 23 et 57 ans; chacun devait prononcer 15 mots mono- ou bisyllabiques commençant par /k/, finissant par /p, b, t/ et contenant chacun une voyelle différente du français, orale ou nasale. Les mots étaient insérés dans des phrases porteuses où ils apparaissaient en position accentuée et étaient répétés trois fois chacun. Michut (2000) note un F₂ moyen de 1300 Hz pour le /ɔ/ du mot *cotte* et souligne que « les [ɔ] [sont] assez centralisés voire confondus avec [ə] ».

Armstrong et Low (2008) utilisent l'antériorisation de /ɔ/ pour explorer le degré de nivellement dialectal du parler de Roanne, en Loire, par rapport au standard septentrional. Le recours à cette variable pour évaluer le rapprochement au français parisien indique d'emblée que ces auteurs

associent l'antériorisation de /ɔ/ au nord de la France. Le corpus utilisé est constitué de la parole de huit locuteurs (deux hommes et deux femmes de 16 à 25 ans et deux hommes et deux femmes de plus de 45 ans), enregistrée lors d'entretiens sociolinguistiques semi-dirigés menés par Low²¹. Avant de procéder à une analyse acoustique, dont il sera question ci-après, les deux auteurs ont d'abord classé auditivement chaque occurrence de /ɔ/ en deux catégories, [ɔ] ou [œ] : parmi les 679 réalisations de /ɔ/ du corpus, 359 ont été initialement perçues comme antériorisées, ce qui revient à un taux de 53 %. Cette proportion est radicalement différente de celles mentionnées dans la littérature examinée jusqu'ici, qui oscillaient entre 3 et 5 % d'antériorisation.

Armstrong et Low (2008 : 437) critiquent aussi l'hypothèse fonctionnaliste de Martinet (1957) quant à l'origine de l'antériorisation de /ɔ/ :

[...] [W]ere one to widen the discussion to areas that do not have the low back vowel /ɑ/, one could question the robustness of a wholly functional theory of language change, since it fails to account in these terms for those dialect communities which do not maintain the distinction between /ɑ/ and /a/ [sic], but where /ɔ/-fronting is present. It certainly seems true that for most French speakers, /ɑ/ now has a very restricted distribution and cannot be regarded as a phoneme (Coveney 2001 : 188).

Selon eux, puisque /ɑ/ et /a/ sont fusionnés à Roanne, l'hypothèse de Martinet ne peut s'y appliquer. Les auteurs affirment donc que le changement doit y être motivé par la diffusion sociale d'un trait phonétique, mais reconnaissent qu'on ne peut pas reprocher à Martinet de ne pas avoir adopté une méthodologie d'enquête qui n'était pas encore développée à son époque (soit l'étude sociolinguistique de la diffusion des changements).

Arnaud (2006) a enregistré, lors d'entretiens sociolinguistiques semi-dirigés, 19 hommes originaires de Saint-Claude (10 âgés de 20 à 35 ans et 9 de plus de 55 ans), de statuts socioprofessionnels et de niveaux d'études différents. L'analyse acoustique réalisée par l'auteur, qui a estimé la fréquence des trois premiers formants à 50 % de la durée vocalique, lui permet de mettre au jour 30 occurrences antériorisées de /ɔ/ (sur 161) en syllabe CVC accentuée. Pour Arnaud (2006 : 349), la situation sanclaudienne est comparable à celle qu'évoque Martinet (1957) pour Paris : « [pour l'antériorisation de /ɑ/ et de /ɔ/ en syllabe fermée et le maintien de la distinction entre /ɑ/ et /a/,] une situation semblable à celle relevée par MARTINET au début du XX^e siècle en région parisienne est à l'œuvre dans le Haut-Jura et [...] Saint-Claude est au cœur d'un conflit entre usages locaux et usages hexagonaux ». En effet, dans la région étudiée, le contraste entre les deux phonèmes vocaliques d'aperture maximale est maintenu : comme le souligne l'auteur lui-même (Arnaud, 2006 : 29), la ville de Saint-Claude est dans une région rurale et périphérique de la France et les usages linguistiques de cette ville se rapprochent peut-être davantage de ceux de la Suisse romande, où /ɑ/ et /a/ sont distincts, que des autres usages de France.

²¹ Low (2006) a aussi consacré son mémoire de maîtrise à l'antériorisation de /ɔ/ à Roanne; c'est de son travail que proviennent les données examinées par les auteurs. L'auteure n'a pas le français pour langue maternelle, ce qui pourrait avoir affecté la dynamique des échanges et la transcription. En effet, Armstrong et Low (2008 : 445) écrivent que « the perceptual categories of the listener can plausibly be thought of as being shaped by the phonemic distinctions of his/her native language ».

Woehrling et Boula de Mareüil (2007), Woehrling (2009) et Boula de Mareüil *et al.* (2010) ont procédé, quant à eux, à l'analyse acoustique d'un corpus de grande envergure grâce à l'utilisation de techniques de segmentation automatique du signal sonore : grâce aux corpus PFC, déjà mentionné, et CTS (*Conversational Telephone Speech*), près de 15 000 occurrences de /ɔ/ ont été analysées. Les locuteurs étaient originaires de plusieurs points d'enquête²² répartis en différentes régions selon l'étude (nord/sud de la France en 2007 et en 2010; Nord, Sud, Alsace, Suisse et Belgique en 2009). La segmentation a été réalisée à partir d'un dictionnaire de prononciation et d'une transcription orthographique des enregistrements²³. Les fréquences formantiques ont ensuite été estimées grâce aux logiciels PRAAT et SNACK (ces différentes études avaient aussi comme objectif de comparer les performances de ces programmes). Les occurrences aberrantes ont été rejetées après l'application d'un filtre destiné à exclure les données s'écartant trop des valeurs formantiques de référence proposées par Gendrot et Adda-Decker (2005). Dans les études de 2007 et de 2010, les auteurs parviennent à la conclusion que l'antériorisation du /ɔ/ est en pleine expansion en français septentrional. Les auteurs parlent de « rapprochement global » entre /ɔ/ et /œ/ dans cette variété de français : ils considèrent même que le phénomène en constitue la caractéristique la plus distinctive. La différence la plus notable entre les variétés du Nord et du Sud est l'antériorité de /ɔ/, beaucoup plus marquée en français septentrional; la position moyenne de /ɔ/ dans un espace $F_1 \times F_2$ en témoigne. Le Tableau 4 reprend les données formantiques moyennes proposées dans leur contribution de 2007 et la Figure 5 montre les trapèzes vocaliques des deux variétés étudiées.

/ɔ/		PFC				CTS			
		males		females		males		females	
		N	S	N	S	N	S	N	S
Praat	F1	450	400	500	500	500	500	600	550
	F2	1200	1000	1350	1100	1200	1100	1350	1300
Snack	F1	400	400	450	450	450	450	500	500
	F2	1250	1050	1400	1150	1150	1050	1300	1250

Tableau 4 – Valeurs des deux premiers formants, arrondies à ± 50 Hz, des occurrences de /ɔ/ dans deux corpus différents selon la variété de français étudiée et le logiciel utilisé

(adapté de Woehrling et Boula de Mareüil, 2007 : 1008)

N : Nord

S : Sud

PFC : *Phonologie du français contemporain*

CTS : *Conversational Telephone Speech*

²² Pour le corpus PFC : Brécey, Brunoy, Dijon, Lyon-Villeurbanne, Roanne, Treize-Vents, Canton de Vaud (Nord) / Biarritz, Douzens, Marseilles, Rodez, Lacaune (Sud). En 2009, Woehrling a ajouté à ces points d'enquête Boersch (Alsace), Nyon (Suisse romande) et Tournai, Gembloux et Liège (Belgique). Pour le corpus CTS, les points d'enquête sont moins bien définis et correspondent grossièrement aux grandes régions du nord et du sud de la France.

²³ Pour plus de détails sur la procédure utilisée, voir Woehrling (2009) et Adda-Decker, Gendrot et Nguyen (2008).

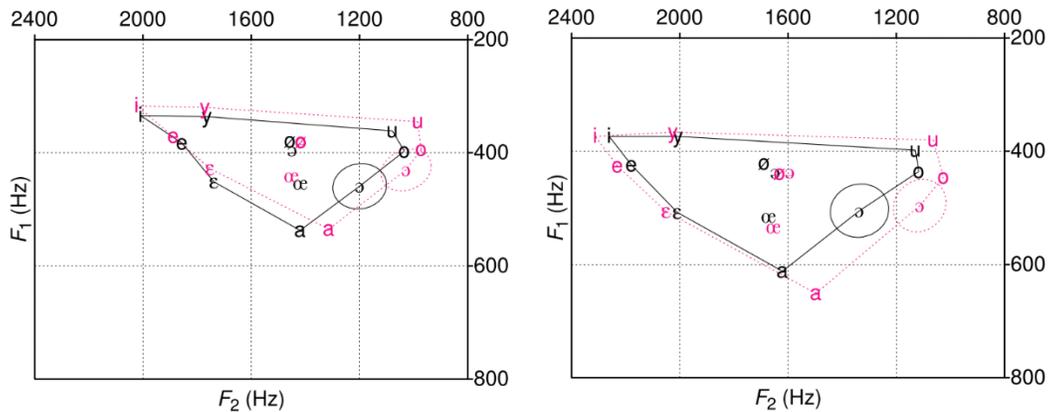


Figure 5 – Espaces vocaux pour les hommes (panneau de gauche) et les femmes (panneau de droite) du nord et du sud de la France du corpus PFC selon les données obtenues avec PRAAT
(tirée de Woehrling, 2009 : 76)

Nord : ———
Sud : - - - - -

Les résultats de Woehrling (2009) montrent quant à eux que le phénomène est également présent en Suisse, en Belgique et même dans le sud de la France, sans y être fréquent²⁴.

Aubanel (2011), dans une étude consacrée aux représentations mentales, à la convergence et à la divergence phonétique en interaction conversationnelle, note lui aussi quelques cas d'antériorisation en français méridional. L'auteur a réuni 24 élèves d'un lycée de Marseille, dont la parole était classée soit comme plutôt caractéristique du français « standard », soit du français méridional²⁵, par paires comprenant un locuteur de chaque variété régionale. Chaque paire a participé à un jeu au cours duquel des personnages devaient être classés en fonction de caractéristiques communes. Chacun de ces personnages portait un nom fictif correspondant aux règles phonotactiques du français et comportant une voyelle connue pour être affectée par la variation diatopique. Le nom *Vicolfi*, répété en moyenne 39 fois par locuteur au cours de la tâche, a été utilisé pour évaluer la prononciation de /ɔ/ en syllabe fermée. À l'aide d'un aligneur phonétique automatique, Aubanel (2011) montre que 33 % des /ɔ/ dans ce nom sont catégorisés comme /œ/ pour les locuteurs manifestant un accent plutôt typique du nord de la France, contre 15 % pour ceux parlant le français méridional. La différence régionale détectée par Woehrling (2009) se retrouve donc également dans les données traitées par Aubanel (2011).

Mooney (2016), enfin, indique que l'antériorisation de /ɔ/ est présente en Béarn, une région méridionale de la France. Dans cette étude, 512 occurrences de /ɔ/ prononcées en parole spontanée par 30 locuteurs de trois générations (seniors = 65 ans et plus, d'âge mur = 30-50 ans, jeunes = 16-18 ans) lors d'entretiens sociolinguistiques semi-dirigés ont fait l'objet d'une analyse acoustique centrée sur la valeur du deuxième formant. Mooney (2016) relève des voyelles beaucoup plus antérieures chez les locuteurs les plus jeunes que chez les plus âgés et en conclut que l'antériorisation de /ɔ/ est

²⁴ Voir le Tableau 6.

²⁵ Ce classement s'est effectué sur la base d'un questionnaire standard du projet PFC et d'une évaluation auditive subséquente de la part de l'auteur.

bien vivante et poursuit son expansion hors de Paris, en interprétant cette diffusion, comme le font Armstrong et Low (2008), comme un nivellement interdialectal.

1.3.2.3.2. *Conditionnement social*

Les études acoustiques susmentionnées fournissent plusieurs détails sur l'effet de facteurs extralinguistiques sur l'antériorisation de /ɔ/. Arnaud (2006) remarque que la tendance semble plus fréquente chez les jeunes que chez les locuteurs plus âgés dans le Haut-Jura, constat partagé par Mooney (2016) en Béarn.

Pour tester un éventuel effet de génération, Malderez (1995) a réalisé un test de perception catégorielle en demandant à des informateurs d'identifier 21 stimuli vocaliques synthétiques dont le F_2 variait en les catégorisant comme /ɔ/ ou /œ/ trois fois chacun. Ses résultats indiquent que la génération des parents perçoit plus de /œ/ que celle des enfants, et ce, de façon statistiquement significative : pour Malderez (1995 : 110), « ce test de perception catégorielle confirme l'existence d'un changement en cours en français concernant l'opposition /Ø/-/O/, et ce dans ses deux dimensions /ø/ - /o/ et /œ/ - /ɔ/ ». Elle juge que si la production s'aligne sur la perception, il est plausible que les locuteurs plus âgés aient une aire de réalisation phonétique plus large pour /œ/ que pour /ɔ/. Ainsi, même une prononciation légèrement plus antérieure que la variante canonique conduirait ces locuteurs à percevoir un /œ/. La majorité des graphiques représentant le positionnement acoustique dans un espace $F_1 \times F_2$ de /ɔ/, /o/, /œ/ et /ø/ élaborés par Malderez (1995) pour chaque locuteur indique que les aires de réalisation des voyelles moyennes antérieures et postérieures semblent se chevaucher. Chez les femmes, notamment, Malderez (1995 : 142) note que « les femmes de la génération *parents* ont tendance à produire des réalisations plus éloignées de la voyelle de référence [de Maeda (1988)] que les locutrices de la génération *enfants* ». En outre, dans la génération *enfants* uniquement, les hommes ont un taux d'antériorisation de /ɔ/ et de /o/ plus élevé que les femmes.

À l'inverse de ces chercheurs, Woehrling et Boula de Mareüil (2007) ne constatent aucun effet générationnel ou de genre sur l'antériorisation de /ɔ/. Tout comme eux, Armstrong et Low (2008 : 449) n'identifient pas d'effet significatif de l'âge sur la tendance à l'antériorisation. Cependant, le genre joue selon eux un rôle important : « [a]lthough the male informants are not behaving in a homogeneous fashion, the females are, especially in the younger group, and we can suggest very tentatively, in the absence of collateral studies, that any change in progress is being led by them ». Le Tableau 5 donne à lire les données qui servent d'appui à cette affirmation.

Speaker	% fronting		
	0	1	2
m. 1942	30,00	34,00	36,00
m. 1956	43,37	27,71	22,89
Older men	38,85	30,08	27,82
f. 1954	19,39	31,63	44,90
f. 1955	25,86	34,48	39,66
Older women	21,79	32,69	42,95
m. 1982	21,82	32,73	39,09
m. 1981	43,90	29,27	19,51
Younger men	31,25	31,25	30,73
f. 1981	26,19	27,38	46,43
f. 1981	35,96	20,18	43,86
Younger women	31,82	23,23	44,95

Tableau 5 – Pourcentage d’occurrences de /ɔ/ classées par degré d’antériorité acoustique
(adapté d’Armstrong et Low, 2008 : 448)

0 : voyelle postérieure
1 : voyelle centralisée
2 : voyelle antériorisée

La catégorisation auditive des occurrences par les auteurs fait émerger la même tendance. Armstrong et Low (2008 : 450) expliquent que « the mutation is apparently being led by the most socially innovating informants, the younger females, [...] which can be suggested in this case as highlighting the prestige now attached to this variant ». En effet, les auteurs pensent que l’antériorisation de /ɔ/ serait en cours de diffusion hors de Paris parce que « speakers adopt features from outside their immediate community where they see social advantage to be gained in so doing » (2008 : 438). Cette interprétation rejoint celles de Carton (2001) et de Léon (1996), discutées plus haut, et est partagée par Mooney (2016). Ce dernier constate le même effet de sexe qu’Armstrong et Low (2008) chez les jeunes locuteurs béarnais, les femmes produisant des voyelles plus antérieures que les hommes. L’auteur considère lui aussi que cette tendance est motivée par la perspective d’un avantage social lié à son adoption : « [l]e mélange de prononciations locales et non-locales dans le français des jeunes leur permet de se distinguer des générations précédentes et de négocier des identités locales et non-locales qui pourraient bien entrer en conflit » (Mooney, 2016 : 80).

Selon Woehrling et Boula de Mareüil (2007) et Woehrling (2009), l’antériorisation de /ɔ/ apparaît davantage en conversation spontanée qu’en lecture : ces auteurs indiquent que dans le corpus PFC, l’antériorisation de /ɔ/ est plus fréquente lors des entretiens que dans la tâche de lecture oralisée. Le Tableau 6 détaille les pourcentages de catégorisation automatique²⁶ de chaque variante de /ɔ/ dans le corpus PFC selon le style de parole et la région. Peu importe la variété de français examinée, le pourcentage de /ɔ/ classés comme [œ] par l’aligneur automatique augmente en parole spontanée²⁷.

²⁶ Les occurrences ont été automatiquement alignées comme [œ], [ɔ] ou [o] selon leur profil acoustique. Voir la note de bas de page 23.

²⁷ Marie-Hélène Côté (communication personnelle, 5 février 2017) nous a suggéré qu’une piste d’explication possible pour les résultats de Woehrling et Boula de Mareüil (2007) pourrait résider dans l’influence de l’orthographe sur la production : le fait d’avoir les graphies <o> ou <au> sous les yeux pourrait favoriser des prononciations plus postérieures.

Contrairement à Woehrling (2009) et à Woehrling et Boula de Mareüil (2007), Malderez (1995 : 191) rapporte que, dans ses données,

le style formel n'est pertinent que pour la voyelle /ɔ/. Il est très surprenant de constater que c'est le style réputé le plus formel qui produit le plus d'antériorisation de la voyelle. Il est possible que, lisant seuls face au magnétophone, les locuteurs, en âge scolaire ou ayant fait des études post-baccalauréat pour les plus vieux (enseignants, photographe et orthophoniste) se soient prêtés volontiers au jeu de la lecture et y aient produit de la parole moins "contrôlée" que lors de l'entretien, et ceci en particulier pour le texte enfantin. En effet, la lecture du texte transcrivant la lettre d'un enfant à sa mère a fourni, dans la catégorie lecture, les résultats les plus éloignés de ceux de l'entretien. Par exemple, c'est là que l'on retrouve les réalisations les plus antérieures de /ɔ/.

En somme, toutes les sources ne concordent pas sur la question du prestige de l'antériorisation de /ɔ/, et aucun auteur ne s'avance sur la nature latente ou apparente de ce prestige putatif (Moreau, 1997).

		#occ	%[ɔ]	%[œ]	%[o]
lecture	Standard	1 339	55	21	24
	Sud	1 355	35	5	61
	Alsace	319	28	10	62
	Belgique	986	50	20	7
	Suisse	323	73	20	7
spontanée	Standard	4 756	40	34	26
	Sud	3 698	39	13	49
	Alsace	749	38	21	41
	Belgique	2 617	37	21	33
	Suisse	1 326	55	31	14

Tableau 6 – Pourcentages d'occurrences de /ɔ/ alignés comme [ɔ], [œ] et [o] dans le corpus PFC selon la variété de français étudiée
(adapté de Woehrling, 2009 : 113)

1.3.2.3.3. Conditionnement interne

Arnaud (2006), qui s'est intéressé exclusivement à des syllabes accentuées, mentionne que le /ɔ/, en position CV (car /ɔ/ peut se manifester en finale de mot dans le français du Haut-Jura), a un deuxième formant moyen significativement plus bas qu'en position CVC. C'est aussi en syllabe fermée que l'auteur a relevé la majorité des occurrences antériorisées à l'audition. Malderez (1995 : 177) indique aussi que pour /ɔ/, « [l]es syllabes de type CV et CCV favorise [sic] la plus basse valeur du deuxième formant [...] (CV<CCV<CCVC<CVC) ainsi que les positions médiane et initiale ». Les syllabes fermées sont donc considérées comme propices aux variantes antériorisées de /ɔ/, tout comme les syllabes accentuées; en effet, la mention de la position finale de mot suggère ce fait, l'accentuation en français tombant généralement sur la dernière syllabe des mots en fin de groupe syntaxique (voir à ce sujet la synthèse de Di Cristo, 1999). Les données d'Armstrong et Low (2008) suggèrent quant à elles que les contextes CVC et CV sont tous deux propices à la manifestation de variantes antériorisées de /ɔ/ : dans le premier cas, le taux d'antériorisation observé atteint 43,5 %, alors qu'il s'élève à 64,1 % dans le second. Woehrling et Boula de Mareüil (2007), eux, n'observent aucun effet de la structure syllabique sur le deuxième formant. Enfin, chez les locuteurs béarnais âgés, mais pas

chez les autres générations, Mooney (2016) constate que /ɔ/ est plus antérieur dans les syllabes fermées et accentuées que dans les autres.

Pour ce qui est de l'influence des segments adjacents sur /ɔ/, la consonne /n/, en position postposée, semble favoriser l'antériorisation chez les locuteurs du Haut-Jura enregistrés par Arnaud (2006). D'autres mots où elle se produit sont donnés en exemple par l'auteur : *panosse, pilote, gigote*. L'effet catalyseur du /n/ postposé apparaît aussi dans les données de Hall (2007), qui se base sur l'enregistrement d'un entretien informel du projet PFC à Rouen. Chez la locutrice de 63 ans, l'auteur note une antériorisation qui se produit systématiquement devant cette consonne, mais jamais devant /ʁ/. Pour d'autres consonnes, les résultats varient. Hall (2007 : 14) affirme toutefois que « [l]es prononciations de /ɔ/ et de /œ/ chez cette locutrice ne sont pas significativement différentes l'une de l'autre, ni en hauteur ni en antériorisation ». La position du /ɔ/ de cette locutrice par rapport à celui du « français de référence » serait également nettement centralisée²⁸. L'étude de Hall (2007) n'est toutefois pas généralisable à toute la région de Rouen, puisque ses données sont idiosyncrasiques.

Concernant l'effet de l'environnement consonantique, les résultats d'Armstrong et Low (2008 : 439-440) indiquent que /m/ et /n/ sont les consonnes les plus favorables à l'antériorisation de /ɔ/ lorsqu'elles ferment la syllabe (respectivement 93,6 % et 92,9 % d'antériorisation, tous locuteurs confondus). Pour les auteurs, « assimilation generally proceeds in an 'anticipatory' or 'regressive' direction »²⁹, ce qui fait que c'est le lieu d'articulation de la consonne qui suit /ɔ/ qui est « the most constraining context ». Cette affirmation peut s'appuyer sur des contraintes articulatoires pour les contextes /_l/, /_d/, /_t/, /_s/ et /_n/, où les consonnes sont apicales. La consonne /m/ a toutefois un effet antériorisant sur la voyelle alors qu'elle n'implique aucun mouvement lingual. Armstrong et Low (2008 : 441) estiment que la fréquence d'apparition du /m/ postposé peut expliquer son effet. Selon eux, une tendance phonétique comme l'antériorisation de /ɔ/ se propage notamment grâce à l'analogie, ce qui explique son expansion à un contexte pourtant « neutre » : « it seems uncontroversial to state that high frequency will promote the adoption of a linguistic innovation ». Ils évaluent la distribution de douze consonnes suivant /ɔ/ dans leur corpus et mettent en relation leurs résultats avec les taux d'antériorisation par contexte (tous locuteurs confondus), tel que rapporté dans le Tableau 7.

²⁸ La méthodologie employée pour relever les valeurs formantiques n'est pas explicitée, pas plus que la source des fréquences de référence pour le français « standard ».

²⁹ Les auteurs ne citent aucune référence pour appuyer ce postulat.

Consonant	% frequency after /ɔ/	% fronting
/ʁ/	56,72	11,37
/m/	16,67	93,55
/n/	11,29	92,86
/l/	6,7	80,00
/k/	1,89	(71,43)
/ʃ/	1,89	(71,43)
/f/	1,61	(66,67)
/p/	1,34	(20)
/d/	0,81	(100)
/s/	0,54	(100)
/b/	0,27	(0)
/t/	0,27	(100)

Tableau 7 – Fréquence d'apparition de 12 consonnes du français après /ɔ/ dans le corpus de Roanne et taux d'antériorisation de la voyelle pour chaque contexte

(adapté d'Armstrong et Low, 2008 : 442)

Les pourcentages entre parenthèses ont été calculés à partir de moins de 10 occurrences.

L'antériorisation est relevée pour 86,3 % des occurrences de /ɔ/ lorsqu'elles sont suivies par une consonne antérieure (/t, d, s, l, n, ʃ/) contre seulement 13,3 % pour les consonnes postérieures (représentées majoritairement par /ʁ/ dans le corpus de Roanne).

Chez les locuteurs béarnais de 16 à 18 ans, Mooney (2016) relève lui aussi que les consonnes postérieures (/k, g, ʁ/) postposées sont moins favorables à une augmentation de F₂ que les antérieures et les labiales /m, f/. Mooney (2016 : 73) postule que « [t]outes les consonnes qui favorisent une voyelle antérieure, /ʃ, m, t, f, s, l/, comprennent un rétrécissement antérieur, même si les labiales /m, f/ n'ont aucun geste lingual », ce qui expliquerait leur effet similaire. En ce sens, son interprétation rejoint celle d'Armstrong et Low (2008). Toujours selon cet auteur, en position antéposée, les consonnes labiales de même que le /ʁ/ sont plutôt associées à des occurrences de /ɔ/ plus postérieures, les consonnes antérieures favorisant quant à elles un F₂ plus élevé. L'effet des consonnes labiales serait donc différent avant et après la voyelle.

Enfin, pour Boula de Mareüil *et al.* (2010 : 83), « [l]e /ɔ/ est surtout antériorisé lorsqu'en contexte gauche et droit figurent des consonnes d'avant ». Les auteurs ne précisent toutefois pas si cette affirmation concerne des consonnes faisant partie de la même syllabe que /ɔ/. Ils relèvent un taux d'antériorisation de 40 % avec un /s/ postposé et de 30 % avec un /s/ antéposé. Woehrling et Boula de Mareüil (2007 : 1009) soulignent quant à eux que « [v]arious influences may account for the /ɔ/→[œ] shift », identifiant, tout comme Boula de Mareüil *et al.* (2010), la présence d'une consonne antérieure avant ou après /ɔ/ comme étant un facteur favorisant l'antériorisation.

Une certaine controverse quant à l'effet de /ʁ/ sur la zone d'articulation de /ɔ/ est encore manifeste dans les études menées en Europe francophone. Les données d'Arnaud (2006) révèlent un effet significatif du contexte consonantique sur la fréquence du deuxième formant des occurrences de /ɔ/. Chez 9 locuteurs sur les 10 pour lesquels il existe une différence statistique entre le F₂ de cette voyelle

en (Ocv) et en (Or)³⁰, les réalisations de /ɔ/ sont plus périphériques dans la classe (Or). Arnaud (2006 : 283) note en outre n'avoir perçu aucune occurrence antériorisée en syllabe fermée par /ʁ/.

Dans l'étude d'Armstrong et Low (2008), comme le montre le Tableau 7, /ʁ/ est la consonne la plus fréquente après /ɔ/ : or, malgré leur hypothèse sur l'expansion de l'antériorisation de /ɔ/ aux contextes consonantiques fréquents, la voyelle ne présente, devant /ʁ/, qu'un taux d'antériorisation de 11,4 %. Les auteurs suggèrent que /ʁ/ entraîne plus probablement un désarrondissement de la voyelle. D'ailleurs, lors d'un test de perception mené auprès de dix locuteurs français connaissant l'anglais, dans lequel les participants devaient identifier chaque occurrence entendue comme un [ɔ] ou un [œ], c'est le contexte /_ʁ/ qui a posé le plus de problèmes aux sujets. Armstrong et Low (2008 : 446), anglophones natifs quant à eux, ont été confrontés au même problème : alors que, par comparaison, seules 11 réalisations de /ɔ/ fermées par une autre consonne que /ʁ/ avaient posé des difficultés au moment de la catégorisation, l'analyse formantique indique une tendance inverse à celle qu'ils ont perçue à l'audition pour 86 des 211 occurrences de /ɔʁ/. Ce sont ces 86 occurrences qui ont été soumises au jugement des participants au test de perception :

Like the researcher, the ten listeners had the most difficulty in correctly categorising /ɔ/ in [the /_ʁ/ context] : often, the French native-speakers perceived it as fronted where F2 suggested otherwise. This can perhaps be explained in terms of analogy : if conscious of a sound change, listeners may generalise for all contexts, such that fronting is perceived even where it does not actually occur.³¹

Cette proposition diffère de celle avancée par Walter (1976), qui suggère plutôt que les transcrip-teurs ayant catégorisé les occurrences de /ɔ/ ont peut-être identifié trop peu de voyelles antériorisées en raison d'une hypocorrection perceptuelle. Pour Armstrong et Low (2008), dans le cas des /ɔ/ avec /ʁ/ postposé, il faudrait, recourir à des enregistrements vidéo pour régler toute ambiguïté, puisque tout comme l'antériorisation, le désarrondissement de la voyelle peut provoquer une augmentation de la fréquence du deuxième formant, ce que fait aussi remarquer Lennig (1978).

Boula de Mareuil *et al.* (2010 : 83) considèrent eux aussi que des cas d'antériorisation avant /ʁ/ sont possibles, bien que peu fréquents, et citent le mot *d'accord* en exemple (comme Fougeron et Smith, 1993) :

Dans le premier mot (*d'accord*), le 'o' apparaissant avant une consonne vélaire a un F2 en moyenne de 1300 Hz pour les hommes et de 1400 Hz pour les femmes, soit 300 Hz au dessus d'un mot comme *bord(s)*. Ce cas est instructif dans la mesure où l'effet du /ʁ/ sur la voyelle précédente a été très controversé. La séquence /œʁ/ est tout à fait possible en français. On note même que le phonème /œ/ apparaît le plus fréquemment avant /ʁ/ (notamment en raison de la productivité du suffixe agentif *-eur*) [...]. Nous observons pour notre part 15 % d'antériorisation avec /ʁ/ en contexte gauche ou droit, ce qui est moins que pour d'autres phonèmes [...]

³⁰ Ces classes sont celles proposées par l'auteur; (Ocv) représente les occurrences de /ɔ/ en syllabe fermée par une consonne autre que /ʁ/ et (Or) celles qui sont fermées par /ʁ/ ou par un groupe consonantique /ʁ/ + consonne.

³¹ Armstrong et Low (2008) citent aussi Carton (1974 : 10), selon lequel les locuteurs du français percevaient fréquemment une antériorisation qui, en réalité, ne serait pas réalisée. À la page indiquée par ces auteurs, nous n'avons pas pu retrouver une telle mention, ni ailleurs dans l'ouvrage de Carton.

La remarque de Boula de Mareüil *et al.* (2010) concernant le suffixe *-eur* fait écho à la position de Martinet (1957), qui considère que le rendement fonctionnel de l'opposition /ɔ/ ~ /œ/ est fort devant /ʁ/, ce qui l'amène à envisager /_ʁ/ comme un contexte maintenant le contraste vocalique. Il y a certes beaucoup de mots du lexique français qui s'opposent par la permutation de /ɔ/ pour /œ/ devant /ʁ/, mais il y a davantage de mots en *-eur* au total, étant donné la prévalence et la productivité du suffixe agentif évoqué par Boula de Mareüil *et al.* (2010). Il n'est donc pas exclu que la force de l'analogie rende possible l'antériorisation devant /ʁ/. C'est également la position défendue par Armstrong et Low (2008), qui considèrent que la fréquence du suffixe *-eur* est un indice de la possibilité d'une réalisation antériorisée de /ɔ/ devant /ʁ/, surtout dans des mots fréquents : dans leur corpus, « the vowel was fronted or unrounded before /R/ chiefly in words with high lexical frequency, like *d'accord* [...] and *alors* » (2008 : 443). Pour ces auteurs, les jeunes femmes antériorisent légèrement plus /ɔ/ dans ce contexte que les autres groupes (bien que les différences de pourcentage soient marginales et non statistiquement significatives). Cet état de fait a traditionnellement été considéré comme un indicateur de prestige³². Une innovation « désirable socialement » aurait tendance, pour Armstrong et Low (2008), à se répandre par la force de l'analogie. Ainsi, les mots à fréquence lexicale élevée et les contextes consonantiques les plus abondants dans le lexique (ce qui est le cas du /ʁ/ postposé à /ɔ/) devraient favoriser l'expansion de l'antériorisation de /ɔ/.

La fréquence lexicale, enfin, est également examinée par Mooney (2016), qui identifie chez les jeunes locuteurs du Béarn une corrélation positive entre cette métrique et le taux d'antériorisation pour un mot³³. Ce résultat va dans le même sens que la remarque d'Armstrong et Low (2008). Toutefois, Woehrling et Boula de Mareüil (2007 : 1009) parviennent à une conclusion inverse : « [t]he most frequent words with 'o' are not necessarily more fronted than the other ones »³⁴. Il faut néanmoins garder à l'esprit que leurs enquêtes respectives se concentrent sur des régions et des corpus différents et utilisent des méthodologies éloignées les unes des autres.

1.3.2.4. Synthèse partielle

Comme tente de le souligner cette synthèse des études menées en Europe francophone, l'antériorisation de /ɔ/ est présente non seulement à Paris, mais aussi dans le nord de la France en général (et même au sud du pays, dans une moindre mesure), en Belgique et en Suisse. Pour Woehrling et Boula de Mareüil (2007), Woehrling (2009) et Boula de Mareüil *et al.* (2010), cette caractéristique phonétique est même la plus saillante du français hexagonal septentrional. Elle serait en voie de diffusion, adoptée notamment par les jeunes locuteurs comme façon de manifester une identité supralocale (Armstrong et Low, 2008; Mooney, 2016).

³² Voir notamment Labov (2006) et Trudgill (1972), de même que les critiques de Eckert (1989) et de Eckert et McConnell-Guinet (2003).

³³ Mooney (2016) a utilisé la base de données LEXIQUE (<http://www.lexique.org>), fondée sur un corpus de sous-titres de films, comme source pour les fréquences lexicales.

³⁴ Ces auteurs ne détaillent pas la source utilisée pour déterminer la fréquence lexicale des mots.

L'effet de la classe sociale est, pour ainsi dire, absent de la littérature dépouillée. En revanche, celui du genre est plus étudié : les données d'Armstrong et Low (2008) et Mooney (2016) indiquent que les femmes ont un taux d'antériorisation de /ɔ/ plus élevé que les hommes, mais en parallèle, Malderez (1995) rapporte que le phénomène est plus commun chez les jeunes hommes. Boula de Mareüil *et al.* (2010), quant à eux, ne détectent aucun effet différencié entre les hommes et les femmes.

Par ailleurs, bien qu'Armstrong et Low (2008) et Woehrling et Boula de Mareüil (2007) ne relèvent pas d'effet de la génération dans leurs études, Malderez (1995) et Mooney (2016) indiquent que les locuteurs plus jeunes présenteraient des taux d'antériorisation plus élevés que les locuteurs plus âgés.

Du côté des facteurs internes, les syllabes fermées comme les syllabes ouvertes sont relevées comme propices à la manifestation du phénomène. L'étude d'Arnaud (2006) illustre également que l'antériorisation de /ɔ/ peut se produire sous l'accent. Par ailleurs, le style de parole (lue ou spontanée) peut influencer la fréquence d'apparition du phénomène, mais les résultats de Malderez (1995) et Woehrling (2009) ne concordent pas quant à la direction de cet effet : la première constate plus d'occurrences antériorisées en parole spontanée, alors que la seconde voit une augmentation de leur nombre en parole lue.

La majorité des auteurs considèrent que la consonne /ʁ/ a un effet postérieurisant, quelle que soit sa position. Armstrong et Low (2008) soulignent toutefois qu'elle peut aussi entraîner le désarrondissement de la voyelle /ɔ/, alors que Boula de Mareüil *et al.* (2010) évoquent un taux d'antériorisation de près de 15 % pour la voyelle en contact avec /ʁ/. Les consonnes antérieures, que celles-ci précèdent ou suivent /ɔ/, sont quant à elles identifiées comme étant un facteur favorisant l'antériorisation (Woehrling et Boula de Mareüil, 2007; Armstrong et Low, 2008; Boula de Mareüil *et al.*, 2010; Mooney, 2016). Pour expliquer la manifestation du phénomène dans un environnement consonantique autre qu'antérieur, comme /_m/, Armstrong et Low (2008) évoquent l'analogie : selon eux, la tendance pourrait se propager à des contextes pourtant neutres ou défavorables du point de vue articulatoire en raison de leur haute fréquence d'apparition. Si Mooney (2016) relève lui aussi que les mots les plus fréquents sont les plus propices à la manifestation de l'antériorisation de /ɔ/, Woehrling et Boula de Mareüil (2007), quant à eux, ne détectent pas d'effet semblable.

En conclusion, il émerge de la littérature rapportée dans la présente section des discordances qui rappellent celles évoquées dans la section 1.3.1.4.

1.4. Études phonétiques en Amérique du Nord

On l'a vu, les remarques des grammairiens de l'époque classique et l'étude de Lodge (1996) tendent à montrer que l'antériorisation de /ɔ/ est répandue en français européen depuis plusieurs siècles. Il est dès lors plausible qu'elle se manifeste aussi dans les différentes variétés de français d'Amérique (Lamontagne, 2015a), ce continent ayant été l'hôte d'une présence française permanente à partir du XVII^e siècle. Le phénomène a effectivement été mentionné à la fois en Acadie et au Québec, de façon

toutefois plutôt lacunaire : les études où il en est question sont beaucoup moins nombreuses que celles menées en Europe et aucune d'entre elles, à l'exception de celles de Lamontagne (2015a, 2015b), n'est consacrée spécifiquement au phénomène.

1.4.1. Domaine linguistique acadien

1.4.1.1. Remarques impressionnistes

L'antériorisation de /ɔ/ a été remarquée par Geddes (1908) à Carleton-sur-Mer. Brasseur et Chauveau (1990 : 17) la rapportent également à Saint-Pierre-et-Miquelon et Flikeid (1988, 1994 : 302), au nord-est du Nouveau-Brunswick et à Chéticamp (Nouvelle-Écosse). Dans cette ville, d'ailleurs, « le processus semble avoir été complètement mené à terme, sauf devant /r/ ». L'auteure mentionne également l'existence de la même tendance à Terre-Neuve, où, d'après elle, l'arrivée récente de gens de Chéticamp pourrait expliquer le phénomène. Enfin, aux Îles-de-la-Madeleine, l'antériorisation de /ɔ/ est mentionnée par deux auteurs : Garner (1952), cité par Flikeid (1994 : 302), considère que « /o/ has undergone a fronting process » en syllabe fermée. Naud (1999 : xix) soutient quant à elle que « [l]e son *o* se prononce souvent [œ] ou [ə] : [bœt, bət] (botte), *téléphœne* [telefœn, telefən] (téléphone) *pœm* (pomme) ». En regard de la littérature explorée jusqu'à maintenant, ces exemples ne sont pas surprenants : l'antériorisation de /ɔ/ s'y produit en syllabe fermée devant /t/, /n/ et /m/.

1.4.1.2. Enquêtes auditives

Lucci (1972 : 15) a enquêté dans la région de Moncton auprès de « locuteurs âgés ayant échappé à l'influence de l'école (française ou anglaise) ». Le chercheur (1972 : 58-59) constate que « [c]hez certains locuteurs, surtout ceux qui sont en contact avec la langue anglaise, /ɔ/ a tendance à se délabialiser et tend vers la réalisation [ʌ], par exemple dans le mot [fʌl] *folle* ». Son analyse auditive l'amène également à postuler une confusion entre /ɔ/ et /œ/ dans les syllabes inaccentuées fermées par /ʁ/. Il donne, pour illustrer cette hypothèse, plusieurs doublets : « [hœrle] / [hœrle] (*hennir*) », « [gœrnɔj] / [gœrnɔj] (*grenouille*) », etc. Tout comme Armstrong et Low (2008), Lucci (1972 : 59) rapporte qu'il a eu de la difficulté à transcrire les réalisations de /ɔ/ devant /ʁ/ : « il est parfois difficile de transcrire le son précédent /r/ qui peut être relâché, du point de vue articulatoire, et aboutir à [ə] ».

L'étude qualitative de Falkert (2010), basée sur la transcription de 12 heures d'entrevues semi-dirigées avec 22 locuteurs, vise quant à elle à décrire le phonétisme de l'archipel des Îles-de-la-Madeleine et à y documenter la variation phonétique. L'auteure (2010 : 183) rapporte qu'en français madelinot, « [p]lus répandue que l'ouïsme est la tendance à la centralisation de /o/ en [œ] en syllabe accentuée et non accentuée, par exemple dans les mots *pomme*, *robe*, *homme*, (*je te*) *promets*, [...], *commodité*, *noces*, [...], *époque*, *phoque* et *canotte* ». Elle explique que *sole* et *seule* se prononcent de la même façon, ce qu'elle interprète comme une neutralisation de l'opposition entre /ɔ/ et /œ/ en syllabe fermée accentuée. À l'instar de ce que suggèrent Lucci (1972), Lennig (1979) et Armstrong et Low (2008), Falkert (2010 : 183) soutient que « les locuteurs adoptent un timbre intermédiaire qui peut même se

rapprocher de [ʌ] ». Contrairement à Lucci (1972), elle estime toutefois qu'un « relâchement articulatoire » suffit à expliquer ce rapprochement et que l'influence de l'anglais n'est probablement pas déterminante. Dans une autre étude, Falkert (2008) a étudié le « degré d'acadianité » du parler de 22 locuteurs madelinots : selon ses résultats, 12 d'entre eux manifestent l'antériorisation de /ɔ/, identifiée comme l'une des caractéristiques marquantes de la variété régionale acadienne.

1.4.1.3. Synthèse partielle

Les rares études menées dans le domaine linguistique acadien relèvent l'antériorisation de /ɔ/ aux Îles-de-la-Madeleine, en Nouvelle-Écosse et au Nouveau-Brunswick. Il est possible que le phénomène soit répandu ailleurs dans les provinces de l'Atlantique. Par ailleurs, Lucci (1972) identifie le contexte /_ʁ/ comme étant propice à l'antériorisation en syllabe accentuée; pour les autres études, les mots donnés en exemple par les auteurs se terminent principalement par des consonnes antérieures. Enfin, tant Lucci (1972) que Falkert (2008) recensent, chez certains locuteurs, une délabialisation de /ɔ/ en [ʌ] dans quelques cas.

1.4.2. Domaine linguistique québécois

1.4.2.1. Remarques impressionnistes

De façon impressionniste, Morin (1971 : 54), dont l'étude sur la phonologie du français a été examinée dans la section 1.3.1.1, signale dans une courte note en bas de page qu'il « [has] also observed [the fronting of /ɔ/] in some forms of Franco-Canadian speech ». Il est plausible de croire que cette remarque concerne le Québec, mais l'auteur évoque peut-être d'autres variétés de français canadien.

1.4.2.2. Enquêtes auditives

À notre connaissance, seules deux enquêtes auditives menées au Québec font mention de l'antériorisation de /ɔ/. La première est celle de Gendron (1966), qui a transcrit quatre récits populaires racontés par un cultivateur de Saint-Anselme âgé de 47 ans en 1954. L'auteur remarque que le locuteur a tendance à antérioriser ses réalisations de /ɔ/ en syllabe inaccentuée dans *donner*, *soleil*, *d(e) bonne heure*. Gendron (1966 : 184) précise toutefois qu'« en syllabe accentuée fermée par la consonne *r*, [...] la voyelle tend à se diphtonguer, avec un premier élément plus ouvert, et un second plus fermé ». Il indique aussi que /ɔ/ peut se confondre avec /ɑ/ devant /ʁ/ et que la différence est difficile à faire à l'audition. Son relevé, bien que fondé sur un idiolecte, évoque une tendance phonétique, la diphtongaison des voyelles, qui a nécessairement une influence sur l'antériorisation de /ɔ/.

Côté (2012) confirme cette impression de Gendron (1966) quant à la propension de /ɔ/ à la diphtongaison avant /ʁ/. Pour étudier le vocalisme du français québécois, elle a analysé auditivement la parole spontanée et lue de douze locuteurs de Trois-Rivières interrogés dans le cadre de la constitution du corpus PFC. Côté (2012 : 247) indique que « [b]efore word-final /R/, oral vowels

display a different neutralization pattern. [...] [There is] a strong tendency to [...] lose the opposition between /v/ and /ɔ/ ». Elle note également :

The contrast between /v/ and /ɔ/ before /R/ is at best weak and unstable. This confusion originates in the raised variants of /v/, which reach the quality of [ɔ]. [...] Nothing reliably distinguishes [v:] from [ɔ:] in their diphthongized or non-diphthongized variants, considering that not only does [v] raise to [ɔ] but that the initial part of a diphthongized [ɔ:] may also lower to [v].

Cette confusion entre les deux voyelles dans cette position semble donc être présente en synchronie en français québécois. Elle a d'ailleurs été relevée dans l'étude acoustique de Martin (1998a) et examinée en détail par Arnaud et Riverin-Coutlée (2014, 2016). La situation actuelle des voyelles postérieures en français québécois est bien différente de celle que l'on observe en français européen : /ɑ/ et /a/ se distinguent nettement, et la première voyelle présente des réalisations parfois arrondies ([ɒ]), qui sont articuloirement et acoustiquement proches de [ɔ].

La seconde enquête auditive faisant mention de l'antériorisation de /ɔ/ est celle de Lorent (1977 : 196) : dans son livre *Le parler populaire de la Beauce*, l'auteur donne *colorier* et *tordre* comme exemples de mots où peut se produire le phénomène.

1.4.2.3. Études acoustiques

1.4.2.3.1. Origine, vitalité et expansion géographique

Si des travaux dans le domaine de l'acoustique de la parole ont été consacrés spécifiquement à la voyelle /ɔ/ en français européen, il en va autrement au Québec. Toutefois, quoiqu'il n'en constitue pas le thème principal, le phénomène de l'antériorisation est mentionné dans les enquêtes sociolinguistiques de Yaeger (1979) et de Paradis (1985). La première a eu recours au corpus Montréal 1971 (voir Sankoff et Cedergren, 1972) pour caractériser acoustiquement le système vocalique du français montréalais. Les entretiens sociolinguistiques menés lors de la constitution de ce corpus étaient conçus dans l'objectif de susciter la parole la plus naturelle possible chez les locuteurs. L'auteure a analysé les spectrogrammes des voyelles de six hommes et d'une femme âgés de 20 à 69 ans. Yaeger (1979 : 38) soutient que lorsque l'antériorisation de /ɔ/ se produit en français montréalais, les réalisations de ce phonème sont similaires en tous points à celles de /œ/, ce qui ne serait pas le cas en France; néanmoins, dans ce pays, le phénomène serait beaucoup plus fréquent qu'à Montréal. Le fait que « (ɔ) has shifted more systematically in [Paris French] » amène d'ailleurs Yaeger (1979 : 54) à identifier la prononciation plus canonique de /ɔ/ comme une caractéristique conservatrice du vocalisme du français montréalais.

La contribution de Paradis (1985) se fonde quant à elle sur l'analyse acoustique des deux premiers formants de voyelles produites par 43 locuteurs, dans une proportion presque égale d'hommes et de femmes répartis équitablement entre plusieurs classes sociales et catégories d'âge, de Chicoutimi et de Jonquière. Bien que l'antériorisation n'y soit pas aussi fréquente qu'à Montréal, l'étude révèle

qu'elle s'y produit néanmoins dans certains contextes phonétiques (avec une consonne nasale ou obstruente³⁵ en position post-vocalique) ou sociaux (plutôt chez les locuteurs âgés).

Martin (2002) parvient à la même conclusion dans son étude portant sur la parole d'un échantillon de 12 étudiants de l'Université Laval (autant d'hommes que de femmes) originaires notamment de la ville de Québec, mais aussi d'autres régions. Les participants devaient prononcer des mots insérés dans des phrases porteuses : les voyelles, toujours accentuées, ont par la suite été analysées acoustiquement. Pour /ɔ/, les mots du corpus étaient *pomme*, *bottes*, *colle*, *colonne*, *école* et *échalotte*. Martin (2002 : 83) remarque que « [ɔ] apparaît comme une voyelle plus centrale qu'attendue [*sic*]. La présence de [ɒ] (variante de /a/), observée chez deux locuteurs, et fréquemment attestée en français du Québec y est sans doute pour quelque chose (« *push chain* »?) ». Dans une étude antérieure réalisée avec une méthodologie similaire, mais auprès de locuteurs originaires uniquement de Québec, Martin (1998a : 71) écrivait déjà que « sur la base de leurs valeurs formantiques moyennes, [a] et [ɔ] doivent être considérées comme des voyelles **centrales** dans le trapèze vocalique » (avec un deuxième formant de 1183 Hz pour les hommes et de 1337 Hz pour les femmes pour /ɔ/). L'explication donnée en 2002 rappelle celle de Martinet (1957), reprise notamment par Lennig (1978), selon laquelle l'antériorisation serait due à l'instabilité d'un système vocalique avec quatre phonèmes postérieurs. Enfin, Martin (2002 : 88) note aussi que « la centralisation de /ɔ/ sous l'effet de la poussée de [ɒ] variante de /a/, peu sensible à l'oreille, a été observée très clairement sur le plan acoustique ». Le phénomène ne serait donc pas perçu d'emblée par les locuteurs. La Figure 6 montre cette proximité entre /ɔ/ et /œ/ chez les hommes.

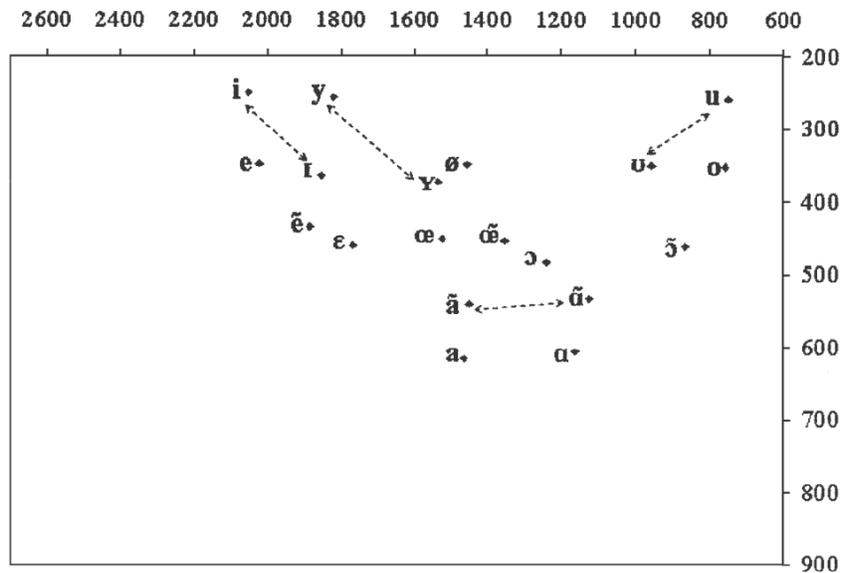


Figure 6 – Trapèze vocalique des hommes de l'enquête menée auprès des étudiants de l'Université Laval
(tirée de Martin, 2002 : 84)

³⁵ Ce terme phonologique renvoie aux consonnes fricatives et aux occlusives orales.

Une grande proximité acoustique entre /ɔ/ et /œ/ dans l'espace $F_1 \times F_2$ est également remarquée par Friesner (2009) chez certains des locuteurs qu'il a enregistrés dans le cadre de son étude sur les emprunts à l'anglais en français montréalais. Ce fait paraît surprenant pour l'auteur (2009 : 62-63), qui signale néanmoins que « the distinction seems to be maintained in F3, suggesting that the two vowels are distinguished in terms of rounding and thus not fully merged ».

Enfin, Lamontagne (2015a, 2015b) a récemment étudié l'antériorisation de /ɔ/ dans le cadre d'un examen plus général du mouvement vers l'avant des phonèmes /u/, /o/ et /ɔ/. Constatant que « the phenomenon has gone largely understudied in the Laurentian French context », Lamontagne (2015a : résumé) propose une analyse de ces voyelles en conversation spontanée à partir du volet québécois du projet PFC³⁶ pour montrer, en temps apparent, l'évolution de leur position dans le système vocalique sur trois générations. L'auteur a relevé les trois premiers formants de 23 000 occurrences de /u/, /o/ et /ɔ/ à travers une analyse automatique. Il constate que les locuteurs les plus jeunes sont ceux qui prononcent /ɔ/ de la façon la plus antérieure. Contrairement à Lennig (1978), qui postulait un mouvement général d'antériorisation des voyelles postérieures à Paris, Lamontagne (2015a) souligne que /ɔ/ d'une part et /o/ et /u/ de l'autre forment deux classes qui suivent des tendances différentes. En effet, pour l'auteur, l'antériorisation de /ɔ/ est plus saillante que celle de /o/ et de /u/ pour les locuteurs du français québécois : elle serait la seule des trois à être « targeted both by research and in native speaker awareness » (2015a : résumé).

1.4.2.3.2. *Conditionnement social*

Les études de Martin (1998a, 2002) et de Yaeger (1979) ne fournissent pas d'informations sociolinguistiques sur le phénomène d'antériorisation de /ɔ/, si ce n'est qu'il existe chez les hommes comme chez les femmes. Par contre, Paradis (1995) a quant à lui effectué des tests statistiques pour évaluer l'impact de différents facteurs sociaux sur la prononciation de /ɔ/. Les tendances diffèrent en fonction de la classe vocalique examinée : pour (ɔrK), une classe qui englobe les /ɔ/ en syllabe fermée par /ʁ/ plus une obstruente, la prononciation est plus postérieure chez les jeunes hommes de Chicoutimi, ce que Paradis (1985 : 149) interprète comme un signe de démarcation face à une norme venue d'ailleurs :

This is a local pattern contrary to continental and national patterns. Indeed, even if the position of (ɔrK) in the vowel system of Québec and Montréal tends to be more peripheral than the one of (ɔK) (cf. Yaeger 1979 for Montréal French), it is never as back as it is in C/J. The backing of (ɔrK) by the younger speakers might be a way to signal that even if they are aligning their speech on Montréal and Québec speeches, they remain loyal to their region. It is a well known fact that the Saguenéens are very sensitive to the relative isolation of their region. They, as a group, make great efforts to stay abreast of the political, economic and socio-cultural centers of the Québec province. They do not want to be isolated nor to be perceived as such. The evolution of their vowel system towards the one of Québec and Montréal reflects this, but the backing of (ɔrK) which is not found anywhere else, may be considered a symbol of local identity.

³⁶ Les points d'enquête considérés sont les villes de Québec, Chicoutimi, Chelsea, Hawkesbury, Trois-Rivières et La Pocatière.

Les voyelles de la classe (ɔrK) sont d'ailleurs plus centrales chez les locuteurs âgés enregistrés par Paradis (1985). Pour ce qui est des voyelles de la classe (ɔN), globalement, elles sont plus antérieures chez les locuteurs issus de la classe ouvrière (*lower working class*) que chez ceux des autres classes sociales. Pour les locuteurs âgés, la classe (ɔN) comporte des occurrences plus antériorisées que chez les locuteurs plus jeunes. Pour (ɔK), un âge avancé et l'appartenance à la classe moyenne sont des facteurs favorisant une prononciation plus antérieure. L'origine géographique influe elle aussi sur la fréquence du deuxième formant de (ɔN) : les Chicoutimiens produisent des voyelles plus centrales que les Jonquiérois. Enfin, bien que Paradis (1985) ne compare pas les hommes et les femmes pour l'antériorisation, ses données normalisées, présentées dans le Tableau 8, permettent de constater qu'il n'existe pas vraiment de différence dans la zone d'articulation de /ɔ/ en fonction du sexe.

Quant à l'étude de Lamontagne (2015a, 2015b), elle indique que /ɔ/ est plus postérieur chez les locuteurs âgés que chez la génération suivante, et chez cette génération que chez les plus jeunes. C'est là un effet générationnel inverse à celui décelé par Paradis (1985). Par ailleurs, Lamontagne (2015a) fait état d'une variation régionale significative de la fréquence de F₂ chez les locuteurs d'âge moyen, mais ne la détaille pas.

1.4.2.3.3. Conditionnement interne

Les contextes phonétiques examinés par Yaeger (1979) et Paradis (1985) sont globalement les mêmes : /ɔ/ a un profil acoustique qui diffère, dans les variétés de français de Montréal et de Chicoutimi / Jonquière, en fonction de la consonne qui le suit (Tableau 8, Tableau 9). Les deux auteurs constatent que les deux contextes où l'antériorisation est la plus marquée sont ceux où la voyelle est suivie d'une nasale ou d'une obstruente. Ces consonnes favoriseraient une durée plus courte, et donc, une articulation plus centrale (Paradis, 1985). Quant aux voyelles des classes (ɔrK) et (ɔr), elles « [seem] fairly stable » pour Yaeger (1979 : 59), se rapprochant donc d'une prononciation canonique de /ɔ/. Paradis (1985) considère la première classe comme la plus postériorisée par ses locuteurs.

Classe	Hommes	Femmes
(ɔK)	1162 (67) [16]	1144 (118) [18]
(ɔN)	1312 (104) [12]	1297 (102) [16]
(ɔR)	1108 (62) [19]	1081 (57) [20]
(ɔrK)	1020 (72) [11] (pas de données séparées par sexe)	

Tableau 8 – Fréquences centrales normalisées du deuxième formant (F₂), en hertz (Hz), des occurrences de /ɔ/ dans différents contextes consonantiques produites par 43 locuteurs de Chicoutimi et de

Jonquière enregistrés par Paradis (1985)

(données tirées de Paradis, 1985 : 145-160)

(ɔK) : voyelle devant obstruente

(ɔN) : voyelle devant nasale

(ɔR) : voyelle devant consonne allongée

(ɔrK) : voyelle devant /ʁ/ + obstruente.

Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses et les effectifs, entre crochets.

Locuteur	Classe	Âge	VR		VrK		VK		Vn	
			/ɔ/	/œ/	/ɔ/	/ɔ/	/œ/	/ɔ/	/œ/	
17	Ouvrière	41	(860)	1323	1225	1323	1475	1255	1310	
23	Ouvrière	20	840	1403	1163	1315	1520	1315	(1565)	
24	Ouvrière	69	952	1633	1375	1360	1730	1412	(1745)	
52	Ouvrière	23	(845)	(1370)	1247	1291	1427	1290	1415	
73	Moyenne	41	1003	1399	1167	1350	(1780)	1302	(1690)	
81	Moyenne	62	1209	1577	1041	1242	1448	1200	1489	

Tableau 9 – Fréquences centrales du deuxième formant (F₂), en hertz (Hz), des occurrences de /ɔ/ et /œ/ dans différents contextes consonantiques produites par six hommes montréalais enregistrés par Yaeger (1979)

(données tirées de Yaeger, 1979 : 75-89)

VR : voyelle devant consonne allongée

VrK : voyelle devant /ʁ/ + obstruente

VK : voyelle devant obstruente

Vn : voyelle devant nasale

Les nombres entre parenthèses sont des moyennes calculées avec 5 valeurs ou moins.

Tout comme ces auteurs, Martin (1998a, 2002) relève lui aussi l'antériorisation dans des syllabes fermées accentuées (les mots ayant été prononcés isolément). Les consonnes qui suivent /ɔ/ dans les mots de son corpus sont alvéolaires ou labiales.

Lamontagne (2015a, 2015b) a analysé l'effet sur la prononciation de /ɔ/ de plusieurs facteurs internes segmentaux, prosodiques et lexicaux : les consonnes antéposée et postposée, le timbre des voyelles les plus proches, la position dans le mot (en numéro de syllabe), le nombre de syllabes du mot, la durée vocalique, la fréquence fondamentale (f₀) moyenne et plusieurs autres indices de contour intonatif et la fréquence lexicale. L'analyse de l'auteur lui permet d'énoncer plusieurs constats :

- > La fréquence fondamentale semble corrélée à l'antériorisation de /ɔ/ : les occurrences prononcées avec la f₀ moyenne la plus élevée sont les plus antériorisées, et celles où la f₀ varie le plus en cours de production (qui sont donc les plus saillantes, selon Lamontagne, 2015a : 8) sont également plus susceptibles d'être antériorisées.
- > Les voyelles les plus courtes sont les plus antériorisées. Ce fait n'est pas étonnant, étant donné que la réduction vocalique entraîne une centralisation des voyelles (voir par ex. Lindblom, 1963; Vaissière, 2006 : 74).
- > Le lieu d'articulation de la consonne antéposée et celui de la consonne postposée sont de forts déterminants de la valeur du deuxième formant. Malheureusement, quoique ces effets soient mentionnés comme significatifs, aucun détail n'est donné par l'auteur quant à leur direction.

Concernant l'effet de /ʁ/ sur /ɔ/, Yaeger (1979), Paradis (1985) et Martin (2002) parviennent aux mêmes conclusions : en allongeant la voyelle, cette consonne la pousse vers la diphtongaison. Pour (ɔʁ), Paradis (1985) note 25 occurrences diphtonguées, ce qui correspond à un taux de 7,5 %. Il considère néanmoins que ce taux est particulièrement bas à Chicoutimi / Jonquière par rapport à d'autres villes. Pour lui (1985 : 103), « [t]he back low-mid vowel /ɔ/ has a tendency to front in QF in all environments except before a final consonant cluster whose first member is /r/ ». L'auteur note d'ailleurs qu'il y a un effet de génération sur la prononciation de (ɔʁ) : elle est plus centrale chez les

locuteurs âgés que chez les locuteurs plus jeunes. Martin (1998a : 70) considère quant à lui que /ɜ/ neutralise l'opposition /ɑ/ ~ /ɔ/ : « [l]a diphtongue [ɑ^p] est la forme que prend l'archiphonème /ɔ/, résultat de la neutralisation de l'opposition entre /ɑ/ et /ɔ/, dans différentes positions de la chaîne, y compris devant /ʁ/ final ». Ce constat rejoint celui de Côté (2012) présenté plus tôt.

Une autre étude acoustique, plus récente, a examiné cette proximité entre /ɑ/ et /ɔ/ devant /ʁ/ en français québécois : Arnaud et Riverin-Coutlée (2014) ont analysé 7 paires minimales contenant ces deux voyelles en syllabe accentuée fermée par /ʁ/. Chacun des 20 locuteurs (tous des hommes, 11 étant originaires de Québec et 9 de Chicoutimi) a prononcé les mots *bar/bord*, *dard/dort*, *lard/l'or*, *part/port*, *phare/fort*, *quart/corps* et *tard/tort* dans des phrases porteuses séparées par de nombreux distracteurs. Sans présumer de la nature diphtonguée ou monophthonguée de chaque voyelle, les auteurs ont relevé la fréquence des trois premiers formants en trois points de la durée vocalique : l'analyse des 280 occurrences révèle qu'en français de Québec, /ɔ/ et /ɑ/ se confondent en partie devant /ʁ/. Ainsi, à 75 % de la durée vocalique, /ɔ/ a la même position dans un diagramme $F_1 \times F_2$ que /ɑ/ à 25 %. Les deux voyelles suivent d'ailleurs la même trajectoire dans le temps : elles se postériorisent et se ferment en cours de production. Néanmoins, les réalisations de /ɑ/ et de /ɔ/ demeurent assez éloignées les unes des autres dans l'espace $F_1 \times F_2$, ce qu'Arnaud et Riverin-Coutlée (2014) interprètent comme un signe que la neutralisation n'est pas complète. Des analyses discriminantes montrent d'ailleurs que quelque 18 % des occurrences sont confondues lorsque l'ordinateur tente de les classer entre (Ar) et (Or) en prenant en considération tous les indices disponibles (la fréquence des trois premiers formants en trois points de mesure et la durée). À Chicoutimi, le taux de confusion est de 12 %; à Québec, il atteint 25 %. Cette étude met en relief l'importance d'un paramètre que toute enquête phonétique menée au Québec doit prendre en considération, soit la propension à la diphtongaison des voyelles allongées, et indique que dans les villes examinées, /ɔ/ ne s'antérriorise pas devant /ʁ/, mais adopte plutôt une prononciation plus périphérique.

1.4.2.4. Synthèse partielle

Les quelques études abordant la question de l'antériorisation de /ɔ/ au Québec permettent de constater plusieurs faits. Du point de vue du conditionnement social du phénomène, des potentiels effets de classe sociale et d'âge se dessinent dans les données de Paradis (1985) : chez les locuteurs de la classe ouvrière, les occurrences de la classe (ɔN) sont plus antériorisées qu'au sein des autres groupes. Pour ce qui est de l'âge, pour (ɔRK), (ɔN) et (ɔK), les jeunes produisent des voyelles moins antérieures que celles de leurs aînés. L'étude de Lamontagne (2015a, 2015b) révèle un effet générationnel contraire sur le degré d'antériorité de /ɔ/ : les occurrences de la voyelle sont plus postérieures chez les locuteurs plus âgés.

Du côté des facteurs internes, l'antériorisation de /ɔ/ semble se produire fréquemment en syllabe fermée, ce qui constitue une similitude d'un continent à l'autre. La présence d'une nasale ou d'une obstruente postposée à la voyelle est également un facteur favorisant une valeur plus élevée du deuxième formant de /ɔ/ chez les locuteurs de Montréal et de Chicoutimi / Jonquière. Yaeger (1979)

et Paradis (1985) considèrent toutefois que la centralisation des voyelles dépend surtout de leur durée : l'antériorisation de /ɔ/ serait alors une tendance phonétique naturelle, liée au manque de temps des organes articulatoires pour parvenir à une prononciation périphérique de la voyelle. Comme on l'a vu plus haut, en France, c'est davantage l'influence du lieu d'articulation des consonnes adjacentes qui a été étudiée que leur effet sur la durée vocalique, elle-même liée à l'amplitude du mouvement articulaire. L'étude de Lamontagne (2015a) suggère quant à elle que et la durée, et le lieu d'articulation des consonnes adjacentes à /ɔ/ sont des déterminants de son antériorité. L'auteur évoque également une influence de la fréquence lexicale, comme Armstrong et Low (2008) et Mooney (2016) en France, et de la fréquence fondamentale.

Quant à la consonne /ʁ/ en position postposée, la majorité des études lui attribuent un effet diphtonguant sur la voyelle précédente, ce qui tend à favoriser une prononciation plus périphérique que centrale. Parallèlement, l'existence de /ɑ/ au Québec ferait en sorte que /ɔ/ se confond parfois avec cette voyelle lorsqu'il est allongé et diphtongué (Gendron, 1966; Martin, 1998a; Côté, 2012; Arnaud et Riverin-Coutlée, 2014). Il appert donc, selon la littérature, qu'un /ʁ/ postposé constitue un contexte défavorable à l'antériorisation en français québécois. Aucune étude ne fait toutefois mention de l'effet de cette même consonne en position antéposée.

Enfin, le problème de la saillance perceptuelle de l'antériorisation de /ɔ/ est évoqué par Martin (2002), pour qui l'analyse acoustique révèle des tendances que l'oreille ne perçoit pas, de même que par Arnaud et Riverin-Coutlée (2014) : ces derniers considèrent que des études perceptives s'imposent pour étudier la relation entre /ɑ/ et /ɔ/ devant /ʁ/, notamment³⁷. À l'inverse de Martin (2002), Lamontagne (2015a, 2015b) estime plutôt que l'antériorisation de /ɔ/ est remarquée par les locuteurs natifs du français québécois.

1.5. Synthèse générale

Cet état de la question de l'antériorisation de /ɔ/ montre que le phénomène est affecté par plusieurs facteurs externes et internes à la langue, dont nous donnons maintenant un aperçu global.

1.5.1. Facteurs externes

Au Québec comme en France, plusieurs contradictions ou informations fragmentaires apparaissent dans la littérature par rapport à l'effet des facteurs extralinguistiques sur l'antériorisation de /ɔ/. Du point de vue social, le phénomène a été associé tantôt aux classes populaires (par ex. Martinet, 1957; Péretz, 1977), tantôt au snobisme ou à une parole affectée (Léon, 1996; Carton, 2001), tantôt aux locuteurs âgés (Walter, 1976; Paradis, 1985), tantôt aux jeunes aussi (Péretz, 1977; Arnaud, 2006; Lamontagne, 2015a). Il pourrait être plus saillant en parole spontanée (Péretz, 1977; Boula de Mareüil *et al.*, 2010; Woehrling, 2009; Woehrling et Boula de Mareüil, 2007) ou, à l'inverse, en parole lue (Malderez, 1995), selon les études. Certaines des remarques formulées en France au sujet du

³⁷ À ce sujet, voir Arnaud et Riverin-Coutlée (2016).

phénomène à l'étude suggèrent qu'il pourrait aussi être plus fréquent chez les femmes (Carton, 2000; Armstrong et Low, 2008; Mooney, 2016) que chez les hommes.

L'antériorisation de /ɔ/ se manifeste dans plusieurs espaces francophones d'Europe : elle a été relevée surtout à Paris (par ex. Martinet, 1957; Walter, 1976; Péretz, 1977; Lennig, 1979; Hansen et Juillard 2011), où plusieurs supposent qu'elle a émergé, mais aussi dans le reste de la France (par ex. Armstrong et Low, 2008; Boula de Mareüil *et al.* 2010; Mooney, 2016), en Belgique et en Suisse (Woehrling 2009). Quoique les études sur le phénomène soient beaucoup plus rares en Amérique qu'en Europe, on l'a néanmoins remarqué en Acadie (par ex. Lucci, 1972; Falkert 2010) et au Québec (par ex. Martin, 2002; Lamontagne, 2015a). L'hétérogénéité des résultats présentés jusqu'ici indique l'existence d'une variation régionale de l'antériorisation de /ɔ/ à travers la francophonie, la fréquence d'apparition du phénomène et les facteurs en favorisant la manifestation pouvant varier d'un espace géographique à l'autre. Si cette variabilité diatopique du phénomène est manifeste, de par le nombre de points d'enquête où il est mentionné, elle n'a été étudiée spécifiquement que par une poignée d'auteurs (Woehrling et Boula de Mareüil, 2007; Woehrling, 2009; Boula de Mareüil *et al.*, 2010; Lamontagne, 2015a). De même, les cadres expérimentaux choisis par les auteurs ayant travaillé sur l'antériorisation de /ɔ/ sont, sans surprise, hétérogènes et rendent difficiles les comparaisons du phénomène à travers plusieurs espaces géographiques.

1.5.2. Facteurs internes

La potentielle influence de multiples facteurs internes sur l'antériorisation de /ɔ/ a été soulignée dans la littérature : le contour intonatif (Lamontagne, 2015a), le contexte syllabique (par ex. Walter, 1976; Malderez, 1995; Arnaud, 2006; Armstrong et Low, 2008), l'accentuation (par ex. Walter, 1976; Lennig, 1978; Léon, 1996; Carton, 2001), l'étymologie et la graphie du mot (Péretz, 1977; Hansen et Juillard, 2011), la présence de voyelles antérieures dans une syllabe subséquente (Coveney, 2001), la durée (par ex. Yaeger, 1979; Lamontagne, 2015a) et la fréquence lexicale (Lamontagne, 2015a; Mooney, 2016), entre autres.

L'effet de l'environnement consonantique a également été considéré, quoique rarement de façon explicite. Ainsi, les consonnes adjacentes à /ɔ/ paraissent en influencer la prononciation, notamment en position postposée (Armstrong et Low, 2008; Boula de Mareüil *et al.*, 2010; Mooney, 2016). Bien que le mode articulaire ait été examiné par certains auteurs (par ex. Paradis, 1985), c'est le lieu d'articulation qui a été le plus fréquemment considéré. Si les consonnes antérieures, soit celles qui impliquent un mouvement lingual vers l'avant, semblent favoriser l'antériorisation de /ɔ/, celle-ci est également possible dans d'autres contextes. L'effet de la consonne /ʁ/ en position postposée suscite néanmoins la controverse (Coveney, 2001) : pour certains, l'antériorisation de /ɔ/ est favorisée par cette consonne (Gadet, 1992; Fougeron et Smith, 1993); pour d'autres, c'est le contraire (Martinet, 1957; Armstrong et Low, 2008; Hansen et Juillard, 2011; Mooney, 2016). En français québécois, le /ʁ/ postposé engendre plutôt une diphtongaison qu'une antériorisation (Gendron, 1966; Côté, 2012; Arnaud et Riverin-Coutlée, 2014).

L'effet du lieu d'articulation de la consonne antéposée est très peu abordé dans la littérature; seuls Boula de Mareüil *et al.* (2010), de façon peu approfondie, et Mooney (2016) en traitent pour le français européen. Au Québec, on le mentionne dans une seule étude récente, celle de Lamontagne (2015a). Ce même auteur note également un effet significatif du lieu d'articulation de la position postposée. Néanmoins, ses conclusions sur cet aspect ne sont pas détaillées.

1.6. Objectifs et hypothèses

La présente étude a pour principal objectif de fournir des données acoustiques précises et récentes sur la prononciation de /ɔ/ au Québec; ce dernier s'articule en deux objectifs secondaires.

Premièrement, pour mieux comprendre la dynamique de l'antériorisation de cette voyelle en français québécois, nous procéderons à une analyse comparative entre plusieurs espaces géographiques. À un niveau micro-géographique, d'abord, nous comparerons les occurrences de /ɔ/ produites par des locuteurs de deux régions du Québec, afin d'évaluer s'il existe, au même titre que pour d'autres voyelles (par ex. /i, y, u/, Sigouin, 2013; /ɛ/, Riverin-Coutlée, 2015), une différenciation régionale dans la prononciation de la voyelle. Ensuite, à une échelle macro-géographique, nous opposerons le Québec et la France. Dans ce pays, l'antériorisation de /ɔ/ est bien décrite; il nous servira ainsi de point de comparaison. Comme ce phénomène est considéré comme une caractéristique importante du français du nord de l'Hexagone (Boula de Mareüil *et al.*, 2010) et qu'il a été relevé dans de très nombreux points d'enquête (voir Figure 4), alors qu'il est comparativement peu connu au Québec, nous faisons l'hypothèse que les occurrences de /ɔ/ recueillies en France seront caractérisées par un deuxième formant en moyenne beaucoup plus élevé que celles recueillies au Québec. En ce qui a trait à la variation régionale à l'échelle de cette province, nous pensons qu'elle sera faible à modérée. Certes, la prononciation de /ɔ/ n'est pas traditionnellement mentionnée comme une caractéristique saillante du parler de l'une ou l'autre des régions du Québec; néanmoins, chez les locuteurs d'âge moyen, Lamontagne (2015a) note un effet significatif de la région d'origine.

Deuxièmement, nous voulons apporter de nouvelles données concernant l'effet de l'environnement consonantique de /ɔ/ sur son antériorisation. Pour ce faire, le matériel linguistique que nous utiliserons sera constitué de voyelles dont les consonnes adjacentes sont variables : tous les lieux d'articulation consonantiques, en position antéposée et postposée à la voyelle, seront pris en considération afin de confirmer ou d'infirmer les informations mentionnées par la littérature. Nous pourrions également vérifier si la dynamique coarticulatoire est semblable d'un point d'enquête à l'autre. Nous nous attendons, suivant Armstrong et Low (2008), Boula de Mareüil *et al.* (2010) et Mooney (2016), à ce que les consonnes dont l'articulation implique une position avancée de la masse linguale favorisent l'antériorisation de /ɔ/, surtout en position postposée, l'assimilation due à la coarticulation étant surtout régressive en français (Chafcouloff, Marchal et Benkirane, 1989; Armstrong et Low, 2008 : 439).

Enfin, bien que ce facteur ne soit pas au centre de nos préoccupations, nous prendrons également soin d'analyser la parole tant de femmes que d'hommes. Ce faisant, nous suivons la recommandation d'Eckert (2014), qui suggère que la variable *sexe* soit systématiquement examinée lorsque possible.

Chapitre 2 : Cadre expérimental et méthodologie

Afin d'analyser le potentiel impact de facteurs linguistiques et sociaux sur un phénomène comme l'antériorisation de /ɔ/, les sociolinguistes ont souvent recours à la discrétisation des prononciations possibles : ils répartissent auditivement les différentes réalisations du phonème (qu'on désignera alors comme une *variable*) en différentes catégories discrètes, appelées *variantes*, et utilisent ces étiquettes pour regrouper les occurrences. Par exemple, Labov (1963b [2006]), dans son étude sur la structure sociale de la variation dans les diverses prononciations du /ɹ/ post-vocalique à New York, a catégorisé les occurrences de la variable à l'étude, (r), à l'aide d'un codage binaire : consonne prononcée – (r-1) – ou non – (r-0). Comme le souligne l'auteur lui-même, chacune de ces variantes pouvait en réalité correspondre à plusieurs réalisations phonétiques différentes. Ainsi, Labov (1963b) a étiqueté (r-0) tous les cas où aucune constriction consonantique n'était clairement entendue. Ceux-ci pouvaient correspondre aussi bien à l'absence de consonne qu'à des occurrences où le locuteur avait allongé la voyelle précédente ou produit un schwa plutôt qu'un [ɹ]. Ce choix de la discrétisation a été opéré dans de nombreuses études classiques en sociolinguistique variationniste (par ex. Wolfram, 1969; Trudgill, 1974; Clermont et Cedergren, 1979; Eckert, 1988; pour l'antériorisation de /ɔ/, Walter, 1976; Armstrong et Low, 2008).

En sociophonétique, plusieurs auteurs militent pour l'abandon de cette pratique de discrétisation des variantes au profit d'une approche prenant en compte un continuum de variantes. Foulkes et Docherty (2006 : 415) et Foulkes *et al.* (2010 : 720-721) expliquent ainsi que des variations subtiles, situées au niveau subphonémique, peuvent être porteuses d'informations sociolinguistiques. Or, si les chercheurs réunissent *a priori* plusieurs réalisations phonétiques dans une même catégorie, ces variations ne peuvent être analysées.

Par ailleurs, une analyse auditive des occurrences, souvent utilisée en sociolinguistique variationniste, entraîne une discrétisation naturelle; de ce fait, elle « fails to capture the full extent of the continuum » (Hay et Drager, 2007 : 92). Pour échapper à cet écueil, il est possible d'avoir recours à l'analyse acoustique de la parole. Dans ce domaine aussi, toutefois, certaines traditions sont bien implantées : par exemple, à la suite des premières études de Labov et surtout de Labov *et al.* (1972), les voyelles ont traditionnellement été caractérisées acoustiquement par la fréquence des deux premiers formants, et ce, dans leur « état stable » (Thomas, 2010; Arnaud, 2010). Or, la seule prise en compte, de façon statique par surcroît, de ces indices, si essentiels soient-ils (voir section 2.1.1), mène à un portrait relativement réducteur de la production. Par conséquent, les travaux en sociophonétique gagnent à ce que soient considérés des paramètres acoustiques allant au-delà des paradigmes analytiques classiques (Hay et Drager, 2007).

En fonction de ces recommandations, afin d'explorer l'antériorisation de /ɔ/, nous avons opté pour une analyse acoustique fine de la structure de cette voyelle. Ce chapitre présente d'abord la théorie sous-tendant la sélection des indices acoustiques retenus. Les choix méthodologiques concernant

l'échantillon de population, les données linguistiques recueillies, l'analyse acoustique et l'analyse statistique sont ensuite détaillés.

2.1. Cadre expérimental

Pour paramétrer l'onde sonore d'une voyelle, plusieurs indices acoustiques peuvent être utilisés : formants, fréquence fondamentale, durée, coefficients cepstraux, etc. Sur la base d'études classiques en phonétique acoustique et de travaux en sociophonétique, nous avons choisi, pour étudier l'antériorisation de /ɔ/, de relever les trois premiers formants de la voyelle et leur dynamique temporelle. Cette section vise à présenter les fondements théoriques ayant guidé ce choix expérimental.

2.1.1. Formants

L'invention du spectrographe, outil permettant la représentation de l'évolution temporelle du spectre de l'onde sonore (voir section 2.2.3), dans les années 1940 (Koenig *et al.*, 1946) a permis de formidables avancées dans le domaine de l'analyse acoustique du signal de parole. L'une des premières et des plus importantes percées réalisées à l'aide de cet outil a été la visualisation des formants, d'abord décrits par Joos (1948) et Delattre (1948)³⁸.

Selon la théorie source-filtre (Fant, 1960), la structure acoustique des sons de la parole résulte de la modification par un filtre d'une source sonore. Cette source, dans le cas des voyelles, correspond à la vibration des cordes vocales, qui produit une onde périodique complexe caractérisée par une certaine fréquence fondamentale (f_0) et une infinité d'harmoniques, qui sont des multiples entiers de la f_0 . L'onde générée par les cordes vocales est transformée par son passage dans le tractus vocal, qui agit alors comme un filtre. En effet, il est composé de plusieurs cavités, chacune étant caractérisée par une forme et un volume particuliers qui lui confèrent une fréquence de résonance spécifique. L'amplitude des harmoniques dont la fréquence s'approche de cette dernière se trouve renforcée, alors que celle des autres harmoniques est atténuée. Les formants naissent de ces modifications (Delattre, 1948 : 480) : ce sont des zones fréquentielles dont l'amplitude est particulièrement saillante. Les formants sont désignés par un indice qui correspond à leur ordre d'apparition dans le spectre vocalique, des basses fréquences aux hautes fréquences : ainsi, la première gamme fréquentielle renforcée est appelée F_1 , la seconde, F_2 , et ainsi de suite.

2.1.1.1. F_1 , F_2 et identité vocalique

Du fait de l'influence de la position des organes articulateurs sur la forme et le volume des cavités qui constituent le filtre appliqué à la source vocale, il existe une association entre les formants et la configuration du tractus vocal. Joos (1948) et Delattre (1948) ont ainsi pu établir un lien entre la fréquence des deux premiers formants, F_1 et F_2 , et des paramètres articulatoires dont l'effet sur le

³⁸ Delattre (1948) les appelle alors *formantes*, mais l'usage du masculin s'est généralisé depuis.

timbre vocalique était déjà bien connu : F_1 est associé au degré d'aperture de la bouche, alors que F_2 l'est à l'antériorité de la masse linguale. En effet, plus une voyelle est ouverte, plus la fréquence de F_1 est élevée et plus la langue est à l'avant de la bouche, plus la fréquence de F_2 est élevée.

Delattre (1948 : 477) nourrissait un grand enthousiasme au sujet de ces liens entre acoustique et articulation : il envisageait que dans un avenir rapproché, une réalisation de / ϵ / dont le timbre serait difficilement identifiable à l'audition, par exemple, « se [décrivait] par des chiffres tels que 430-2100 », ces chiffres « [ayant] une signification très nette car chacun [saurait] que l' e fermé est de 350-2200 et l' e ouvert de 500-2000! ». Cette prédiction s'est en partie avérée, les formants étant devenus le fondement méthodologique d'une grande partie des travaux en phonétique des voyelles réalisés depuis l'invention du spectrographe (Foulkes *et al.*, 2010).

Le formidable succès du paradigme d'analyse fondé sur les fréquences centrales de F_1 et de F_2 tient d'abord au fait qu'il existe un parallélisme important entre le triangle vocalique articuloire (une classification des voyelles reposant sur deux dimensions, l'aperture et la zone d'articulation) et le triangle vocalique acoustique (Joos, 1948; Delattre, 1948). En effet, du fait des associations susmentionnées entre fréquences formantiques et position des organes articulateurs, il est possible, à l'aide d'un diagramme biformalique³⁹, de représenter les voyelles comme des points, dont les coordonnées correspondent aux fréquences centrales des formants, dans un espace acoustique $F_1 \times F_2$ reflétant approximativement l'espace articuloire correspondant. Les valeurs des deux premiers formants sont alors assez aisément interprétables.

F_1 et F_2 sont également des indices robustes qui peuvent être estimés facilement, *a fortiori* de nos jours (Thomas, 2010 : 9), et qui permettent de comparer entre elles différentes occurrences de voyelles appartenant à une ou à plusieurs catégories phonémiques. À ce titre, l'étude pionnière de Peterson et Barney (1952) est restée dans les annales : ces chercheurs ont enregistré 1520 voyelles auprès de 76 locuteurs de l'anglais américain et les ont représentées dans des diagrammes biformaliques de manière à déterminer l'extension des zones de l'espace acoustique correspondant aux réalisations possibles de chacune des monophthongues de l'anglais. Les résultats de Peterson et Barney (1952) sont encore aujourd'hui utilisés comme référence dans cette langue.

Enfin, de nombreuses études ont permis de vérifier que les formants avaient un impact sur la perception des sons, ce qui montre qu'il ne s'agit pas d'artéfacts analytiques, mais bien d'indices jouant un rôle dans l'interprétation des voyelles par le cerveau⁴⁰. Dans les années 1950, grâce à la technique du *pattern playback* (Cooper *et al.*, 1951), laquelle permet de synthétiser un son à partir d'un spectrogramme stylisé, Delattre *et al.* (1952) ont constaté qu'il était possible de reproduire plusieurs voyelles identifiables uniquement grâce aux deux premiers formants, l'ajout du troisième s'avérant quelquefois nécessaire. Par ces observations, les sociolinguistes variationnistes, Labov (1963a) le premier, ont vu dans les deux premiers formants des indices idéaux pour explorer

³⁹ Dans ce type de représentation graphique, les deux axes sont généralement inversés afin que les voyelles les plus fermées et les plus antérieures figurent en haut à gauche (Joos, 1948 : 51-53). De cette façon, le diagramme peut être lu comme un triangle articuloire traditionnel.

⁴⁰ À ce sujet, le lecteur pourra se référer à l'introduction de Harrington (2010).

la variation sociale affectant les voyelles. Ainsi, comme le rappelle Thomas (2010 : 41), « formant analysis has been the most commonly performed type of acoustic analysis in sociophonetics ». Pour Labov (2006 : 500-501), ce cadre expérimental a permis de faire considérablement avancer l'étude du changement linguistique, bien que l'auteur reconnaisse que d'autres indices puissent être exploités aux mêmes fins. On constate d'ailleurs aisément à la lecture du chapitre 1 que plusieurs des travaux réalisés sur l'antériorisation de /ɔ/, issus de la sociolinguistique, reposent sur l'analyse de F₁ et F₂ (par exemple, Lennig, 1978; Paradis, 1985).

Afin de nous assurer que nos résultats soient comparables à ceux des études antérieures, nous procéderons à une analyse formantique de cette voyelle incluant notamment les deux premiers formants. La prise en compte de ces seuls indices paraît toutefois quelque peu limitative : elle donne l'illusion que la production et la perception des voyelles peuvent se résumer à deux chiffres (Foulkes *et al.*, 2010). En effet, l'association entre F₁ et F₂ et la position des organes articulateurs demeure grossière et le spectre acoustique d'une voyelle contient d'autres informations utiles. Nous avons donc choisi d'exploiter d'autres paramètres acoustiques, à commencer par le troisième formant.

2.1.1.2. F₃, indice supplémentaire

Dès les premières études se fondant sur F₁ et F₂ pour décrire l'identité des voyelles, les limites de ces paramètres sont remarquées : à titre d'exemple, Peterson et Barney (1952) eux-mêmes mentionnent déjà que F₃ est important pour distinguer la voyelle rhotique [ɚ] en anglais américain. On découvre aussi que la relation entre le deuxième et le troisième formant est susceptible de changer en fonction du niveau de protrusion des lèvres. Ainsi, Schwartz *et al.* (1993) notent que l'association entre la fréquence du deuxième formant et le degré d'antériorité d'une voyelle peut disparaître si les lèvres sont assez arrondies; les deuxième et troisième formants peuvent alors s'intervertir dans la structure acoustique et induire de grandes différences perceptuelles. Comme le fait remarquer Arnaud (2010 : 211), « l'absence de distinction entre des voyelles antérieures arrondies et non arrondies en langue anglaise peut expliquer le désintérêt relatif des sociolinguistes nord-américains » pour F₃ et d'autres paramètres liés à l'arrondissement⁴¹. Bien que /ɔ/ ne soit pas une voyelle antérieure, elle n'en reste pas moins arrondie, et certains auteurs ont avancé que son antériorisation pourrait être associée à l'effet acoustique d'un désarrondissement des lèvres plutôt que strictement à un déplacement de la masse linguale (Armstrong et Low, 2008). Il nous paraît donc important de prendre en compte cet indice supplémentaire dans notre étude.

2.1.2. Dynamique spectrale

Comme mentionné précédemment, la tradition pour l'analyse acoustique des voyelles consiste à relever les fréquences centrales des formants en un seul point au centre de leur « état stable ». En pratique, cette approche « statique » est depuis longtemps décriée parce qu'elle participe d'une idéalisation des voyelles comme des sons dont la structure acoustique est parfaitement stable et qui

⁴¹ Arnaud (2010) mentionne également la relation entre F₃ et la durée de même que F₄ comme indices affectés par l'arrondissement des lèvres.

peuvent être résumés à une paire d'estimations formantiques. De nombreuses expériences en perception de la parole ont montré que cette prémisse était critiquable : d'une part, lorsqu'on demande à des auditeurs de catégoriser des stimuli synthétiques fondés sur des estimations formantiques effectuées dans l'« état stable » des voyelles originales, les taux de classification obtenus sont largement inférieurs à ceux qu'on observe lorsque les stimuli simulent la trajectoire des segments originaux (par ex. Hillenbrand et Nearey, 1999); d'autre part, lorsqu'on soumet des voyelles dont la partie centrale a été rendue silencieuse (*silent-center stimuli*) à des auditeurs, ceux-ci les identifient aussi bien que les voyelles originales (par ex. Strange *et al.*, 1983).

Nearey et Assmann (1986) ont également examiné ce dernier effet perceptuel. Ils ont d'abord soumis à un groupe d'auditeurs des voyelles naturelles n'ayant été manipulées d'aucune façon, prononcées isolément par des locuteurs de l'anglais canadien. Deux échantillons ont ensuite été extraits de ces voyelles, l'un (A) comprenant 30 millisecondes de signal prélevées au début du son et l'autre (B), 30 millisecondes prélevées à la fin de celui-ci, pour créer des stimuli de trois types différents, également soumis aux participants de l'étude : A-B, A-A, B-A. Dans chaque cas, les deux échantillons étaient séparés par un silence de 10 ms. Les résultats de Nearey et Assmann (1986) montrent que les stimuli de type A-B sont aussi bien identifiés que les voyelles originales, alors que ceux de types A-A et B-A sont beaucoup moins bien reconnus par les auditeurs : ainsi, l'information présente au début et à la fin de la voyelle semble suffisante pour permettre de l'associer à une catégorie phonémique.

Pour compléter les résultats obtenus en perception, Nearey et Assmann (1986) ont aussi étudié l'évolution temporelle des formants en production de la parole. En estimant la fréquence des deux premiers formants au début et à la fin d'occurrences isolées de 10 voyelles de l'anglais, certaines étant considérées comme des diphtongues, d'autres non, les auteurs ont pu construire un diagramme biformantique présentant l'évolution moyenne du timbre de chacune de ces voyelles en cours de production. Même des voyelles classées comme des monophthongues voyaient leurs formants évoluer de façon marquée. Ces résultats en perception et en production ont amené Nearey et Assmann (1986) à introduire le terme de *vowel inherent spectral change* (VISC) pour désigner la dynamique spectrale propre à chaque voyelle⁴².

Plusieurs travaux ont montré la pertinence de prendre en compte le VISC, non seulement pour les diphtongues (par ex., en français québécois, Leblanc, 2012), mais aussi pour les sons considérés comme des monophthongues (par ex., en anglais américain, Hillenbrand *et al.*, 1995; en français québécois, Arnaud, 2010; Sigouin, 2013). Les données sur la dynamique des formants permettent généralement d'obtenir un meilleur classement des occurrences vocaliques sur la base de prédicteurs chiffrés avec des techniques statistiques comme les analyses discriminantes (Arnaud, 2010).

La dynamique spectrale peut aussi varier pour une même voyelle d'un espace géographique à l'autre. Par exemple, Jacewicz et Fox (2013) ont identifié le VISC comme un facteur de différenciation majeur entre différentes variétés régionales de l'anglais américain et y voient une explication à

⁴² Le lecteur pourra se référer au livre *Vowel Inherent Spectral Change* (Morrison et Assman, 2013) pour un état des lieux récents de la recherche consacrée à ce thème.

certains changements phonétiques. En français québécois, Riverin-Coutlée et Arnaud (2014), dont l'objectif était de déterminer le jeu de paramètres acoustiques le plus efficace pour la classification automatique de la voyelle /ɛ/ en fonction de la région d'origine des locuteurs (Québec ou Saguenay), ont constaté que le taux de classement correct augmentait lorsque la dynamique spectrale de la voyelle était prise en compte dans les modèles statistiques. Ces résultats laissent croire à l'existence d'une variation (relativement subtile) dans l'évolution temporelle des formants vocaliques à une échelle géographique relativement restreinte.

Pour prendre en compte le VISC, une méthodologie particulière doit être adoptée pour représenter la trajectoire des formants. Nearey et Assman (1986) présentent trois hypothèses classiques proposées par Pols (1977) concernant la modélisation du VISC. Selon l'hypothèse de la double cible (*dual target hypothesis*), la perception du timbre vocalique repose sur la fréquence des formants en deux points temporels, soit au début (*onset*) et à la fin (*offset*) de la voyelle. L'hypothèse de la cible et de la pente (*target plus slope hypothesis*) prévoit plutôt qu'elle repose sur la fréquence des formants au début de la voyelle et sur la vitesse de changement des formants (*rate of change*). Enfin, l'hypothèse de la cible et de l'orientation (*target plus direction hypothesis*) prévoit que la reconnaissance de la voyelle s'appuie sur la fréquence des formants au début de la voyelle et sur la direction des trajectoires formantiques, exprimée en valeurs d'angles. Les résultats de Nearey et Assman (1986), fondés sur des analyses discriminantes destinées à approximer la perception humaine, indiquent que les trois types de modélisation offrent des taux de classification correcte similaires.

La modélisation de la dynamique spectrale peut aussi être réalisée au moyen de courbes ajustées par des polynômes ou des transformées en cosinus discrètes (*direct cosine transform* ou DCT) (Zahorian et Jagharghi, 1993; Watson et Harrington, 1999). Ces méthodes ne semblent pas présenter d'avantage marqué par rapport à l'estimation par points (Hillenbrand, Clark et Nearey, 2001 : 759) et les paramètres résultants sont en relation moins directe avec les valeurs de fréquence des formants (Morrison, 2013 : 42-43), ce qui les rend plus difficiles à interpréter.

Depuis l'étude pionnière de Nearey et Assman (1986), de nombreux travaux sur le VISC, parmi lesquels l'essentiel de ceux mentionnés précédemment, se sont fondés sur l'hypothèse de la double cible en estimant les formants en deux points du continuum vocalique. Cependant, les points temporels idéaux pour cette estimation font l'objet de débat. Les choix effectués dans diverses études sont variés, comme le rapporte Morrison (2013 : 42) :

Different studies have selected different points at which to measure the vowel onset and offset values, e.g., at the earliest and latest measurable values with amplitudes not less than 15 dB below the vowel's maximum amplitude (Nearey and Assmann 1986), 40 ms after the initial consonant release and 40 ms before the final consonant closure (Andruski and Nearey 1992), at 20 and 80 % of the duration of the vowel (Hillenbrand and Nearey 1999), and at 20 and 70 % of the duration of the vowel (Hillenbrand et al. 2001).

En outre, certains paradigmes reposent sur plus de deux points de mesure (par ex. cinq chez Fox et Jacewicz, 2009). Dans les quelques études intégrant le VISC en français québécois (Arnaud, 2010; Sigouin et Arnaud, 2014; Riverin-Coutlée et Arnaud, 2014), les auteurs ont quant à eux estimé la

fréquence des formants à 25, 50 et 75 % de la durée vocalique. Les résultats d'analyses discriminantes effectuées dans chacune de ces études montrent toutefois que les estimations réalisées au point milieu contribuent rarement à l'amélioration du taux de classification des voyelles en catégories phonémiques.

Dans le cadre de la présente étude, partant de l'hypothèse que la dynamique spectrale de /ɔ/ peut varier d'un espace francophone à l'autre tout comme celle du /ɛ/ au Québec (Riverin-Coutlée et Arnaud, 2014), nous estimerons la fréquence de F_1 , de F_2 et de F_3 en trois points de mesure correspondants à ceux déjà évalués dans la littérature sur le VISC en français québécois, soit à 25, 50 et 75 % de la durée vocalique. Le choix de conserver le point médian en dépit des résultats mentionnés ci-haut découle du désir d'obtenir des données comparables à celles des études antérieures n'ayant pas considéré la dynamique spectrale : dans ces dernières, la fréquence des formants était souvent estimée à 50 %.

2.2. Méthodologie

Cette section fera état des choix méthodologiques adoptés pour mener à bien la présente étude. Les populations visées et les échantillons correspondants seront d'abord présentés. Le matériel linguistique sur lequel nous nous sommes fondé et les conditions d'enregistrement des corpus utilisés seront ensuite détaillés. Suivront les détails concernant la segmentation et l'analyse acoustique des occurrences de /ɔ/ extraites des corpus. Enfin, une fois expliquées les méthodes d'analyse statistique retenues pour le traitement des données, nous aborderons le problème de la normalisation vocalique.

2.2.1. Échantillon

Dans le cadre de notre contribution, nous avons eu recours à deux corpus de parole de laboratoire, l'un préexistant et l'autre nouveau, chacun nous permettant de répondre à des objectifs de recherche différents. L'élaboration de ces corpus s'est inscrite dans un cadre éthique uniforme. En tout, des enregistrements ont été effectués dans trois points d'enquête (Figure 7).



Figure 7 – Carte des trois points d’enquête

(carte de base tirée de OpenStreetMap⁴³; style de carte mis au point par Stamen⁴⁴; adaptation personnelle)

2.2.1.1. Corpus C10-12

Pour répondre à notre objectif de vérifier l’existence d’une variation diatopique dans la réalisation du /ɔ/ au Québec, nous avons utilisé un corpus préexistant colligé entre 2010 et 2012⁴⁵ (ci-après appelé C10-12). Il est constitué de la parole de locuteurs des villes de Saguenay et de Québec.

Le choix de ces deux villes à l’intérieur de l’espace québécois n’est pas anodin : situées à quelque 200 kilomètres de distance l’une de l’autre, correspondant à la réserve faunique des Laurentides, elles sont réputées appartenir à l’aire linguistique de l’Est du Québec (Dolbec et Ouellon, 1999). Sur le plan lexical, nombre de différences entre Québec et Saguenay ont été mises au jour par de grandes enquêtes lexicales réalisées dans les années 1980 (Dulong et Bergeron, 1980; Lavoie, Bergeron et Côté, 1985). La prononciation varie également entre ces villes. Du point de vue des consonnes, une étude préliminaire indique une potentielle différence dans le délai d’établissement du voisement (ou *voice onset time*, VOT) des consonnes occlusives (St-Gelais et Chayer, 2015). Les variantes vocaliques en usage à Québec et à Saguenay se distinguent aussi, ce qui a été mis en lumière récemment par plusieurs études (Arnaud et Riverin-Coutlée, 2014, 2016; Leblanc, 2012; Riverin-Coutlée, 2015; Riverin-Coutlée et Arnaud, 2014, 2015; Sigouin, 2013; Sigouin et Arnaud, 2014, 2015). À titre d’exemple, la voyelle /ɛ/ en syllabe ouverte finale (comme dans le mot *paix*) est réalisée de façon beaucoup plus ouverte à Saguenay qu’à Québec, ce qui se reflète aussi en perception : les habitants de la capitale sont statistiquement plus sensibles aux variantes saguenéennes que ceux du Saguenay (Riverin-Coutlée, 2015; Riverin-Coutlée et Arnaud, 2014, 2015). Les voyelles /i/, /y/ et /u/ semblent également moins diphtonguées à Saguenay qu’à Québec dans le contexte

⁴³ <https://www.openstreetmap.org/>

⁴⁴ <http://maps.stamen.com>

⁴⁵ Ce corpus a été mis sur pied dans le cadre du projet de recherche *Caractéristiques acoustiques des voyelles orales québécoises* (Vincent Arnaud, 2010-2013; appui financier du Fonds de recherche du Québec – Société et culture). La méthodologie de la présente étude reprend en grande partie celle adoptée pour ce projet.

allongeant /_B/ (Sigouin, 2013). En somme, malgré la relative proximité de ces deux villes, le français qu'on y parle se distingue non seulement par le lexique, mais aussi par la prononciation.

Dans le corpus C10-12, la population à l'étude était les étudiants universitaires ou les détenteurs d'un diplôme universitaire, peu mobiles géographiquement et âgés de 20 à 29 ans. Québec et Saguenay sont des villes où l'on retrouve des universités (l'Université Laval dans la capitale et l'Université du Québec à Chicoutimi à Saguenay), ce qui a facilité le recrutement de participants. En outre, ces deux institutions disposent de chambres anéchoïques.

40 locuteurs, soit 21 hommes et 19 femmes, ont été enregistrés en 2010-2012 à Saguenay ($\bar{x} = 22,3$ ans, $s = 1,7$ ans) et à Québec ($\bar{x} = 22,2$ ans, $s = 2,0$ ans). La quasi-totalité d'entre eux avaient passé toute leur vie (à l'exception d'un an d'absence au maximum) dans les deux points d'enquêtes concernés⁴⁶.

2.2.1.2. Corpus C16-17

Le corpus C10-12 ne permet pas d'examiner la variation diatopique affectant la prononciation de /ɔ/ entre le Québec et la France. Par ailleurs, il est peu adapté pour notre objectif de vérifier l'influence de la coarticulation consonantique sur les caractéristiques acoustiques de cette voyelle, puisque les mots qu'il contient n'ont pas été choisis en fonction des consonnes qui les composent. Le corpus C10-12 a donc été étendu par de nouveaux enregistrements réalisés en 2016 et en 2017, réunis dans un second corpus (ci-après appelé C16-17).

La facilité d'accès aux données étant primordiale dans le choix des points d'enquête, étant donné le temps limité qui nous était imparti pour mener cette recherche exploratoire, seul un point d'enquête au Québec a été retenu, soit Saguenay. Nous avons choisi Lyon comme point d'enquête en France plutôt que de nous intéresser à Paris, ville dont le phonétisme a été très souvent examiné. Lyon est la troisième ville la plus peuplée du pays après Paris et Marseille et constitue le noyau de la deuxième aire urbaine en importance après celle de Paris (INSEE, 2013, 2014). Malgré son poids démographique, cette ville n'a fait l'objet que de très peu d'études en phonétique⁴⁷. Comme elle fait historiquement partie de l'aire francoprovençale (Tuaille, 1983; Meune, 2007), elle a souvent été exclue d'enquêtes s'intéressant à la variation du français dans l'Hexagone. Lyon est par ailleurs un pôle universitaire important, ce qui a facilité la constitution d'un échantillon de locuteurs comparable à celui du Québec. En outre, il a été possible d'y avoir aisément accès à du matériel d'enregistrement et à une chambre anéchoïque (voir section suivante) grâce à une collaboration avec le laboratoire Dynamique du langage (CNRS / UMR 5596).

À Saguenay, 9 hommes et 10 femmes ayant le même profil que les participants du corpus C10-12 ont été enregistrés entre janvier et novembre 2016 ($\bar{x} = 23,3$ ans, $s = 2,6$ ans). À Lyon, 10 hommes et 10 femmes ont été enregistrés en mars 2016 et de mars à mai 2017. Les participants étaient pour

⁴⁶ Deux locuteurs de Québec se sont installés dans cette ville à l'âge de 2 ans.

⁴⁷ Nous avons jusqu'ici pu retracer une seule étude, un mémoire (Michut, 2000), entièrement consacrée au phonétisme de la ville de Lyon.

l'essentiel originaires de Lyon, quelques-uns de sa périphérie immédiate (St-Priest, Montluel, Miribel, Villeurbanne, etc., soit des communes situées dans un rayon de 25 km de Lyon). Un des participants était né en Algérie, mais avait déménagé à Lyon à l'âge d'un an. Tous étaient des étudiants universitaires, mais 4 avaient moins de 20 ans (minimum 18) au moment des enregistrements ($\bar{x} = 21,2$ ans, $s = 2,3$ ans).

Les courriels envoyés aux participants au corpus C16-17 et les affiches de recrutement sont fournis dans l'**Annexe 3**; la fiche utilisée pour noter les renseignements sociologiques au sujet des participants, quant à elle, est fournie dans l'**Annexe 4**.

2.2.1.3. Éthique

Les corpus C10-12 et C16-17 ont été élaborés dans le respect de la politique d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)⁴⁸.

En 2010-2012, les participants ont reçu un dédommagement de 20 \$; en 2016-2017, seuls les locuteurs lyonnais ont été dédommagés (à hauteur de 15 €)⁴⁹ : le recrutement était contraint par des délais restreints à Lyon, puisque les enregistrements y ont été réalisés dans le cadre d'un stage d'études. Les participants saguenéens ont pu participer au tirage d'un exemplaire du *Petit Robert de la langue française*, édition 2016.

2.2.2. Matériel linguistique

Les corpus C10-12 et C16-17 sont constitués de parole formelle issue d'une tâche de lecture oralisée enregistrée en chambre anéchoïque. Les détails concernant cette tâche, les caractéristiques des enregistrements, les mots disponibles dans chaque corpus et ceux qui ont été retenus sont donnés ci-après.

2.2.2.1. Style de parole

Le recours à de la « parole de laboratoire », enregistrée dans un environnement contrôlé et induisant souvent un degré de formalité élevé chez les locuteurs, permet l'obtention d'un matériel sonore d'excellente qualité, favorable à l'analyse acoustique. Elle s'avère utile pour tester une hypothèse requérant le contrôle de variables confondantes (Xu, 2010), ce qui est notre cas ici – ainsi, l'intonation, le débit de parole et l'accentuation syllabique ont été maintenus constants; la structure syllabique a, quant à elle, été manipulée. L'utilisation d'une liste de phrases commune à tous les locuteurs assure un nombre suffisant d'occurrences pour chaque individu, ce qui est important lorsqu'on étudie une seule voyelle (Baranowski, 2013 : 404), et donne la possibilité de susciter des mots parfois peu fréquents, mais qui facilitent l'observation de la voyelle cible dans une variété de

⁴⁸ À cet effet, un certificat éthique a été obtenu auprès de l'UQAC (n° 602.498.01).

⁴⁹ Une subvention de 300 € a été octroyée à ce projet par le laboratoire Dynamique du langage (CNRS / UMR-5596), qui fait partie du LABEX ASLAN (ANR-10-LABX-0081) de l'Université de Lyon (ANR-11-IDEX-0007), pour financer les dédommagements.

contextes lexicaux et consonantiques. La parole résultante présente un haut degré de formalité. Toutefois, dans une analyse des différentes méthodologies de collecte de données phonétiques, Boyd *et al.* (2015) indiquent que la parole lue et celle suscitée par un entretien sociolinguistique semi-dirigé contiennent toutes deux des variantes innovantes et conservatrices de voyelles affectées par le changement en cours étudié par ces auteurs, le *California Vowel Shift*, ce qui indique que le recours à la parole de laboratoire n'est pas nécessairement un obstacle à l'étude de la variation. D'ailleurs, l'antériorisation de /ɔ/ a été attestée en parole lue (Martin, 2002; Woehrling et Boula de Mareüil 2007; Woehrling, 2009) aussi bien qu'en parole spontanée (par ex. Armstrong et Low, 2008; Lamontagne, 2015a; Mooney, 2016).

2.2.2.2. Tâche de lecture

2.2.2.2.1. Corpus C10-12

Les participants du corpus C10-12 ont été appelés à lire à voix haute 611 phrases pentasyllabiques dont le dernier mot contenait une voyelle cible faisant partie du système vocalique oral du français contemporain (/i y e ø ε œ a α ɔ o u/)⁵⁰. Les phrases servaient à désambiguïser certains homographes et à rendre la tâche plus variée pour les locuteurs. Quoique des voyelles isolées (22) et des pseudo-mots (66) constituent une partie des cibles, la majorité d'entre elles (523) sont des unités lexicales monosyllabiques du français; c'est le cas pour tous les mots contenant /ɔ/.

2.2.2.2.2. Corpus C16-17

La liste originale de 611 phrases du corpus C10-12 a été conçue pour l'étude des voyelles orales du français québécois et non seulement de /ɔ/. Les mots cibles incluant cette voyelle n'ont pas été équilibrés en fonction des consonnes adjacentes. Par exemple, seuls trois mots se terminent par une consonne postérieure autre que /ʁ/, et aucun ne se termine par une consonne nasale; or, les données de Paradis (1985) au Québec et celles d'Armstrong et Low (2008) et de Boula de Mareüil *et al.* (2010) en France indiquent qu'une nasale postposée pourrait favoriser l'antériorisation de /ɔ/.

Par conséquent, les lexèmes pertinents présents dans le corpus C10-12 étaient insuffisants pour prétendre répondre entièrement à notre objectif d'examiner l'effet de la coarticulation sur l'antériorisation de /ɔ/, comme mentionné précédemment. Nous avons donc ajouté au corpus C10-12 55 phrases contenant 27 pseudo-mots et 28 unités lexicales ayant /ɔ/ pour noyau vocalique, ceux-ci permettant de compléter les combinaisons CVC offertes par la liste originale. Cet *addendum* porte le corpus à un total de 658 phrases (22 voyelles isolées, 88 pseudo-mots, 548 mots)⁵¹, qui ont été soumises à tous les locuteurs du corpus C16-17, Saguenéens comme Lyonnais.

⁵⁰ Le projet pour lequel le corpus C10-12 a initialement été conçu visait à examiner la variation dans la structure acoustique des voyelles orales du français québécois telles que prononcées en contexte formel par des étudiants de Saguenay et de Québec.

⁵¹ Deux mots cibles pour d'autres voyelles ont aussi été rajoutés à la liste originale; ils ne sont utilisés dans cette étude que comme distracteurs supplémentaires. Certains mots pouvant porter à confusion entre le Québec et la France ont également été retirés.

L'inventaire des cibles contenant /ɔ/ dans les corpus C10-12 et C16-17 est consigné dans le Tableau 10. Les phrases porteuses qui les contextualisaient dans la tâche de lecture sont reproduites dans l'Annexe 5.

	/p/	/t/	/k/	/b/	/d/	/g/	/l/	/ʁ/	/m/	/n/	/f/	/s/	/ʃ/	/ʒ/
/p/	pop	pote	poque		pod		Paul	port	pommes	ponne	pof		poche	poje
/t/	top	totte	toc		tod			torts	Tom	tonnes			toche	toge
/k/	kop	cote	coque		code		colle	corps	comme	conne		cosse	coches	koje
/b/		botte		bob		bogue	bol	bords	bomme	bonne	bof	bosse		
/d/		dote	doc		dod	dogue		dort	Dom	donne				
/g/		gothe		gobe	god	gog			gomme	gonne				
/l/								l'or						loge
/ʁ/		rote	roc	robes									roches	
/m/	mop	motte	moque	mob	mode	mog			mom	monne				
/n/	nop	notes	nok	nob	nod	nog			nomme	nonne				
/f/							folle	fort						
/s/		sothe					sol	sort						
/v/		vote				vogue	vol							
-		hotte	hoque		ode				homme	honne				

Tableau 10 – Mots et pseudo-mots contenant /ɔ/ dans les deux tâches de lecture (combinaisons C₁+/ɔ/+C₂)

C₁ : rangées; C₂ : colonnes

■ : mot de la tâche originale (C10-12 et C16-17)

■ : mot de la tâche étendue (C16-17 seulement)

■ : pseudo-mot de la tâche étendue (C16-17 seulement)

En rouge : mots exclus des analyses subséquentes (voir section 2.2.2.4)

Toutes les cibles sont monosyllabiques et ont une structure de type (C)VC. Nous avons utilisé des syllabes fermées pour deux raisons : premièrement, l'un de nos objectifs étant l'évaluation de l'effet du lieu d'articulation des consonnes adjacentes, nous voulions que les consonnes antéposées et postposées appartiennent à la même syllabe pour éviter que les frontières syllabiques n'influencent nos résultats. Deuxièmement, nous voulions obtenir des voyelles accentuées de façon à faciliter l'analyse acoustique (Baranowski, 2013). Or, la loi de position, en français, fait en sorte que la majorité des /ɔ/ accentués sont situés en syllabe fermée.

2.2.2.3. Enregistrements

Afin d'homogénéiser les contours intonatifs et l'accentuation et de minimiser la variation du débit, autant en 2010-2012 qu'en 2016-2017, les mots cibles ont d'abord été lus dans des phrases porteuses, présentées sur un écran dans un ordre aléatoire commun pour tous les locuteurs en 2010-2012 et aléatoire pour chaque locuteur en 2016-2017, avant d'être répétés isolément après que l'enquêteur⁵² a fait semblant de ne pas les avoir compris. Voici un exemple du déroulement de la tâche de lecture :

⁵² À Lyon, tous les hommes et 7 femmes sur les 10 ont été enregistrés par nos soins; les 3 autres participantes ont réalisé l'expérience sous la supervision de notre directeur de recherche, Vincent Arnaud. Il est important de souligner que nous n'avons pas adapté notre accent québécois lors des enregistrements en France. L'interaction avec les participants étant toutefois limitée et leur familiarité avec le français québécois étant d'ordinaire très

Participant : La soupe était bonne.
Enquêteur : Elle était comment?
Participant : *Bonne*.

Seules les répétitions, toujours accentuées et présentant le plus souvent un contour intonatif descendant ou plat (affirmatif), ont été retenues pour l'analyse.

Les locuteurs de Québec et de Saguenay du corpus C10-12 de même que les 19 locuteurs saguenéens du corpus C16-17 ont été enregistrés en chambre anéchoïque soit à l'Université Laval, soit à l'Université du Québec à Chicoutimi avec un microphone serre-tête SHURE SM10A amplifié par une console de mixage BEHRINGER XENYX 802. Le signal était enregistré en format numérique grâce à un TASCAM HD-P2 (44 100 Hz, 16 bits).

Les enregistrements à Lyon pour le corpus C16-17 ont aussi été effectués en chambre anéchoïque à l'Institut des sciences de l'homme à l'aide d'un microphone serre-tête SHURE SM10A amplifié par une carte son externe ROLAND QUADCAPTURE directement reliée à un ordinateur sur lequel le logiciel AUDACITY a été utilisé pour l'enregistrement (44 100 Hz, 16 bits). Comme Rathcke, Stuart-Smith, Torsney et Harrington (2017) l'ont montré, des variations dans les conditions et le matériel d'enregistrement peuvent induire des différences dans le rapport signal/bruit et la pente spectrale des fichiers sonores, ce qui influence la détection des formants, entre autres choses; or, cette dernière est d'une importance capitale pour nos analyses subséquentes. Nous avons tenté de respecter une relative homogénéité dans les caractéristiques d'enregistrement d'un continent à l'autre en fonction du matériel disponible.

2.2.2.4. Mots retenus pour l'analyse

Malgré la controverse entourant l'effet du /ʁ/ postposé sur l'antériorisation de /ɔ/ et la disponibilité de 8 mots fermés par cette consonne (*port, torts, corps, bords, dort, l'or, fort, sorti*) dans l'un et l'autre des corpus utilisés dans le cadre de cette étude, nous avons choisi, en raison de contraintes temporelles, d'exclure ce contexte de nos analyses. Les données issues du corpus C10-12 pour ces mots ont déjà été analysées par Arnaud et Riverin-Coutlée (2014, 2016), qui ont montré un certain rapprochement entre /ɔ/ et /a/ dans le contexte /_ʁ/ en français québécois.

Les mots et les pseudo-mots constitués de /ɔ/ et de deux consonnes nasales (*mom, monne, nomme, nonne*) ont été exclus des analyses subséquentes effectuées à partir du corpus C16-17. Dans ce contexte, la coarticulation nasale était en effet très forte chez une majorité de locuteurs. Nous estimions à l'origine que ses effets seraient moindres, mais en France comme au Québec, la plupart

faible (une seule locutrice a déclaré bien connaître cette variété de français), nous avons l'intuition que la convergence des participants vers notre accent n'a été que marginale, si elle s'est produite. D'ailleurs, dans une étude portant sur la convergence phonétique en conversation spontanée, Kim, Horton et Bradlow (2011) ont remarqué une corrélation entre la *distance linguistique* et le degré de convergence. Ainsi, les locuteurs partageant la même langue et la même variété topolectale étaient plus susceptibles de s'ajuster l'un à l'autre au cours d'une discussion que les locuteurs de langues maternelles différentes ou parlant chacun une variété topolectale différente d'une même langue. *A fortiori*, dans notre cas, la conversation n'était que très rarement tout à fait spontanée.

des voyelles étaient nettement nasalisées dans ces mots. L'analyse acoustique des voyelles nasales est difficile (Fant, 1960 : 149) en raison d'un certain nombre de modifications dans la structure spectrale d'un son lorsque les cavités orale et nasales sont couplées (Delvaux et Soquet, 2001). En effet, la répartition des formants oraux est perturbée par l'apparition de formants nasals et certaines résonances orales sont atténuées, voire éliminées par les résonances nasales. L'effet le plus commun de la nasalisation d'une voyelle est une diminution d'intensité marquée du premier formant oral (Delattre, 1954; Schwartz, 1968; Mrayati et Carré, 1975), qui peut devenir difficile à identifier visuellement sur un spectrogramme ou à détecter à l'aide d'algorithmes automatiques dans les logiciels d'analyse acoustique, plus particulièrement pour le /ɔ/ nasalisé (Mrayati et Carré, 1975). D'autres zones du spectre peuvent être affectées par les résonances nasales d'une façon qui, par surcroît, peut varier d'un individu à l'autre (Delvaux et Soquet, 2001; Arnaud, 2003). Bien que certains auteurs considèrent que la gamme de fréquences où se situe généralement le deuxième formant oral de la voyelle /ɔ/ est peu affectée par le couplage oral-nasal (Delattre, 1954 : 106; Lonchamp, 1979 : 44), nous avons préféré ne pas analyser les occurrences des mots *mom*, *monne*, *nomme* et *nonne* d'une part parce que le premier formant nous intéresse autant que le deuxième dans cette étude et d'autre part, parce qu'il demeure une incertitude sur la fiabilité des estimations de F₂ que l'on peut obtenir à partir d'une voyelle nasalisée : chez les locuteurs masculins, le deuxième formant de /ɔ/ peut parfois se situer autour de 800 à 900 Hz, dans une gamme de fréquences affectée par la nasalité (Delvaux, 2009). Enfin, concernant les autres occurrences de /ɔ/ en contact avec une consonne nasale dans notre corpus, bien que Delvaux *et al.* (1998) indiquent que la nasalisation contextuelle progressive des voyelles est plus forte que sa contrepartie régressive, nous avons choisi de ne rejeter que les voyelles nettement nasalisées à l'audition, puisque nous n'avons pas remarqué de tendance générale à la nasalisation pour ces occurrences.

Le Tableau 11 présente le nombre total d'occurrences extraites des deux corpus. Pour le corpus C10-12, les 25 cibles sont des mots. Dans le corpus C16-17, on retrouve 51 mots et 25 pseudo-mots.

Corpus	SG	QC	LY	Total
C10-12	25 (× 20)	25 (× 20)	–	1000
C16-17	76 (× 19)	–	76 (× 20)	2964
Total	1944	500	1520	3964

Tableau 11 – Nombre de mots disponibles par corpus et par point d'enquête

Les nombres entre parenthèses représentent le nombre de locuteurs pour lesquels on dispose du nombre de mots et de pseudo-mots indiqué.

2.2.3. Segmentation du signal sonore

La segmentation des voyelles a été effectuée manuellement à l'aide du logiciel d'analyse de la parole PRAAT 6.0.X (Boersma et Weenink, 2018). Les occurrences de /ɔ/ ont été isolées à l'aide d'oscillogrammes et de spectrogrammes en bandes larges.

Le spectrogramme (Figure 8) est un outil de choix pour la segmentation des voyelles : cette représentation graphique illustre l'évolution temporelle du spectre (Joos, 1948 : 42-43; Kent et Read, 1992 : 44; Reetz et Jongman, 2009 : 156; Boersma, 2013 : 389-390). Les consonnes et les voyelles

présentent des structures spectrales très différentes, ce qui facilite leur segmentation. Dans le cas des voyelles, un spectrogramme en bandes larges, qui offre une meilleure résolution temporelle qu'un spectrogramme en bandes étroites (Fant, [1962] 2004 : 147-148; Reetz et Jongman, 2009 : 156-157), permet de repérer visuellement les formants, qui apparaissent comme des bandes plus foncées, et facilite la délimitation du début et de la fin du segment.

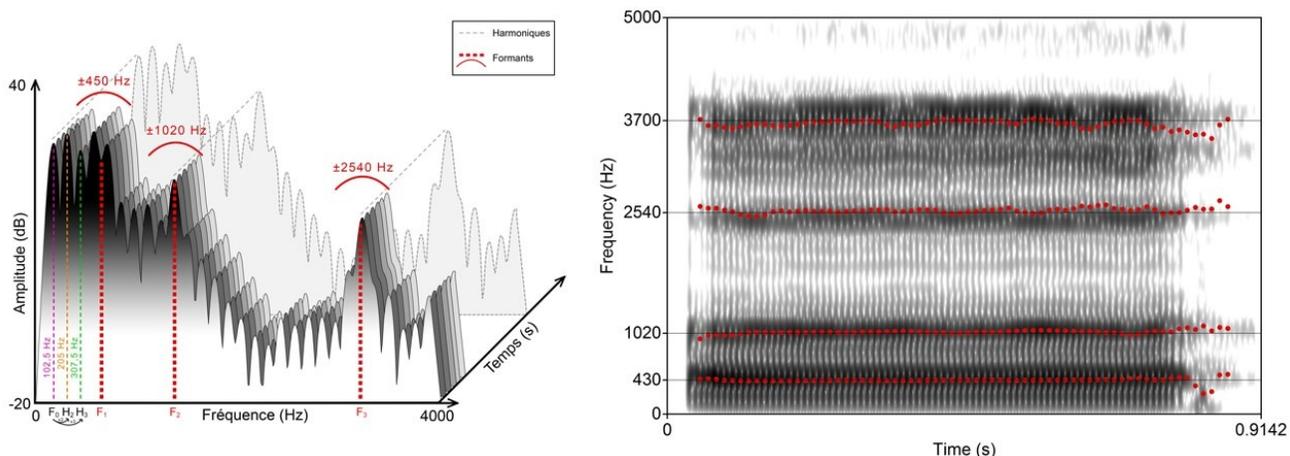


Figure 8 – Représentation en cascade (gauche) montrant une succession de coupes spectrales d'une occurrence de /ɔ/ et spectrogramme en bandes larges correspondant (droite)

La voyelle représentée est volontairement très longue et sans dynamique formantique.

Sur l'oscillogramme, les voyelles sont faciles à repérer grâce à leur amplitude plus forte que celle des segments adjacents et au patron périodique de l'onde qui les compose (Figure 9).

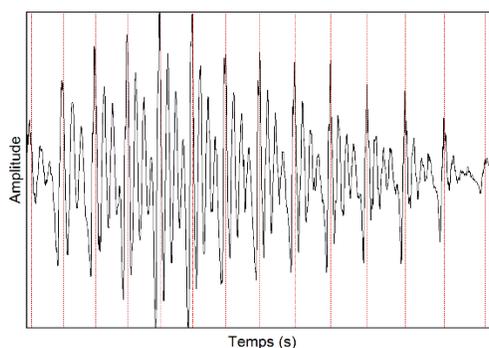


Figure 9 – Oscillogramme d'une occurrence de la voyelle /ɔ/

Grâce aux indices visuels présents sur l'oscillogramme et le spectrogramme en bandes larges, les occurrences de /ɔ/ ont été isolées par le placement, dans une grille d'annotation, de frontières initiale et finale à des passages par zéro de la courbe d'amplitude. La frontière initiale a été placée :

- > après la barre d'explosion visible sur le spectrogramme dans le cas des séquences $C_{[occlusive]} + /ɔ/$;
- > dès l'apparition d'un patron périodique sur l'oscillogramme dans le cas des séquences $C_{[fricative]} + /ɔ/$;

- > au point de stabilisation d'un patron périodique et d'une intensité plus marquée dans le cas des séquences /b/, /l/, /m/ ou /n/ + /ɔ/.

La frontière finale, quant à elle, a été placée :

- > à la disparition du premier formant dans le cas des séquences /ɔ/ + C_[occlusive];
- > à la disparition du patron périodique pour les séquences /ɔ/ + C_[fricative/non voisée];
- > à mi-chemin dans la transition voyelle/consonne pour les séquences /ɔ/ + C_[fricative/voisée];
- > au point où une chute marquée du quatrième formant s'achevait pour les séquences /ɔ/ + /l/;
- > au point où l'intensité diminuait de façon marquée et où le patron périodique changeait de forme pour les séquences /ɔ/ + /m/ ou /n/;
- > à l'audition dans les cas problématiques.

Dans tous les cas, nous avons cherché à minimiser l'influence des consonnes adjacentes au maximum. Les voyelles ainsi isolées ont été écoutées au moins deux fois chacune pour vérifier la qualité de la segmentation auditivement.

2.2.4. Occurrences rejetées

Dans le corpus C10-12, 2 occurrences ont dû être rejetées. Dans le premier cas, la voyelle n'appartenait pas à la catégorie phonémique attendue et avait plutôt été prononcée [o]; dans le second, un /l/ final a été vélarisé par la locutrice. En outre, dans 4 mots commençant par /b/, la consonne a été dévoisée partiellement ou complètement en [p]. Comme nous nous intéressons à l'effet du lieu d'articulation des consonnes sur /ɔ/ et non à celui de leur voisement, ces occurrences ont été conservées. 998 voyelles sur les 1000 disponibles ont donc pu être analysées.

Dans le corpus C16-17, sur les 2964 occurrences disponibles, 51 ont été rejetées soit parce que le troisième formant était indistinct (27 cas), ce qui indiquait une nasalisation excessive, soit parce que la voyelle ne correspondait pas à la catégorie phonémique attendue, mais plutôt à /o/ (20 cas)⁵³, soit parce que l'intonation était exagérément montante (4 cas). De plus, l'un des locuteurs lyonnais ayant produit 17 voyelles mi-fermées plutôt que mi-ouvertes, l'ensemble des occurrences qu'il a produites (76) ont également été écartées. Une fois comptabilisées ces exclusions, ce sont 2837 occurrences produites par 38 locuteurs qui ont fait l'objet d'une analyse acoustique.

2.2.5. Analyse acoustique

Grâce à des scripts PRAAT conçus par E. Ferragne⁵⁴ et modifiés par nos soins pour les besoins spécifiques de cette étude⁵⁵, une analyse acoustique semi-automatique de chaque occurrence a été

⁵³ Même s'il semble que la voyelle du mot *ode* puisse être réalisée [o] au Québec, aucun des 19 locuteurs enregistrés à Saguenay pour le corpus C16-17 ne l'a prononcée ainsi. L'ensemble des occurrences de ce mot ont donc été conservées.

⁵⁴ Les scripts originaux peuvent être retrouvés à l'adresse suivante : <https://moodleupd.script.univ-paris-diderot.fr/mod/page/view.php?id=49768>

⁵⁵ L'ensemble des scripts conçus et utilisés dans le cadre du présent travail sont fournis dans l'Annexe 6.

réalisée. Les valeurs des fréquences centrales des trois premiers formants (F_1 , F_2 et F_3) ont été estimées grâce à un script qui affichait les courbes de chacun des formants sur le spectrogramme de la voyelle et qui demandait à l'utilisateur d'ajuster les paramètres de détection du *linear predictive coding* (LPC) employé par PRAAT pour repérer les formants (Figure 10). Trois paramètres ont été maintenus constants d'une occurrence à l'autre :

- > Méthode : Burg
- > Préemphasis à partir de : 50 Hz
- > Largeur de la fenêtre : 0,025 s

Le nombre de formants à détecter et la fréquence maximale de détection ont quant à eux été ajustés pour chaque occurrence afin d'obtenir la meilleure correspondance possible entre les estimations de PRAAT et la fréquence des bandes formantiques visibles sur le spectrogramme auquel les courbes d'analyse étaient superposées.

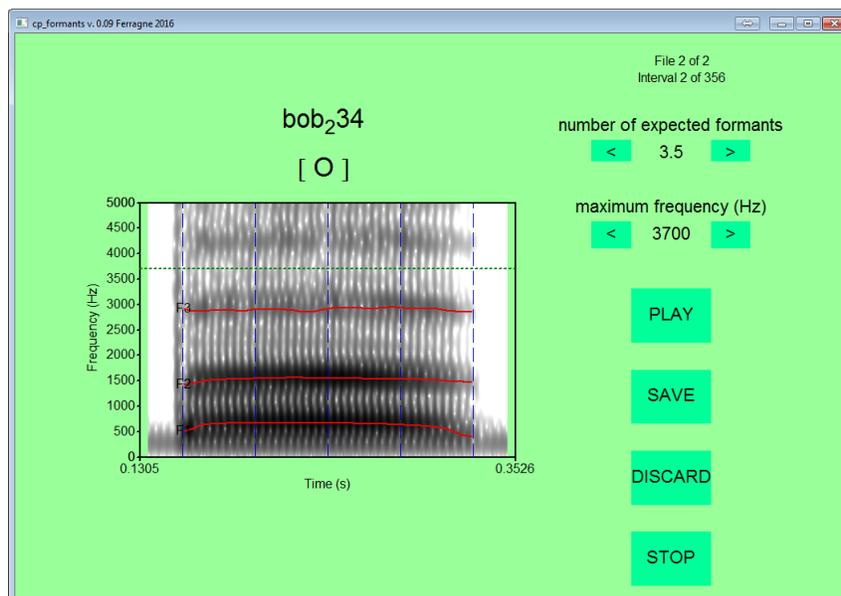


Figure 10 – Capture d'écran du script d'analyse des formants

Dans tous les cas, les paramètres spécifiques ont été notés pour chaque occurrence de façon à assurer une reproductibilité maximale de l'analyse. Pour les rares occurrences où la détection automatique de PRAAT, même avec des ajustements paramétriques, ne parvenait pas à bien suivre les formants, une analyse manuelle a été faite. Dans ce cas, sur un écran séparé et pour chaque formant, des points étaient placés manuellement sur le spectrogramme; un script PRAAT générant ensuite une courbe passant par ces points pour approximer la trajectoire formantique. Cette courbe était systématiquement revérifiée avant d'être retenue.

Les estimations formantiques ont ensuite été effectuées à partir des courbes tracées manuellement ou automatiquement. Afin de prendre en compte la dynamique spectrale et l'hypothèse du VISC, les fréquences centrales des trois premiers formants ont été relevées à 25, 50 et 75 % de la durée

vocalique dans chaque cas. Pour des raisons expliquées dans la section 2.2.7, les valeurs de formants ainsi obtenues n'ont pas été normalisées.

2.2.6. Analyse statistique

La conception des modèles statistiques ci-après décrits et la planification de la présente section ont été considérablement facilitées par un tutoriel non encore publié consacré aux modèles de régression à effets mixtes (Arnaud, Riverin-Coutlée et Coupé, à paraître).

Pour effectuer des inférences à partir des données récoltées dans le cadre de ce mémoire, nous avons adopté une perspective fréquentiste plutôt que bayésienne. Une série de modèles de régression linéaire à effets mixtes (*linear mixed models*, ci-après LMM) ont été calculés à l'aide du logiciel R, version 3.4.3 (R Core Team, 2014) et de la bibliothèque *lme4* (Bates *et al.*, 2015). Plutôt que des moyennes calculées pour chaque individu ou chaque mot, les LMM utilisent chaque occurrence pour construire une droite de régression qui vise à prédire la valeur d'une variable dépendante en fonction d'un ensemble de coefficients, correspondant à des facteurs fixes et aléatoires, qui ont chacun un « poids » différent dans l'équation (Baayen 2012 : 669). Dans notre cas, les facteurs fixes étaient la VILLE, le SEXE, le lieu d'articulation de la consonne antéposée (PRE_LIEU) et celui de la consonne postposée (POST_LIEU). Pour chacun des modèles, les coefficients de ces facteurs fixes ont été estimés par le logiciel de façon à maximiser la vraisemblance (*likelihood*) d'obtenir un échantillon comme le nôtre à partir du modèle proposé (Maindonald et Braun, 2010).

2.2.6.1. Valeurs de p

2.2.6.1.1. Valeurs exactes

Nous rapportons dans le **Chapitre 3** des valeurs de p exactes plutôt que de fixer a priori un seuil α (Maindonald et Braun, 2010; Wasserstein et Lazar, 2016). Ainsi, un effet caractérisé par une valeur de p de 0,06 ne s'est pas systématiquement vu exclu de nos considérations s'il semblait scientifiquement plausible, puisque les probabilités calculées à partir des modèles ne sont pas des critères de décision infaillibles et applicables à toutes les situations (Murtaugh, 2014). De plus, en conformité avec les recommandations de l'American Statistical Association (Wasserstein et Lazar, 2016), nous rapportons en annexe l'ensemble des valeurs de p obtenues dans le cadre de nos analyses. Quoique ces deux méthodes de présentation des résultats se fondent sur des calculs statistiques analogues (Murtaugh, 2014), lorsque cela est utile, des intervalles de confiance sont fournis en complément des valeurs de p pour illustrer la direction des effets.

2.2.6.1.2. Méthodes de calcul

La signification statistique de l'effet de chacun des prédicteurs a d'abord été évaluée par des ANOVA reposant sur des tests de Fisher (*F-tests*) et utilisant la méthode de Kenward-Roger pour l'estimation des degrés de liberté du dénominateur. Ce type de test protège davantage contre les erreurs de type I que d'autres méthodes plus répandues, comme l'utilisation de la statistique t fournie par la

bibliothèque *lme4* comme approximation d'une valeur de Z (Luke, 2017). Pour les modèles strictement additifs, soit ceux où aucune interaction entre prédicteurs n'était spécifiée, des tests de type II ont été utilisés; pour les modèles avec interactions, nous avons eu recours à des tests de type III.

Pour déterminer quels niveaux des prédicteurs avaient un impact significatif sur les variables dépendantes à l'étude, des tests t de comparaisons multiples avec une correction de Holm fondés sur les moyennes marginales estimées (*estimated marginal means*) ont été réalisés à l'aide de la bibliothèque R *emmeans* (Lenth, 2017). Ces comparaisons n'ont été effectuées que pour les prédicteurs dont l'effet a été associé à une valeur de p très faible.

2.2.6.2. Modèles de régression linéaire à effets mixtes

Les LMM sont de plus en plus utilisés en phonétique (Šturm, 2015) : en 2011, parmi les 507 études quantitatives présentées au *International Congress of Phonetic Sciences* à Hong Kong, 76 % faisaient usage de statistiques. Les trois méthodes les plus courantes étaient l'analyse de la variance (ANOVA – 208 études = 41 %), les tests t (70 études = 13,8 %) et les LMM (34 études = 6,7 %). Pour l'édition 2015 de ce congrès à Glasgow, nous avons estimé que sur les 657 études quantitatives consignées dans les actes, 277 (42,2 %) ont utilisé des modèles mixtes (linéaires ou autres) et 235 (35,7 %), l'analyse de la variance⁵⁶. Ces tendances illustrent l'engouement actuel pour les modèles mixtes.

2.2.6.2.1. Fonctionnement et avantages

La popularité grandissante des LMM est liée aux nombreux avantages qu'ils présentent par rapport à l'ANOVA traditionnelle. Le plus important est une meilleure gestion de la non-indépendance des données. Ainsi, l'un des postulats de l'ANOVA est que les observations ne soient pas corrélées entre elles (indépendance des données); or, dans la majorité des travaux en phonétique, comme en psycholinguistique, domaine principal dans lequel s'est développée l'utilisation des LMM (Quené et van den Bergh, 2008; Gries, 2015), les chercheurs ont recours à un échantillon d'individus pour récolter des données. Le plus souvent, chacun des sujets produit également plusieurs énoncés, mots ou sons, qui sont ensuite analysés. Les observations ne sont donc pas indépendantes, puisqu'elles sont nichées à l'intérieur d'un individu.

Si le profil des participants est généralement contrôlé par leurs caractéristiques sociales (âge, sexe, origine géographique, etc.), toutes les influences possibles sur un objet aussi complexe que la parole ne peuvent pas être contrôlées; par exemple, l'influence des facteurs génétiques, de l'environnement, du contexte politique ou du hasard n'est presque jamais prise en compte (Baayen *et al.*, 2008). Dans

⁵⁶ Contrairement à Šturm (2015), nous n'avons pas lu la totalité des actes du congrès de 2015 pour obtenir ces tendances. Les études ont été converties au format texte, puis traitées à la chaîne dans le logiciel R afin d'y déceler des mots-clés indiquant l'utilisation de l'une ou l'autre des méthodes statistiques (ex. « lme4 », « mixed models », « random factor » pour les LMM, « ANOVA » pour l'analyse de la variance). Pour déterminer le nombre d'études quantitatives, nous avons considéré que tout texte où figurait le symbole d'égalité « = » était susceptible de présenter des données quantitatives.

une ANOVA, la non-indépendance des données entraîne une augmentation du risque d'erreur de type I, soit du risque de détecter dans l'échantillon un effet significatif qui n'existe pas dans la réalité (Max et Onghena, 1999 : 265).

Pour pallier ce problème, les LMM permettent de prendre en compte des *effets aléatoires*, différents par leur nature des *facteurs fixes*, et de calculer leurs modes conditionnels (Bolker, 2015 : 312).

- > Les facteurs fixes sont contrôlés par l'expérimentateur; on en connaît les niveaux possibles et ils sont reproductibles (Pinheiro et Bates, 2006 : 3; Baayen, 2008 : 241).
- > Les effets aléatoires sont associés à des échantillons de populations dont il est impossible de connaître l'ensemble des « niveaux », ou des individus. Ils ne sont pas reproductibles: en tirant un autre échantillon, les résultats varient.

Un LMM calcule un effet aléatoire sous la forme d'ajustements à l'ordonnée à l'origine (constantes aléatoires ou *random intercepts*) et/ou à la pente des coefficients (pentes aléatoires ou *random slopes*) de la droite de régression en fonction des différents niveaux des effets aléatoires. Cela permet de gérer statistiquement les caractéristiques idiosyncrasiques des éléments de l'échantillon et de réduire la variance inexpliquée dans le modèle, ce qui augmente aussi la puissance statistique (Baayen *et al.*, 2008; Quené et van den Bergh, 2008). Les constantes aléatoires sont des ajustements positifs ou négatifs distribués autour de 0 et répondant à une distribution normale qui permettent de modéliser une « ligne de base » pour la variable dépendante variant d'un élément de l'échantillon à l'autre. Les pentes aléatoires, quant à elles, sont également positives ou négatives et distribuées normalement autour de 0 : ce sont des ajustements à la valeur du coefficient d'un facteur fixe.

Au cours des séances d'enregistrement, comme dans beaucoup de travaux menés en phonétique de laboratoire, nous avons demandé à chacun des participants (constituant un échantillon de la population étudiée) de prononcer une série définie de mots. Ces mots constituent eux-mêmes un échantillon du lexique du français et doivent également faire l'objet du calcul d'un effet aléatoire : en effet, la même expérience effectuée à partir d'une autre liste d'unités lexicales pourrait mener à des résultats différents, et nous voulons prendre en compte ce fait dans nos LMM. Lorsque chaque mot est prononcé par chaque locuteur, on a en fait des effets aléatoires croisés (Baayen, 2008; Quené et van den Bergh, 2008). Ainsi, il faut inclure l'effet du mot et l'effet de l'individu à l'équation de régression de façon indépendante pour éviter la pseudorépétition (Winter, 2011).

L'utilisation d'un LMM permet, ultimement, de mieux cerner l'effet des facteurs fixes sur la variable dépendante par rapport à une ANOVA à mesures répétées effectuée selon la procédure de Clark (1973), la plus répandue pour contourner le problème de la non-indépendance des observations. Par ailleurs, selon Quené et van den Bergh (2008), les LMM sont légèrement plus conservateurs; il s'agit donc de modèles prudents par rapport aux erreurs de type I.

2.2.6.2.2. Construction et sélection des modèles parcimonieux

Pour chacun des corpus, des modèles ont été élaborés pour neuf variables dépendantes continues consistant en un croisement entre les formants et les points de mesure sélectionnés :

- > F₁ à 25 %, 50 % et 75 % de la durée vocalique;
- > F₂ à 25 %, 50 % et 75 % de la durée vocalique;
- > F₃ à 25 %, 50 % et 75 % de la durée vocalique.

Les variables indépendantes catégorielles VILLE (2 niveaux) et SEXE (2 niveaux) ont systématiquement été incluses comme prédicteurs. Pour prendre en compte l'effet du contexte consonantique sur les fréquences formantiques, les consonnes antéposées et postposées ont été codées en fonction de leur lieu d'articulation : labial (/p, b, m, f, v/ en position antéposée, /p, b, m, f/ en position postposée), antérieur (/t, d, n, l, s/ en position antéposée, /t, d, n, l, s, ʃ, ʒ/ en position postposée), postérieur (/k, g, ʁ/ en position antéposée, /k, g/ en position postposée) ou aucun (pour les mots et pseudo-mots de structure VC). Ce classement reflète la catégorisation employée par Armstrong et Low (2008) et Mooney (2016) et est fondé sur l'hypothèse que la coarticulation linguale est un déterminant important de la fréquence des formants vocaliques. Les variables indépendantes catégorielles PRE_LIEU (3 niveaux pour le corpus C10-12, 4 pour le corpus C16-17) et POST_LIEU (2 niveaux) ont elles aussi été incluses dans les modèles.

Le modèle le plus complexe testé pour chacune des variables dépendantes comprend les deux triples interactions VILLE × SEXE × PRE_LIEU et VILLE × SEXE × POST_LIEU, de même que toutes les doubles interactions et tous les effets simples qu'elles incluent. Bien que l'interaction entre PRE_LIEU et POST_LIEU (et, conséquemment, les triples interactions et la quadruple interaction incluant cette dernière) soit scientifiquement envisageable, elle n'a été évaluée dans aucun modèle. En effet, il nous paraissait imprudent d'évaluer des moyennes ne concernant qu'un seul mot ou pseudo-mot dans certains cas, puisque cela n'aurait pas permis de distinguer les effets coarticulatoires de l'effet lexical; par exemple, pour le corpus C10-12, seul le mot *roc* constitue une combinaison de deux consonnes postérieures de part et d'autre de la voyelle. Le Tableau 12 présente le croisement entre les variables PRE_LIEU et POST_LIEU dans les mots et les pseudo-mots de chacun des corpus.

	Corpus C10-12				Corpus C16-17			
	C ₂ lab.	C ₂ ant.	C ₂ post.	Total	C ₂ lab.	C ₂ ant.	C ₂ post.	Total
Aucune C ₁	–	–	–	–	1	3	1	5
C ₁ labiale	1	6	3	10	8	15	5	28
C ₁ antérieure	1	4	3	7	5	13	5	23
C ₁ postérieure	1	6	1	8	5	12	3	20
Total	3	16	6	25	19	43	14	76

Tableau 12 – Tableau de contingence des mots et des pseudo-mots en fonction de PRE_LIEU (C₁) et POST_LIEU (C₂)

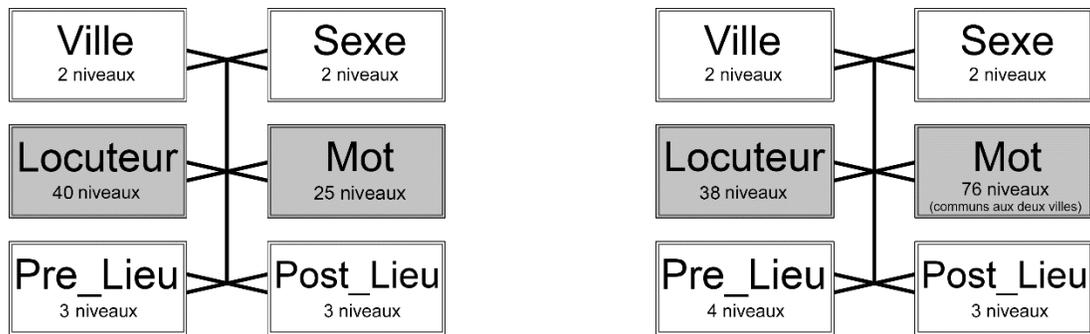
L'algorithme d'optimisation *bobyqa* implémenté dans la bibliothèque *optimx* (Nash, 2014), avec un nombre maximal d'itérations situé entre 1×10^7 et 1×10^{10} en fonction des besoins de chaque modèle, a été utilisé pour effectuer les calculs nécessaires à l'ajustement de 17 des 18 modèles statistiques. En effet, en raison de problèmes de convergence, nous avons plutôt eu recours à l'algorithme *nlinmb* de la même bibliothèque pour le calcul du modèle pour F₃ à 75 % de la durée vocalique dans le corpus C16-17.

Les effets aléatoires LOCUTEUR et MOT ont systématiquement été pris en compte par des constantes aléatoires (*random intercepts*) de façon à ce que le caractère répété des mesures (plusieurs voyelles ont été enregistrées pour chaque individu et pour chaque mot) soit bien pris en compte, ce qui permet d'éviter la pseudo-réplication (Hurlbert, 1984). De plus, la recommandation de Barr (2013 : 1) de « include random slopes for the highest-order combination of within-unit factors subsumed by each interaction » a été suivie dans les modèles qui incluaient des prédicteurs intra-individuels. Cette procédure permet d'éviter le taux d'erreur de type I trop élevé associé à l'utilisation des seules constantes aléatoires dans un modèle organisé hiérarchiquement (Barr, 2013 : 2)⁵⁷.

À titre d'exemple, dans le modèle élaboré pour tester l'influence des consonnes sur la valeur de F_2 à 50 % de la durée de /ɔ/ à Saguenay et à Lyon, des pentes aléatoires ont été estimées pour deux paramètres, soit PRE_LIEU et POST_LIEU. Le calcul des pentes permettait de prendre en compte l'éventuelle variation de ces effets d'un sujet à l'autre, chacun des participants prononçant des voyelles plus ou moins affectées par la coarticulation. Dans les cas où des pentes aléatoires ont été estimées, afin d'éviter la surparamétrisation, une analyse en composantes principales a été effectuée sur les composantes aléatoires du modèle à l'aide de la fonction *rePCA* de la bibliothèque R RePsychLing (Baayen *et al.*, 2015). Lorsqu'au moins une composante aléatoire expliquait un pourcentage nul de la variance, la structure des effets aléatoires était simplifiée, d'abord en fixant les corrélations entre les pentes et les constantes aléatoires à 0, puis, si le problème demeurait, en retirant une à une les pentes aléatoires. Dans tous les cas, les constantes aléatoires pour le LOCUTEUR et le MOT ont été retenues, puisque ces dernières sont incluses pour éviter la pseudo-réplication.

La structure des facteurs fixes et des effets aléatoires utilisés dans les différents modèles est présentée dans la Figure 11. Les facteurs VILLE et SEXE, interindividuels, sont croisés : chaque ville compte des locuteurs des deux sexes et chaque sexe compte des locuteurs dans chaque ville. Il en va de même pour les effets aléatoires de LOCUTEUR et de MOT, puisque tous les mots ont été prononcés par l'ensemble des individus, et ce, dans chaque corpus. Le croisement de ces effets est niché dans celui des facteurs VILLE et SEXE. Enfin, les facteurs PRE_LIEU et POST_LIEU, situés au niveau intra-individuel, sont aussi croisés. À leur tour, ils sont nichés dans le croisement du LOCUTEUR et du MOT.

⁵⁷ Schielzeth et Forstmeier (2009) et Barr *et al.* (2013) proposent de systématiquement inclure des pentes aléatoires pour tous les effets fixes, en plus de toutes les constantes aléatoires possibles (Barr *et al.*, 2013, recommandent ainsi, par rapport à la structure des effets aléatoires, de « keep it maximal »). Cela est toutefois rarement possible, étant donné la difficulté pour des modèles maximaux de converger. Ainsi, la quantité de calculs requis pour l'estimation de tous les effets aléatoires et de leurs corrélations est souvent beaucoup trop importante pour la taille des échantillons utilisés (Bates *et al.*, 2015; Nicenboim *et al.*, 2016). Ce problème, appelé surparamétrisation (*overparametrization*), conduit à des modèles difficilement interprétables et plus susceptibles de mener à des erreurs statistiques de type I (Bates *et al.*, 2015).



Les LMM que nous avons utilisés pour modéliser les variables dépendantes seront détaillés avant le résultat de chaque analyse. Pour chacun d’entre eux, la procédure de sélection de modèle descendante (*top-down*) recommandée par Zuur, Ieno, Walker, Saveliev et Smith (2009 : 121-122) a été appliquée pour les facteurs fixes : en conservant la même structure d’effets aléatoires, nous avons comparé différents modèles nichés en partant du plus complexe envisageable pour nos données et en le comparant chaque fois avec un modèle plus simple. Pour comparer les modèles, deux méthodes ont été combinées : d’une part, des tests de rapport de vraisemblance (*likelihood ratio tests*, ou LRT) ont été appliqués à $\alpha = 0,05$ pour estimer la signification statistique des différences de déviance entre les modèles; d’autre part, les variations de la valeur du critère d’information d’Akaike (AIC, *Akaike information criterion*) ont également été prises en compte⁵⁸. Bien qu’il n’existe aucun test statistique associé à l’AIC, lorsque la différence entre les critères d’AIC de deux modèles excédait 2, celui présentant la valeur la plus proche de 0 a été considéré comme plus parcimonieux (Bolker *et al.*, 2012 : 20). Les LRT et l’AIC se fondant tous deux sur la déviance des modèles, ils tendaient presque toujours à favoriser le même modèle dans les comparaisons. Lorsque deux modèles ne présentaient pas de différence significative de la déviance, le plus parcimonieux, soit celui avec la structure des facteurs fixes la plus simple, était retenu, puisqu’il était considéré comme s’ajustant aussi bien aux données que le modèle plus complexe en utilisant toutefois moins d’informations.

Dans le cas où un prédicteur associé au lieu d’articulation (PRE_LIEU ou POST_LIEU), au terme de la procédure de sélection de modèle, n’était retenu ni comme terme d’une interaction d’ordre supérieur, ni comme prédicteur simple, les pentes aléatoires qui y étaient associées, n’ayant plus de sens, étaient retirées du modèle. Par la suite, la sélection était reprise depuis le début pour les autres prédicteurs.

2.2.6.2.3. Vérification des postulats

Pour qu’il permette de tirer des conclusions valides, un LMM retenu à la suite de la procédure de sélection susmentionnée, comme tout modèle statistique, doit respecter un certain nombre de postulats (Winter, 2013) :

⁵⁸ Pour ce calcul, Zuur *et al.* (2009 : 122) et Bolker (2015 : 322) suggèrent d’utiliser la méthode du maximum de vraisemblance standard (*maximum likelihood*, ou ML). Nous avons suivi cette recommandation.

- a) linéarité des résidus;
- b) distribution normale des résidus;
- c) homogénéité de la variance (homoscédasticité) des résidus;
- d) indépendance des données;
- e) distribution normale des modes conditionnels des effets aléatoires;
- f) absence de données influençant le modèle de façon trop importante.

Pour vérifier ces postulats, nous avons employé des méthodes graphiques la plupart du temps (Fox, 2008; Zuur *et al.*, 2009; Winter, 2013). Deux remarques, concernant les postulats b) et f), doivent toutefois être formulées.

Le postulat b) est vérifié en observant la répartition des résidus d'abord à l'aide d'un histogramme de densités et d'une courbe normale théorique, puis à l'aide d'un diagramme Quantile-Quantile mettant en relation les quantiles des résidus avec les quantiles théoriques d'une distribution normale. Les points correspondant aux quantiles des résidus doivent être le plus possible alignés sur une diagonale pour que le postulat de la normalité soit respecté. Les résidus qui en dévient trop peuvent éventuellement être associés à des données trop influentes (postulat f)). Or, à plusieurs occasions, l'examen des diagrammes Quantile-Quantile pour certains de nos modèles a révélé des distributions normales dites « à queues lourdes symétriques » (*symmetrical heavy-tailed*). Ce type de distribution, illustré dans la Figure 12, est caractérisé par des valeurs s'éloignant de la diagonale théorique aux deux extrêmes, mais de façon symétrique (au-dessous de la diagonale pour les quantiles négatifs, au-dessus pour les quantiles positifs).

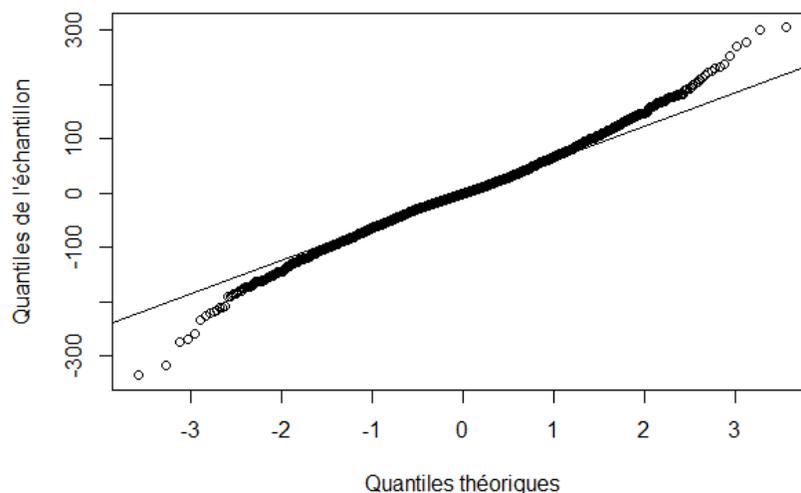


Figure 12 – Diagramme Quantile-Quantile montrant une distribution normale « à queues lourdes symétriques »

Cet exemple est tiré de l'analyse de F_2 à 75 % de la durée vocalique pour le corpus C16-17.

Cependant, comme le soulignent Pinheiro et Bates (2006 : 180), cette situation n'est pas préoccupante outre mesure et ne nécessite pas d'ajustement particulier, puisqu'elle a pour seule conséquence potentielle de rendre les tests de significativité pour les effets fixes plus conservateurs (voir aussi l'Annexe 2).

Le postulat f), quant à lui, est possiblement le plus délicat des six présentés ci-haut : il existe de nombreuses méthodes d'évaluation de l'influence d'une observation sur un LMM, aucune n'étant adaptée à toutes les situations et aucune ne fournissant de réponse tranchée. Dans notre cas, nous avons croisé les indications offertes par deux méthodes pour sélectionner les observations influentes à exclure de chaque modèle.

D'abord, dans un diagramme de dispersion des résidus du modèle, nous avons identifié tous les cas situés dans les 5 % extrêmes de la distribution des résidus. Cette étape permettait d'identifier les cas extrêmes, susceptibles d'être influents, et de justifier l'éventuelle décision de les exclure après l'étape suivante.

Nous avons ensuite calculé une première série de distances de Cook, une mesure chiffrée du degré d'influence d'une observation sur un modèle (cf. Nieuwenhuis et al., 2012). Toute observation individuelle pour laquelle la distance de Cook dépassait un certain seuil fixé à $4/n$, où n est le nombre d'observations, était d'abord exclue (Nieuwenhuis *et al.*, 2012 : 41; Ramasubramanian et Singh, 2017 : 248). Le modèle résultant était comparé au modèle original à l'aide de la fonction *sigtest* (bibliothèque *influence.ME*, Nieuwenhuis et al., 2012) pour vérifier l'impact du rejet de l'observation sur la signification statistique des coefficients du modèle. Si aucun changement n'était constaté, nous considérons que le retrait de l'observation influente n'entraînait aucun bénéfice à l'ajustement du modèle et nous la conservions. À l'inverse, si elle entraînait un certain nombre de modifications aux conclusions du modèle ou si elle avait été identifiée lors de la première étape comme une observation extrême, nous choisissons de la rejeter.

Enfin, après avoir appliqué cette procédure pour les observations individuelles, nous l'avons répétée pour chacun des niveaux des effets aléatoires du LOCUTEUR et du MOT de façon à vérifier si des locuteurs ou des unités lexicales en particulier, en tant que regroupements d'observations, exerçaient une influence sur le modèle. La même procédure de décision qu'à l'étape précédente a été appliquée.

Une fois tous les postulats d'un modèle validés, les calculs évoqués dans la section 2.2.6.1.2 ont pu être effectués pour l'obtention des résultats finaux.

2.2.7. Normalisation des données formantiques

L'un des constats les plus universels de la phonétique est qu'aucune occurrence d'un son n'est jamais identique à une autre (Clopper, 2009). C'est le cas même dans la parole d'un seul locuteur, mais les réalisations diffèrent encore davantage d'un individu à l'autre, ce qui s'explique par les différences physiologiques qui existent entre eux. Certaines de ces différences sont attribuables à des caractéristiques des locuteurs, comme leur âge ou leur sexe : par exemple, le tractus vocal étant en moyenne plus long chez les hommes que chez les femmes, celles-ci ont une fréquence fondamentale et des fréquences formantiques plus élevées (Simpson, 2009). Il s'ensuit de cet état de fait que les indices utilisés pour quantifier certains aspects des ondes sonores ont des valeurs très variables.

2.2.7.1. Procédures de normalisation extrinsèques et intrinsèques aux voyelles

Traditionnellement, afin d'atténuer cette variabilité, diverses méthodes ont été utilisées pour *normaliser* certains de ces indices, le plus souvent la valeur des formants (Ferrari-Disner, 1980)⁵⁹. Ce processus vise à transformer mathématiquement les fréquences formantiques de façon à neutraliser autant que possible la variabilité liée aux différences physiologiques entre les locuteurs. Autrement dit, la normalisation vocalique vise à augmenter la comparabilité des fréquences formantiques tout en conservant certaines de leurs caractéristiques : comme le rappellent Thomas et Kendall (2007), les valeurs résultantes devraient idéalement préserver les distinctions entre les catégories phonologiques des voyelles de même que les informations sociolinguistiques liées à leur timbre. En outre, autant que possible, les procédures de normalisation devraient correspondre aux processus réels qui permettent aux auditeurs de reconnaître et de comprendre des voyelles produites par des locuteurs différents. En somme, « the output of any adequate normalization procedure must be a correct representation of linguistic fact » (Ferrari-Disner, 1980 : 253).

On distingue généralement les procédures de normalisation *extrinsèques* et *intrinsèques* aux voyelles⁶⁰. Les méthodes extrinsèques requièrent qu'on utilise une information extérieure à l'occurrence elle-même dans le calcul de valeurs normalisées pour la fréquence des formants, comme la longueur du tractus vocal de l'individu ou la position d'autres phonèmes vocaliques dans un espace acoustique $F_1 \times F_2$ (Adank *et al.*, 2004; Calamai, 2005; Fabricius *et al.*, 2009). Les procédures de Lobanov (1971) et de Nearey (1977), largement utilisées, en sont des exemples⁶¹. Les méthodes intrinsèques, quant à elles, utilisent plutôt des indices propres à l'occurrence (sa durée, sa fréquence fondamentale, ses formants supérieurs, etc.) pour calculer des valeurs normalisées. Parmi celles-ci, on retrouve par exemple la méthode de Syrdal et Gopal (1986). En outre, comme le rappelle Sigouin (2014), on a parfois considéré des opérations de conversion d'échelle, transformant les fréquences formantiques exprimées en hertz en unités psychoacoustiques comme les barks ou les mels, comme des procédures de normalisation intrinsèques aux voyelles⁶².

⁵⁹ Pour une revue de la littérature à ce sujet, nous référons le lecteur à Ferrari-Disner (1980), Adank *et al.* (2004), Fabricius *et al.* (2009), Flynn et Foulkes (2011) et Sigouin (2014).

⁶⁰ Cette opposition est également employée à d'autres niveaux. On peut ainsi classer les procédures comme étant extrinsèques ou intrinsèques par rapport aux locuteurs, selon qu'elles nécessitent des valeurs de référence pour toute une communauté ou un seul individu (Thomas et Kendall, 2007), ou par rapport aux formants, en fonction du fait qu'elles requièrent ou non des valeurs de référence pour tous les formants d'une voyelle (Adank, 2003).

⁶¹ Comme le fait remarquer Johnson (2005 : 370), les méthodes de Lobanov (1971) et de Nearey (1977) relèvent plus exactement de la *standardisation* et s'appuient sur les valeurs moyennes des fréquences formantiques de toutes les voyelles pour un individu pour obtenir des valeurs normalisées. Johnson (2005) souligne que malgré leurs avantages indéniables en matière de réduction de la dispersion des données, ces deux méthodes ne sont pas des représentations plausibles des processus mis en œuvre par les auditeurs pour reconnaître les voyelles, puisqu'il n'est pas nécessaire que ceux-ci aient accès à l'ensemble des productions d'un locuteur pour identifier correctement la catégorie phonémique d'une voyelle produite par ce dernier.

⁶² *Stricto sensu*, le calcul de ces conversions n'utilise pas d'autres informations que les valeurs formantiques elles-mêmes; certains auteurs préfèrent donc éviter de les concevoir comme des méthodes de normalisation (Thomas et Kendall, 2007).

De nombreux travaux ont cherché à comparer l'efficacité de diverses procédures de normalisation extrinsèques et intrinsèques aux voyelles par rapport aux critères évoqués par Thomas et Kendall (2007). On a ainsi évalué leur capacité à produire des résultats aisément comparables d'une langue à l'autre (par ex. Ferrari-Disner, 1980), à atténuer les différences liées au sexe des individus (par ex. Sigouin, 2014), à préserver des informations sociolinguistiques quant au dialecte (par ex. Adank *et al.*, 2004; Fabricius *et al.*, 2009), etc. Un constat général se dégage de cette littérature : les procédures extrinsèques aux voyelles offrent généralement de meilleurs résultats que leurs contreparties intrinsèques en ce qui a trait à la réduction de la variabilité des fréquences formantiques et au maintien du contraste entre catégories phonémiques (Adank *et al.*, 2004; Johnson, 2005; Clopper, 2009).

Comme la présente étude ne prévoit l'analyse d'occurrences que d'une seule voyelle, /ɔ/, il n'est pas envisageable d'avoir recours aux procédures de normalisation extrinsèques aux voyelles (Clopper, 2009). Les méthodes intrinsèques, notamment les opérations de conversion d'échelle, peuvent être utilisées. Cependant, elles n'offrent que peu d'avantages : elles sont peu efficaces pour réduire la dispersion des données (Flynn et Foulkes, 2011; Clopper, 2009) et la variation liée au sexe des locuteurs (Sigouin, 2014), pour préserver les informations sociolinguistiques (Adank *et al.*, 2004) ou pour augmenter le taux de classification des voyelles (Hillenbrand et Gayvert, 1993; Sigouin, 2014).

2.2.7.2. Normalisation par les effets aléatoires

Pour reprendre les propos de Flynn et Foulkes (2011 : 686), « any normalization is better than none if the aim is to compare different speakers », ce qui est notre cas ici. Nous avons certes exclu le recours aux procédures standards de normalisation. Toutefois, le calcul d'effets aléatoires dans des LMM est une façon indirecte de prendre en compte la variabilité interindividuelle des fréquences formantiques due à la physiologie. Ainsi, Drager et Hay (2012) suggèrent que les effets aléatoires peuvent être vus comme un outil permettant à la fois d'obtenir des résultats statistiques plus généralisables à la population étudiée et de normaliser la variable dépendante. Par exemple, un locuteur produisant des voyelles dont le F₂ est systématiquement plus bas que la moyenne de l'échantillon se verra attribuer par un LMM une constante aléatoire (un mode conditionnel) prenant en compte cette spécificité individuelle.

Si le fait de considérer à la fois le facteur fixe SEXE et les constantes aléatoires liées au LOCUTEUR permet d'utiliser les données des hommes et des femmes dans un même modèle, il ne permet pas de distinguer l'effet *social* du genre de celui, *physiologique*, du sexe. Drager et Hay (2012) décrivent une façon indirecte d'accéder à cette variation sociale par l'entremise d'une astuce statistique : dans un premier temps, on peut calculer un effet aléatoire de l'individu dans un modèle ne prenant pas en compte le facteur fixe SEXE, ce qui résulte en des constantes aléatoires pour chaque individu, censées représenter l'apport de la physiologie à la valeur du formant retenu comme variable dépendante. Ces valeurs individuelles d'ajustement sont ensuite utilisées comme prédicteurs dans un second modèle prenant également en compte le facteur fixe SEXE, alors utilisé comme approximation de l'effet du

genre. Si l'effet SEXE se révèle cette fois significatif, c'est qu'il existe une différence sociale liée au genre pour la valeur du formant examiné.

Cette technique n'est toutefois que comparative, en ce sens qu'elle requiert que les valeurs individuelles d'ajustement à l'ordonnée à l'origine soient calculées à partir de données différentes de celles utilisées dans le modèle final : dans le cas de Drager et Hay (2012) par exemple, le premier modèle examine le troisième formant du [ɪ] anglais en position intervocalique, alors que le second le considère en position finale de mot. La seule conclusion possible grâce à cette technique est qu'il existe (ou qu'il n'existe pas) davantage de variabilité *sociale* due au genre pour la variable dépendante dans le second modèle que dans le premier, puisque le second modèle inclut des prédicteurs chiffrés calculés à partir du premier. Cela nous empêche d'avoir recours à cette solution dans le cas du /ɔ/, puisque nous ne l'examinons que dans un contexte (comme noyau d'une syllabe (C)VC, plus précisément). Nous rapporterons donc l'effet du SEXE sans chercher à en séparer les parties sociale et physiologique dans les résultats de nos LMM.

2.3. Synthèse

Pour étudier la variabilité géographique de l'antériorisation de /ɔ/ et l'effet interne des consonnes adjacentes sur le phénomène, nous avons relevé les trois premiers formants en trois points temporels (25, 50 et 75 % de la durée) afin de prendre en compte à la fois le timbre vocalique et la dynamique spectrale.

Les orientations méthodologiques décrites dans cette section sont largement inspirées de celles développées lors de la conception du corpus original (C10-12) : la chaîne d'enregistrement, la tâche de lecture et le déroulement des entretiens ont été pour l'essentiel répliqués pour le corpus C16-17. Seuls quelques ajustements ont été effectués. Néanmoins, une grande quantité de nouvelles données a été récoltée à Saguenay et à Lyon auprès de 39 locuteurs supplémentaires afin que chacune de nos questions de recherche puisse être adéquatement explorée.

Pour l'analyse statistique, des modèles de régression linéaire à effets mixtes ont été utilisés afin d'évaluer l'impact des facteurs VILLE, SEXE, PRE_LIEU et POST_LIEU sur l'antériorisation de /ɔ/. Aucune normalisation autre que celle, indirecte, entraînée par la prise en compte d'effets aléatoires du LOCUTEUR et du prédicteur fixe SEXE ne sera opérée sur les données formantiques avant leur traitement statistique : nous utiliserons donc, comme variables dépendantes dans nos modèles, les fréquences formantiques exprimées en hertz.

Chapitre 3 : Résultats

Ce chapitre est subdivisé en deux grandes sections : la première est consacrée aux résultats issus de l'analyse du corpus C10-12, colligé à Québec et à Saguenay, alors que la seconde présente ceux du corpus C16-17, récolté à Saguenay et à Lyon. Dans chacune de ces sections, des diagrammes visent à donner une vue d'ensemble des données, d'abord en ce qui a trait aux facteurs externes, puis internes. Par la suite, les modèles statistiques utilisés pour tester l'effet des variables indépendantes (VILLE, SEXE, PRE_LIEU et POST_LIEU) sur chacune des variables dépendantes (F_1 , F_2 et F_3) à chacun des points de mesure (25, 50 et 75 % de la durée vocalique) sont détaillés. Ainsi, neuf modèles de régression linéaire à effets mixtes ont été conçus pour chacun des corpus. Seuls les résultats saillants des modèles finaux sont présentés dans ce chapitre : le détail de chaque modèle est fourni dans l'Annexe 9 (C10-12) et l'Annexe 11 (C16-17). La formule de chaque modèle de régression, telle qu'elle est requise par la fonction *lmer* de la bibliothèque *lme4* dans le logiciel R, accompagne chaque modèle. La signification des symboles utilisés est fournie dans la section **Convention et abréviations** du présent mémoire.

Quoique conscient que tout lien direct entre acoustique et articulation est délicat, nous interprétons des différences de F_1 et de F_2 comme révélatrices, respectivement, d'un degré d'aperture et d'un degré d'antériorité changeants, en nous fondant sur la littérature évoquée dans la section 2.1.1.1 (par ex. Joos, 1948; Delattre, 1948). Des expressions comme « voyelle plus ouverte » ou « moins antérieure » sont ainsi utilisées dans le présent chapitre.

Par ailleurs, une précision s'impose : de nombreuses interactions entre SEXE et PRE_LIEU ou POST_LIEU sont statistiquement significatives, mais nombre d'entre elles ne révèlent aucun patron différent de l'effet de lieu d'articulation d'un sexe à l'autre. Ces interactions ne sont pas présentées de façon détaillée, sauf lorsque l'effet de SEXE varie d'un lieu d'articulation à l'autre; dans les autres cas, lorsque l'interaction est due à une différence de SEXE à travers deux lieux d'articulation différents (par exemple, si les voyelles suivies de consonnes labiales, chez les femmes, se distinguent, pour la valeur d'un paramètre acoustique, des voyelles suivies de consonnes antérieures chez les hommes), nous parlerons de différences « croisées ». Celles-ci ne nous paraissent pas révéler de patrons sociolinguistiques pertinents en regard de nos hypothèses de recherche.

3.1. Corpus C10-12

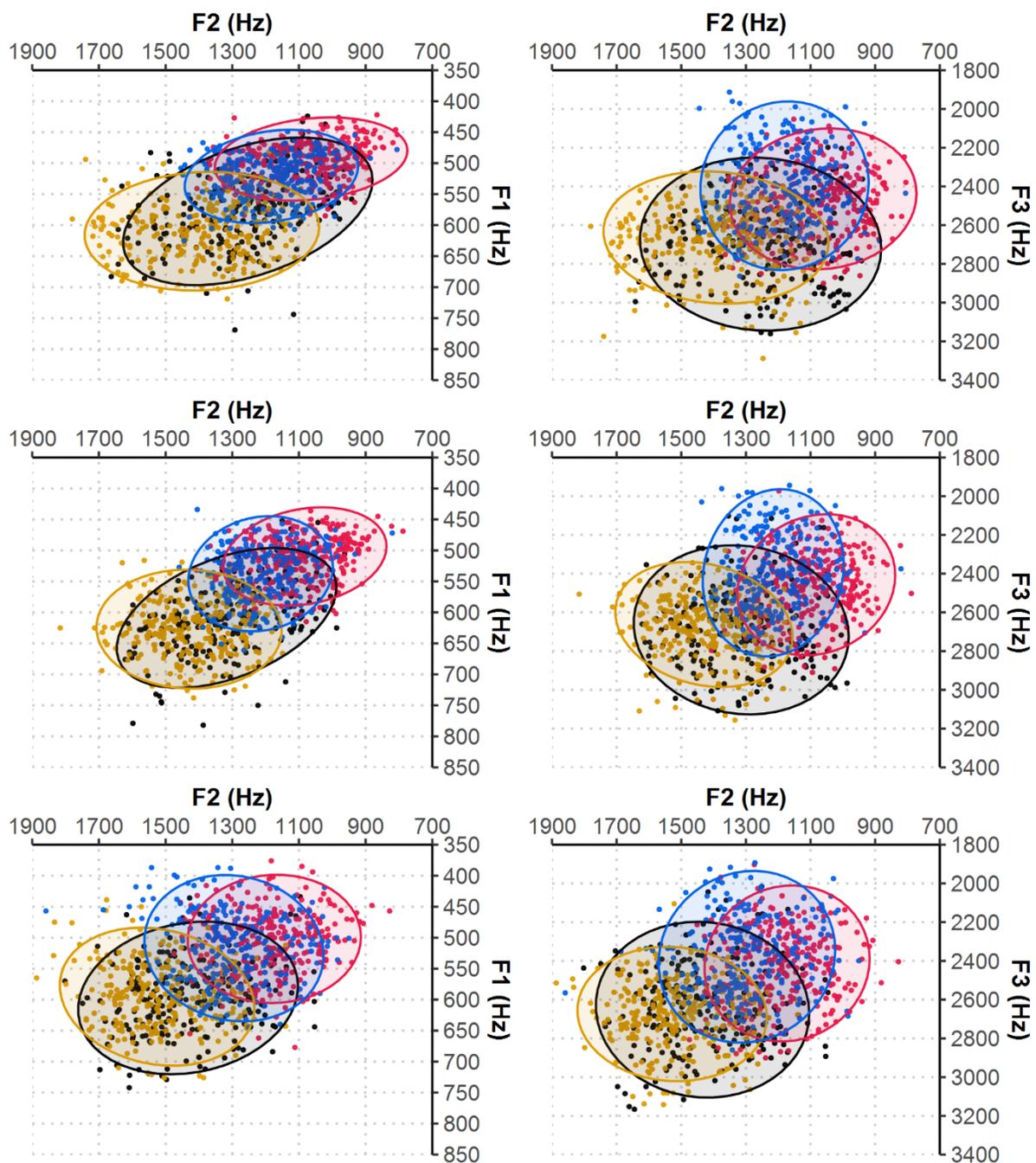
En guise de rappel, 998 occurrences des mots *bof*, *bogue*, *bol*, *bosse*, *botte*, *coches*, *code*, *cote*, *doc*, *loge*, *poche*, *poque*, *robes*, *roc*, *roches*, *rote*, *sothe*, *toc*, *top*, *vogue*, *vol*, *vote*, *colle*, *sol*, et *toge* produites par 40 locuteurs de Saguenay (11 hommes, 9 femmes) et de Québec (10 hommes, 10 femmes) constituent le corpus utilisé dans cette première analyse.

3.1.1. Résultats descriptifs

Les occurrences, réparties en quatre groupes issus d'un croisement des facteurs SEXE et VILLE (hommes de Saguenay, femmes de Saguenay, hommes de Québec, femmes de Québec), sont représentées dans les six panneaux de la Figure 13. Les valeurs moyennes correspondantes, de même que les écarts-types, les minimums, les maximums et les étendues, sont présentées dans l'Annexe 8.

Le premier formant semble légèrement affecté par le facteur VILLE : à Québec, la fréquence de F_1 apparaît comme un peu plus élevée qu'à Saguenay, surtout à 25 et à 50 % de la durée vocalique. Ce fait pourrait indiquer que les voyelles sont un peu plus ouvertes dans la capitale. On remarque en outre que les ellipses englobant les voyelles produites par les locuteurs de Québec sont systématiquement plus à gauche sur l'axe de F_2 , ce qui peut indiquer des productions plus antérieures. Si cette différence semble relativement constante d'un point de mesure à l'autre chez les hommes, elle paraît s'atténuer légèrement vers la fin des voyelles chez les femmes. De plus, un effet important de SEXE, attendu en raison des différences physiologiques entre hommes et femmes (Simpson, 2009), est également nettement visible dans l'espace $F_1 \times F_2$, quel que soit le point de mesure considéré et tant sur la dimension de F_1 que sur celle de F_2 : les fréquences formantiques des femmes sont beaucoup plus élevées que celles des hommes.

Les différences de F_2 demeurent visibles sur les panneaux de droite de la Figure 13, qui représentent l'espace acoustique $F_2 \times F_3$. Il semble encore là émerger un potentiel effet de VILLE : à Québec, les voyelles paraissent caractérisées par un F_3 un peu inférieur à celui des voyelles de Saguenay. Cette différence tend à s'atténuer à 75 % de la durée vocalique. L'effet de SEXE est quant à lui toujours visible pour F_3 , ce formant étant plus élevé pour les voyelles produites par les femmes que pour celles produites par les hommes.



Ville/Sexe ■ SG/Femmes ■ SG/Hommes ■ QC/Femmes ■ QC/Hommes

Figure 13 – Diagrammes bifurmantiques $F_1 \times F_2$ (panneaux de gauche) et $F_2 \times F_3$ (panneaux de droite) illustrant la répartition des 998 occurrences du corpus C10-12 selon les estimations effectuées à 25 % (panneaux du haut), 50 % (panneaux du milieu) et 75 % (panneaux du bas) de la durée vocalique
 Les occurrences sont regroupées en fonction d'un croisement des facteurs VILLE et SEXE; chaque regroupement est encerclé d'une ellipse de dispersion englobant 95 % des occurrences le constituant.

Les différences de F_2 associées aux facteurs VILLE et SEXE sont aussi visibles sur la Figure 14, qui présente les valeurs moyennes de F_2 à 50 % de la durée vocalique en fonction du groupe de locuteurs

et du mot. Cette figure illustre que l'ordonnement des valeurs par groupe est le même pour tous les mots ($QC/F > SG/F > QC/M > SG/M$), et que l'impression qui se dégage de la Figure 13 n'est pas due à l'effet de quelques mots seulement. On remarque également que les mots les plus et les moins favorables à l'antériorisation semblent être à peu près les mêmes d'un groupe à l'autre. Les diagrammes réalisés pour F_2 à 25 % et à 75 % de la durée vocalique, présentés dans l'Annexe 8, rendent compte d'une situation similaire : seul un nombre minime de mots déroge à l'ordonnement des groupes de locuteurs mentionné ci-haut.

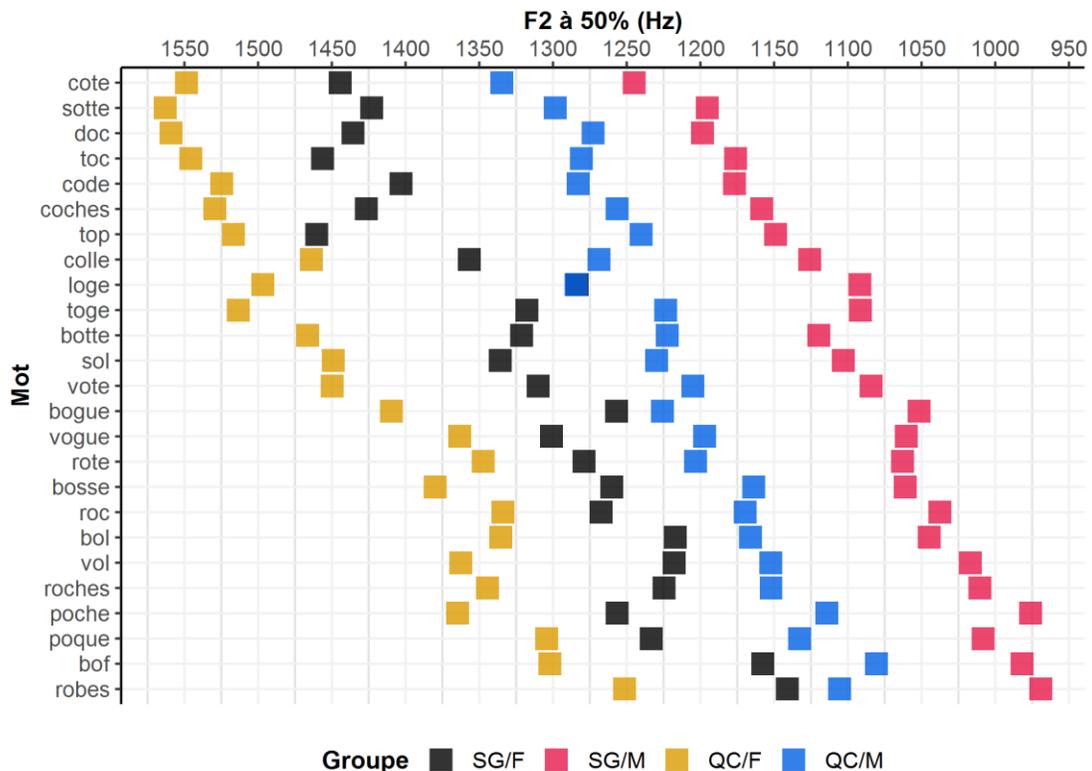


Figure 14 – Valeurs moyennes de F_2 à 50 % de la durée vocalique pour chacun des groupes constitués des croisements des facteurs VILLE et SEXE en fonction du mot - Corpus C10-12

L'ordre des mots est déterminé par le F_2 moyen à 50 % qui caractérise chacun d'eux, sans égard au groupe.

En observant l'étendue des ellipses de dispersion de la Figure 13, présentées dans le Tableau 13⁶³, on note que le groupe des femmes saguenéennes est moins homogène que les autres; les ellipses qui le caractérisent sont systématiquement les plus étendues, et, comme on peut le voir dans la Figure 13, se superposent aux trois autres de façon marquée à 25 et à 50 % de la durée vocalique. Par ailleurs, à 25 % surtout, les occurrences dont le F_1 est extrême (très élevé comme très faible) sont produites par ce groupe. Un autre constat découlant de l'observation du Tableau 13 est que peu importe l'espace acoustique, les ellipses de dispersion apparaissent comme légèrement moins étendues à 50 % de la durée. Ce fait pourrait s'expliquer en partie par l'influence de la coarticulation sur la voyelle, déjà

⁶³ Ces étendues ont été calculées dans le logiciel R à l'aide de la formule suivante : $\pi \times \Delta d_{min} \times \Delta d_{max}$, où Δd_{min} et Δd_{max} correspondent respectivement aux distances la plus petite (le petit rayon) et la plus grande (le grand rayon) entre les points du contour de l'ellipse et son centre, déterminé grâce à la fonction *cov.trob* de la bibliothèque *MASS* (Venables et Ripley, 2002). Le code utilisé est fourni dans l'Annexe 7.

mentionnée par Armstrong et Low (2008), Boula de Mareuil *et al.* (2010) et Mooney (2016) : les mots enregistrés sont tous de type CVC et sont introduits et fermés par une variété de consonnes antérieures, postérieures et labiales.

Groupe	F ₁ × F ₂			F ₂ × F ₃		
	25%	50%	75%	25%	50%	75%
SG/F	127,9	107,9	129,8	512,7	446,1	459,5
QC/F	106,4	86,9	103,8	374,0	270,4	312,9
SG/M	60,2	61,8	87,3	322,7	272,0	315,3
QC/M	60,5	64,6	102,0	348,3	288,4	371,3

Tableau 13 – Étendue (en kHz²) des ellipses de dispersion englobant 95 % des occurrences de chaque combinaison de VILLE et de SEXE dans les espaces F₁ × F₂ et F₂ × F₃ aux trois points de mesure - Corpus C10-12

Dans la Figure 13, quels que soient la VILLE ou le SEXE considérés, les occurrences semblent présenter une antériorisation de 25 à 75 % de la durée vocalique, puisque la fréquence moyenne de F₂ augmente. Cette impression est confirmée par la Figure 15, où l'évolution temporelle moyenne des voyelles dans les espaces F₁ × F₂ et F₂ × F₃ est présentée en fonction du groupe de locuteurs. Le lieu d'articulation des consonnes antéposée et postposée n'est pas pris en compte dans les moyennes. Dans le panneau de droite, sur la dimension de F₂, une antériorisation en cours de production est clairement visible : entre 25 et 75 % de la durée vocalique, la valeur moyenne de la fréquence de F₂ augmente d'au-delà de 100 Hz pour tous les groupes. La plus grande partie de cette augmentation se fait entre 50 et 75 %. C'est chez les femmes de Saguenay que ce mouvement est le plus marqué (autour de 150 Hz d'augmentation du début à la fin de la voyelle). On remarque aussi que la trajectoire moyenne de /ɔ/ en cours de production est similaire d'une ville et d'un sexe à l'autre. L'ampleur du déplacement est un peu plus importante chez les femmes, ce qui peut néanmoins s'expliquer par les fréquences formantiques plus élevées qui caractérisent leurs voyelles. La différence de F₂ associée au facteur VILLE évoquée ci-haut est manifeste sur cette figure, et ce, pour tous les points de mesure. Le rapprochement le plus important s'effectue à 75 % de la durée vocalique chez les femmes, où le F₂ moyen à Chicoutimi s'approche à tout juste moins de 100 Hz de celui de Québec. Quant à la différence d'une ville à l'autre pour chaque point de mesure, elle semble relativement constante.

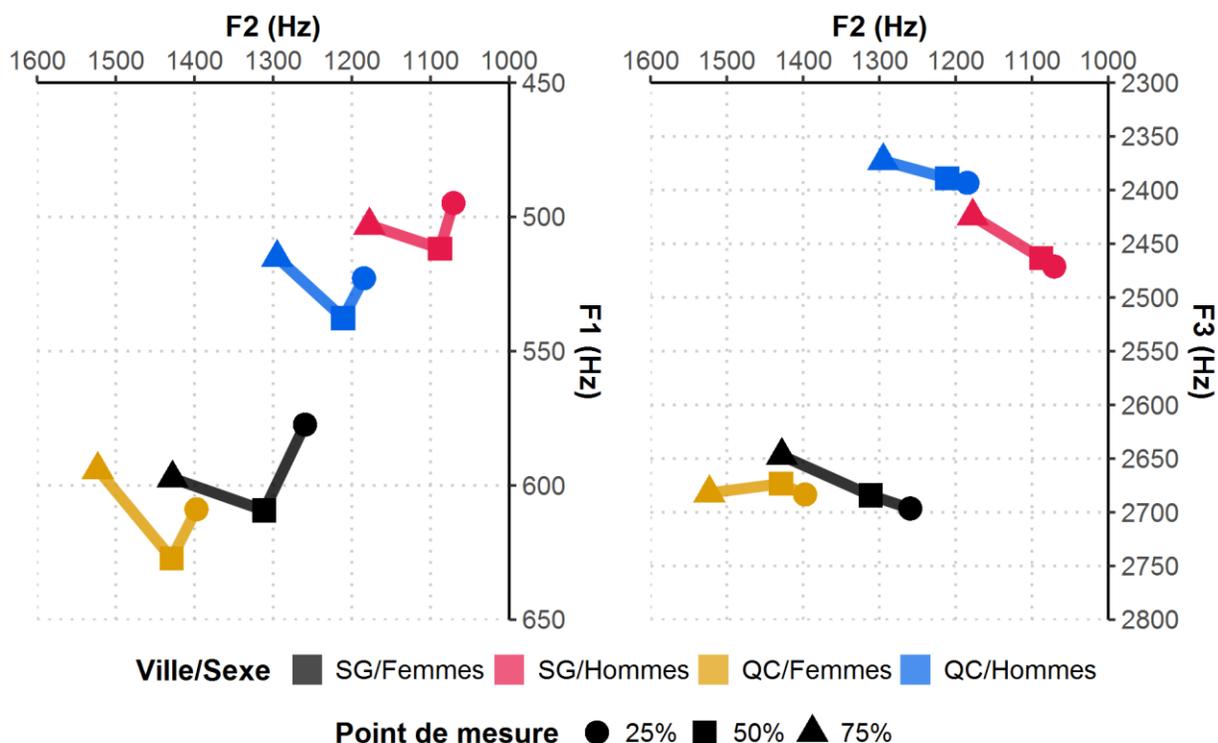


Figure 15 – Trajectoires formantiques moyennes, de 25 à 75 % de la durée vocalique, dans des espaces biformantiques $F_1 \times F_2$ (panneau de gauche) et $F_2 \times F_3$ (panneau de droite) - Corpus C10-12
 Les occurrences sont regroupées en fonction d'un croisement des facteurs SEXE et VILLE.

La légère différence de F_1 remarquée sur la Figure 13 est également visible dans la Figure 15 et semble s'établir autour de 20 à 30 Hz chez les hommes comme chez les femmes⁶⁴. Pour ce qui est de l'évolution de F_1 en cours de production, si l'on compare les moyennes pour ce formant à 25 et à 75 %, on constate une certaine stabilité. Cependant, entre 25 et 50 %, /ɔ/ semble s'ouvrir légèrement chez tous les groupes, pour ensuite se fermer entre 50 et 75 %.

Pour ce qui est de F_3 , l'évolution temporelle semble faible. Là encore, la trajectoire moyenne est semblable d'un groupe à l'autre, avec une diminution de la fréquence moyenne de F_3 de l'ordre de 40 à 50 Hz, entre 25 et 75 % de la durée vocalique. Seules les femmes de Québec produisent des /ɔ/ dont la trajectoire moyenne de F_3 diverge de celle des autres groupes : dans leur cas, F_3 est quasiment stable sur toute la durée de la voyelle.

Une esquisse de l'effet des consonnes adjacentes sur la trajectoire moyenne de /ɔ/ est visible grâce à la Figure 16, qui regroupe les occurrences selon le lieu d'articulation de la consonne antéposée, et à la Figure 17, qui les regroupe selon celui de la consonne postposée. La trajectoire moyenne pour chaque mot est illustrée en arrière-plan sur chaque panneau. L'une et l'autre des consonnes semblent

⁶⁴ Quoique les liens entre l'acoustique et la perception ne soient pas toujours directs, les études classiques sur les variations de fréquences formantiques minimales pouvant être perçues par les humains (*difference limens*, par ex. Flanagan, 1955; Nord et Sventelius, 1979), menées sur des voyelles isolées, indiquent que des modifications de ± 15 Hz autour d'un F_1 de 500 Hz ne sont perceptibles que par 10 à 45 % des sujets, selon l'étude. La différence ici évoquée paraît dès lors relativement minime.

n'avoir que très peu d'influence sur l'évolution temporelle de la fréquence de F_1 , qui suit toujours la même tendance générale d'augmentation entre 25 et 50 % et de diminution entre 50 et 75 %. Il est également difficile de conclure à un effet de coarticulation sur la dimension de F_3 : tout au plus, on constate qu'une consonne postérieure en position postposée semble engendrer une légère diminution de la fréquence de ce formant à 75 % de la durée vocalique.

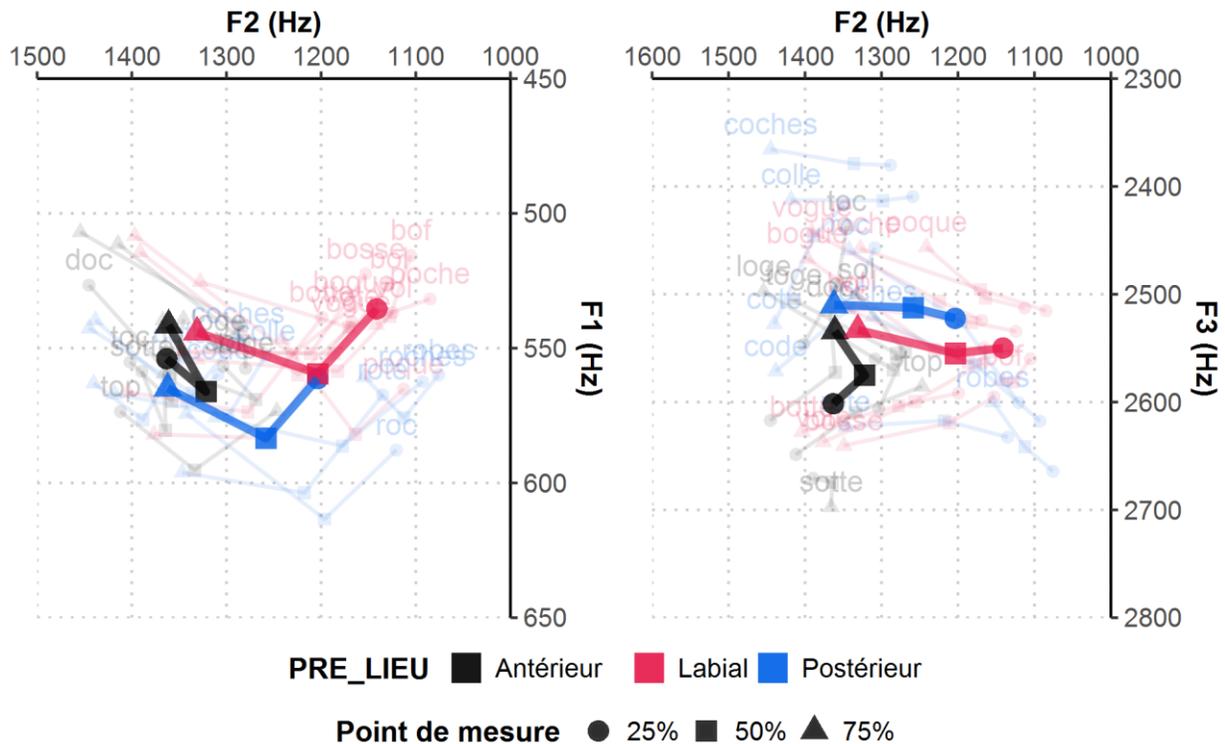


Figure 16 – Trajectoires formantiques moyennes, de 25 à 75 % de la durée vocalique, dans des espaces biformantiques $F_1 \times F_2$ (panneau de gauche) et $F_2 \times F_3$ (panneau de droite) en fonction du lieu d'articulation de la consonne antéposée - Corpus C10-12

Les villes et les sexes sont confondus. Chaque mot apparaît au-dessus de ses valeurs formantiques à 25 % de la durée vocalique.

Les effets les plus intéressants concernent F_2 , ce qui est somme toute attendu, étant donné l'association de cet indice avec la position de la langue (Delattre, 1948) et le fait que celle-ci soit le paramètre physique le plus important associé au lieu d'articulation. À 25 % de la durée vocalique, là où l'influence de la consonne antéposée est possiblement la plus forte, les voyelles précédées de consonnes labiales ou postérieures sont celles dont la fréquence du deuxième formant est la plus basse en moyenne. De façon quelque peu surprenante, ce sont les consonnes labiales, et non les postérieures, qui sont associées au plus bas F_2 . Celui-ci est près de 250 Hz moins élevé que le F_2 moyen à 25 % des occurrences précédées d'une consonne antérieure. Celles-ci sont d'ailleurs les seules pour lesquelles F_2 diminue de 25 à 50 % de la durée vocalique, même si le mouvement est très limité. Fait notable, par ailleurs, il semble que les consonnes postérieures soient scindées en deux groupes, avec d'une part /k/ et de l'autre, /ʁ/. Les quatre mots commençant par cette dernière consonne semblent globalement favoriser une voyelle plus postérieure que les autres. Enfin, l'effet de la consonne

antéposée sur la fréquence de F_2 à 75 % est très faible, ce qui est peu surprenant, puisque la fin de la voyelle est beaucoup plus susceptible d'être affectée par la consonne postposée.

En parallèle, l'effet de la consonne postposée semble minimale à 25 %. Dans la Figure 17, on constate que les consonnes antérieures et postérieures favorisent une antériorisation en cours de production, alors que les consonnes labiales sont plutôt associées à un F_2 qui stagne entre 25, 50 et 75 % de la durée vocalique.

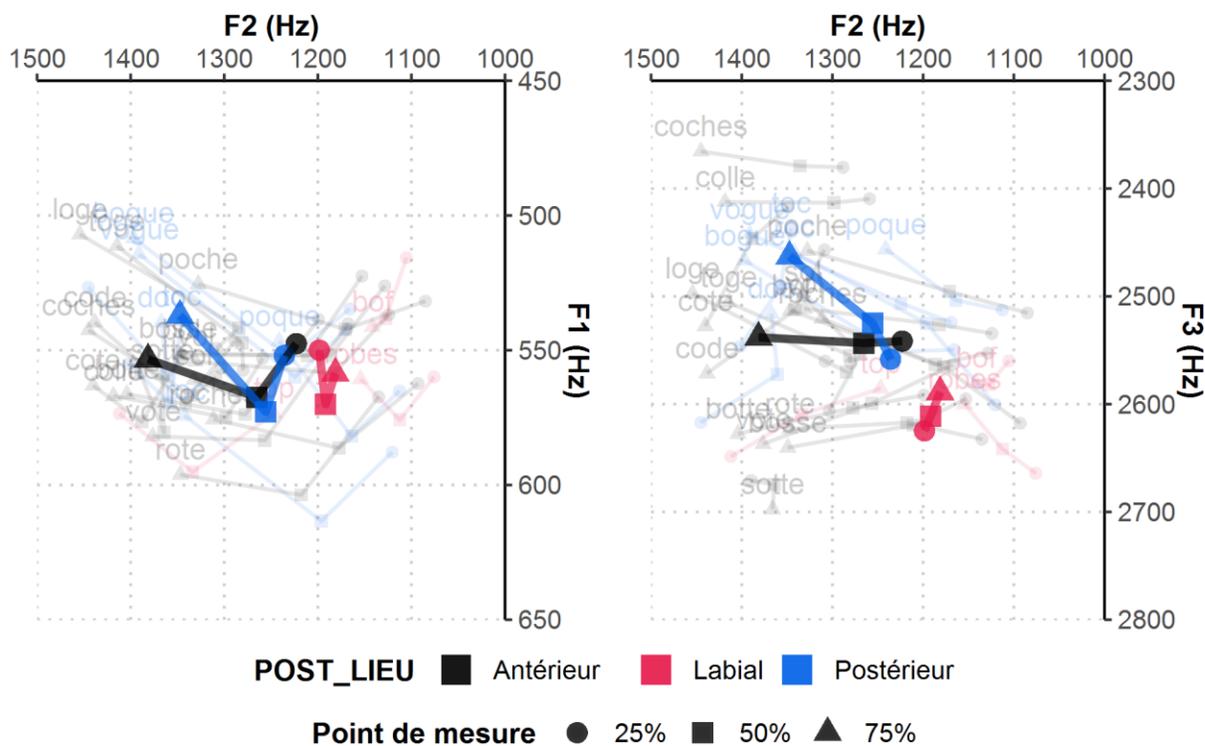


Figure 17 – Trajectoires formantiques moyennes, de 25 à 75 % de la durée vocalique, dans des espaces biformantiques $F_1 \times F_2$ (panneau de gauche) et $F_2 \times F_3$ (panneau de droite) en fonction du lieu d'articulation de la consonne postposée - Corpus C10-12

Les villes et les sexes sont confondus. Chaque mot apparaît au-dessus de ses valeurs formantiques à 75 % de la durée vocalique.

Enfin, il est important de noter que les trajectoires spécifiques de chaque mot sont distribuées dans une aire assez large tant dans l'espace $F_1 \times F_2$ que $F_2 \times F_3$, et ce, sur les deux figures. La prise en compte des constantes aléatoires pour le MOT dans nos modèles statistiques semble d'autant plus pertinente.

En résumé, tous les facteurs retenus (VILLE, SEXE, PRE_LIEU et POST_LIEU) paraissent influencer au moins visuellement la structure acoustique de /ɔ/.

3.1.2. Statistiques

La dynamique exacte des effets est à présent examinée à l'aide des modèles de régression linéaire à effets mixtes. La formule de chaque modèle est explicitée, de même que les résultats de l'ANOVA,

les moyennes marginales estimées (MME) et l'intervalle de confiance (IC) pour chacun des effets qui paraissent significatifs d'après leur valeur de p . Tout comme le résumé complet de chaque modèle, les résultats des comparaisons par paires sont fournis dans l'Annexe 9.

3.1.2.1. F_1

Dans un premier temps, les modèles statistiques utilisés pour examiner la variation de F_1 à 25, 50 et 75 % de la durée vocalique sont présentés.

3.1.2.1.1. 25 %

$$F1_25 \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{PRE_LIEU} + \text{SEXE}:\text{PRE_LIEU} + (1+\text{PRE_LIEU}|\text{LOCUTEUR}) + (1|\text{MOT})$$

Formule 1 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_1 à 25 % de la durée vocalique - Corpus C10-12

L'analyse statistique (voir Formule 1) indique un effet de VILLE ($F(1, 36,999) = 9,49, p = 0,004$) sur F_1 à 25 % de la durée vocalique : les voyelles sont ainsi légèrement plus ouvertes chez les locuteurs de Québec (MME = 567 Hz, IC à 95 % = [553, 581]) que chez ceux de Saguenay (MME = 538 Hz, IC à 95 % = [524, 552]). Une interaction entre SEXE et PRE_LIEU émerge également ($F(2, 37,001) = 5,93, p = 0,006$) : elle est illustrée par la Figure 18.

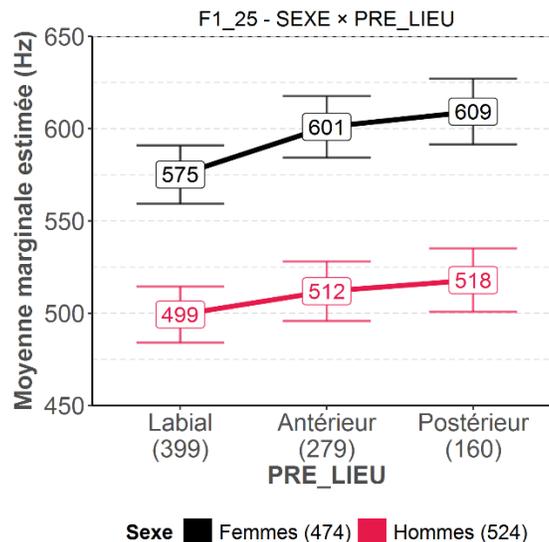


Figure 18 – Moyennes marginales estimées pour F_1 à 25 % de la durée vocalique en fonction de PRE_LIEU et de SEXE - Corpus C10-12

De manière générale, à travers tous les niveaux de PRE_LIEU, les occurrences des femmes ont un F_1 plus élevé que celles des hommes. Par ailleurs, l'ordonnancement de l'effet de PRE_LIEU est semblable chez les deux sexes : les consonnes antéposées antérieures et postérieures n'ont pas d'effet différencié sur l'aperture de la voyelle /ɔ/. Chez les femmes, tant les consonnes antérieures que postérieures sont associées à des valeurs de F_1 plus élevées que les consonnes labiales; chez les hommes, la différence n'est significative qu'entre les consonnes antéposées postérieures et labiales.

3.1.2.1.2. 50 %

$$F1_{50} \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{PRE_LIEU} + \text{SEXE}:\text{PRE_LIEU} + \text{VILLE}:\text{PRE_LIEU} + (1+\text{PRE_LIEU}|\text{LOCUTEUR}) + (1|\text{MOT})$$

Formule 2 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F₁ à 50 % de la durée vocalique - Corpus C10-12

Notre modèle (Formule 2) a permis de faire émerger l'effet de deux interactions sur F₁ à 50 % de la durée vocalique : $\text{VILLE} \times \text{PRE_LIEU}$ ($F(2, 35,994) = 3,061, p = 0,059$) et $\text{SEXE} \times \text{PRE_LIEU}$ ($F(2, 35,997) = 6,147, p = 0,005$). Toutes deux sont présentées dans la Figure 19.

D'abord, le facteur PRE_LIEU, lorsque croisé avec VILLE, n'a d'effet qu'à Saguenay, et ce, d'une façon semblable à ce qu'on a observé à 25 % de la durée vocalique : les voyelles précédées d'une consonne postérieure ont un F₁ en moyenne 27 Hz plus élevé que celles précédées d'une consonne labiale dans cette ville. Par ailleurs, une différence significative de VILLE n'apparaît que lorsque l'on compare les voyelles précédées d'une consonne postérieure à Québec avec celles précédées d'une consonne labiale à Saguenay, les secondes étant légèrement plus fermées (de 49 Hz en moyenne); il n'y a donc pas d'effet global de l'origine géographique. L'interaction entre SEXE et PRE_LIEU dépend du fait que PRE_LIEU n'a pas d'effet chez les hommes. Chez les femmes, les voyelles précédées d'une consonne postérieure ont un F₁ en moyenne 32 Hz plus élevé que celles précédées d'une consonne labiale, différence qui s'avère significative. Comme à 25 % de la durée vocalique, l'effet du SEXE pour chaque lieu d'articulation est encore très net, les femmes produisant des voyelles dont le F₁ est beaucoup plus élevé que celui des voyelles des hommes en toutes circonstances.

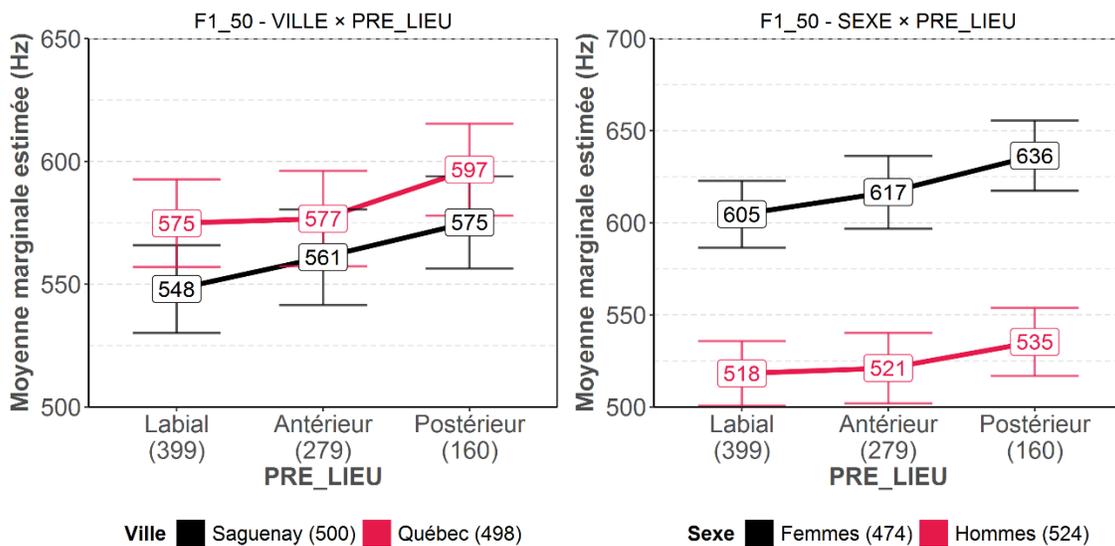


Figure 19 – Moyennes marginales estimées pour F₁ à 50 % de la durée vocalique en fonction de PRE_LIEU et de VILLE (panneau de gauche) et de PRE_LIEU et de SEXE (panneau de droite) - Corpus C10-12

3.1.2.1.3. 75 %

$$F1_75 \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{POST_LIEU} + \text{VILLE:SEXE} + \text{SEXE:POST_LIEU} + \text{VILLE:POST_LIEU} + \text{VILLE:SEXE:POST_LIEU} + (1|\text{POST_LIEU}|\text{LOCUTEUR}) + (1|\text{MOT})$$

Formule 3 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F₁ à 75 % de la durée vocalique - Corpus C10-12

À 75 % de la durée vocalique, l'analyse statistique (Formule 3) révèle que F₁ n'est plus affecté par PRE_LIEU; en revanche, une interaction entre VILLE, SEXE et POST_LIEU ($F(2, 34,973) = 3,04, p = 0,060$) émerge de l'analyse statistique et est illustrée dans la Figure 20.

Ni VILLE, ni POST_LIEU, pris indépendamment, n'affectent F₁ à 75 % de façon importante, comme l'indique la superposition des courbes rouges et noires dans les deux panneaux de la Figure 20. Le seul des trois prédicteurs de cette interaction ayant un effet général est le facteur SEXE : cet effet va dans le même sens qu'à 25 et à 50 % de la durée vocalique, les voyelles produites par les femmes étant caractérisées par un F₁ moyen beaucoup plus élevé que les voyelles produites par les hommes. En fait, l'analyse *post hoc* révèle qu'en pratique, les seules exceptions à la différence de SEXE, à la source de l'interaction, sont des différences « croisées ». Ainsi, il n'existe pas, par exemple, de différence significative de F₁ à 75 % de la durée vocalique pour les voyelles produites par des hommes de Saguenay et précédées de consonnes labiales par rapport aux voyelles produites par les femmes de la même ville, mais précédées de consonnes postérieures.

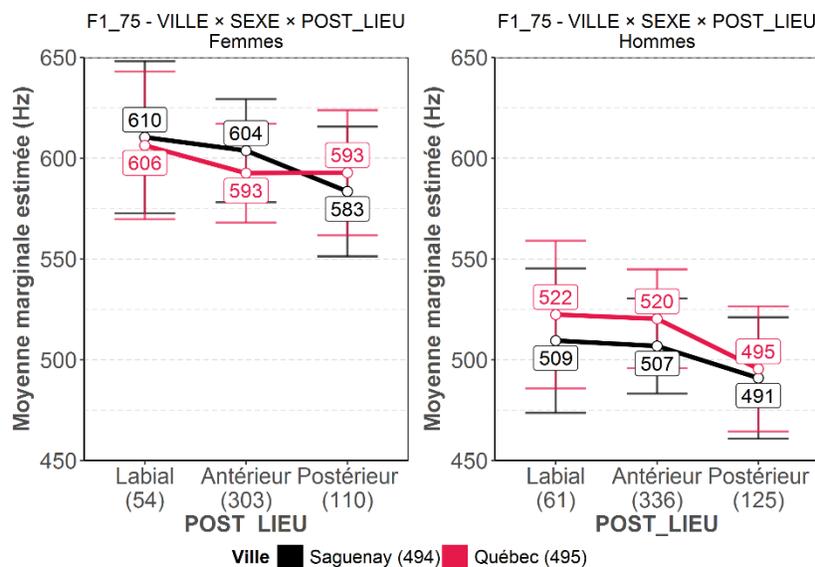


Figure 20 – Moyennes marginales estimées pour F₁ à 75 % de la durée vocalique en fonction de PRE_LIEU, de VILLE et de SEXE (panneau de gauche : femmes, panneau de droite : hommes) - Corpus C10-12

3.1.2.2. F₂

À présent, les modèles statistiques utilisés pour évaluer l'effet des variables indépendantes sur F₂ à 25, 50 et 75 % de la durée vocalique sont présentés.

3.1.2.2.1. 25 %

$$F2_25 \sim VILLE + SEXE + PRE_LIEU + POST_LIEU + SEXE:PRE_LIEU + VILLE:POST_LIEU + (1+PRE_LIEU+POST_LIEU|LOCUTEUR) + (1|MOT)$$

Formule 4 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F₂ à 25 % de la durée vocalique - Corpus C10-12

Le modèle calculé pour F₂ à 25 % de la durée vocalique (Formule 4) indique que le deuxième formant est influencé par deux interactions entre les variables indépendantes testées : VILLE × POST_LIEU ($F(2, 36,829) = 3,746, p = 0,033$) et SEXE × PRE_LIEU ($F(2, 36,867) = 19,09, p < 0,001$).

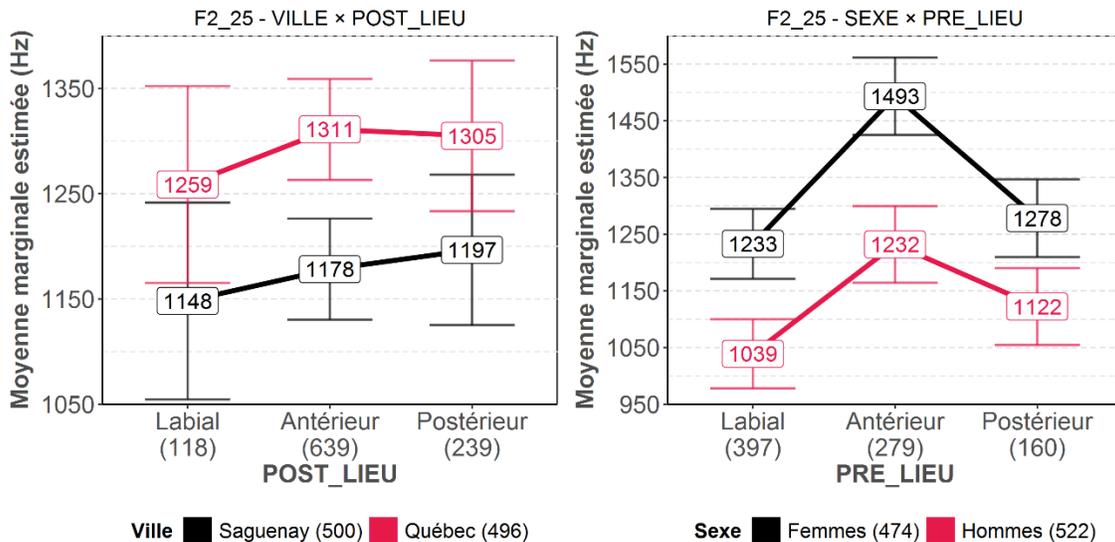


Figure 21 – Moyennes marginales estimées pour F₂ à 25 % de la durée vocalique en fonction de POST_LIEU et de VILLE (panneau de gauche) et de PRE_LIEU et de SEXE (panneau de droite) - Corpus C10-12

Ces interactions sont illustrées par la Figure 21. Comme on peut l'observer dans le panneau de gauche, peu importe la modalité de POST_LIEU, les voyelles des locuteurs de Québec sont systématiquement significativement plus antérieures que celles des locuteurs de Saguenay; il y a donc une différence liée à la VILLE à travers les lieux d'articulation de la consonne postposée. Par ailleurs, dans une ville comme dans l'autre, POST_LIEU n'a pas d'impact sur la fréquence de F₂ à 25 %. L'interaction inclut ce prédicteur en raison d'une différence « croisée » significative existant entre les voyelles suivies d'une consonne antérieure à Québec et celles suivies d'une consonne labiale à Saguenay, les premières présentant un F₂ moyen nettement plus élevé que les secondes.

La seconde interaction, quant à elle, tient au fait que chez les hommes, l'effet sur F₂ à 25 % de la durée vocalique des consonnes antéposées antérieures ne se distingue pas significativement, à un seuil traditionnel de $\alpha = 0,05$, de celui des consonnes antéposées postérieures ($t(22,79) = -2,69, p = 0,075$). Nous rapportons cet effet par rigueur méthodologique, mais il apparaît nettement qu'un patron similaire de l'effet de PRE_LIEU existe chez les locuteurs des deux sexes : les consonnes antéposées antérieures, dans les deux cas, favorisent l'antériorisation de /ɔ/, contrairement aux labiales et aux postérieures, dont l'effet ne se distingue pas. À chaque niveau de PRE_LIEU, une différence de SEXE

se dessine : les voyelles produites par des femmes ont un F₂ moyen plus élevé que celles produites par des hommes.

3.1.2.2.2. 50 %

$$F2_50 \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{PRE_LIEU} + \text{SEXE:PRE_LIEU} + (1+\text{PRE_LIEU}|\text{LOCUTEUR}) + (1|\text{MOT})$$

Formule 5 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F₂ à 50 % de la durée vocale - Corpus C10-12

Le modèle de régression linéaire à effets mixtes retenu est défini par la Formule 5. Son analyse indique que F₂ est influencé par VILLE ($F(1, 37,001) = 92,87, p < 0,001$) : ainsi, à Québec (MME = 1327 Hz, IC à 95 % = [1284, 1369]), les voyelles sont plus antérieures qu'à Saguenay (MME = 1207 Hz, IC à 95 % = [1164, 1249]) d'en moyenne 120 Hz. Comme à 25 %, par ailleurs, une interaction entre SEXE et PRE_LIEU, illustrée par la Figure 22, émerge ($F(2, 37) = 6,23, p = 0,005$); néanmoins, elle ne semble due qu'à des différences « croisées » n'impliquant pas de différence dans le patron de l'effet de PRE_LIEU chez les locuteurs des deux sexes.

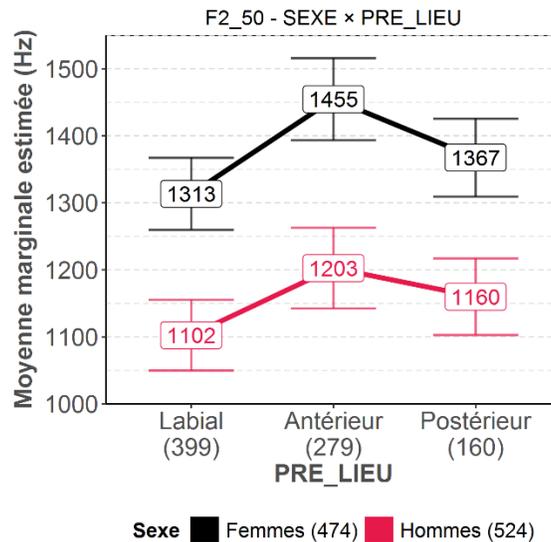


Figure 22 – Moyennes marginales estimées pour F₂ à 50 % de la durée vocale en fonction de PRE_LIEU et de SEXE - Corpus C10-12

Là encore, les différences liées au facteur SEXE sont manifestes et vont dans la même direction qu'à 25 % de la durée vocale. Quant au facteur PRE_LIEU, il semble agir de façon similaire pour les locuteurs des deux sexes : ainsi, les voyelles précédées par des consonnes labiales sont associées à un F₂ moyen significativement moins élevé que celles suivies par des consonnes antérieures. L'effet des consonnes postérieures antéposées, lui, ne se distingue de façon significative ni de celui des consonnes antérieures, ni de celui des consonnes labiales.

3.1.2.2.3. 75 %

$$F2_{75} \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{POST_LIEU} + \text{SEXE:POST_LIEU} + (1 + \text{POST_LIEU} | \text{LOCUTEUR}) + (1 | \text{MOT})$$

Formule 6 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F₂ à 75 % de la durée vocalique - Corpus C10-12

D'après notre analyse statistique (voir Formule 6), F₂, à 75 % de la durée vocalique, est affecté par le facteur VILLE ($F(1, 37,01) = 21,81, p < 0,001$). La relation entre les deux villes est semblable à ce qui a été observé pour les valeurs extraites à 25 et 50 % de la durée vocalique : ainsi, les voyelles sont plus antériorisées à Québec (MME = 1356 Hz, IC à 95 % = [1316, 1396]) qu'à Saguenay (MME = 1261 Hz, IC à 95 % = [1222, 1301]). La différence moyenne de 94 Hz est un peu plus faible que pour les deux autres points de mesure, ce qui indique un mouvement d'antériorisation légèrement plus accentué entre 50 et 75 % à Saguenay qu'à Québec.

L'interaction de SEXE avec POST_LIEU, représentée dans la Figure 23, apparaît également comme un déterminant de la valeur de F₂ en fin de voyelle ($F(2, 36,96) = 3,81, p = 0,031$). Dans ce cas, à nouveau, le patron de l'effet de POST_LIEU sur F₂ semble identique pour les deux sexes et l'interaction, comme les autres du même genre, est due à des différences « croisées » : par exemple, les voyelles suivies de consonnes antérieures ou postérieures ont un F₂ aussi élevé chez les hommes que celles suivies de consonnes labiales chez les femmes.

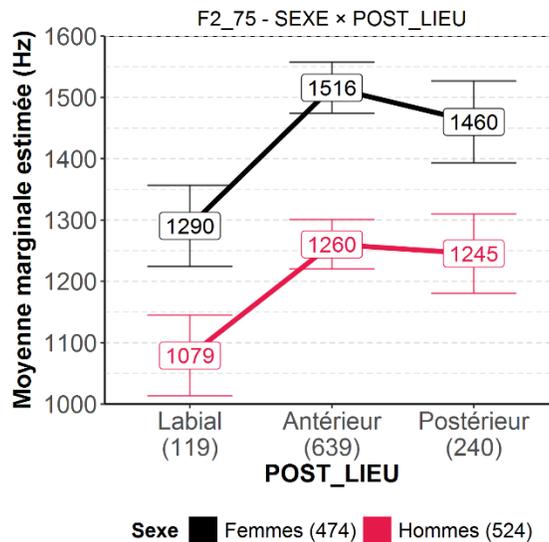


Figure 23 – Moyennes marginales estimées pour F₂ à 75 % de la durée vocalique en fonction de post_lieu et de sexe - Corpus C10-12

Une différence liée au facteur SEXE est évidente à travers tous les lieux d'articulation de la consonne postposée. De même, chez les locuteurs des deux sexes, le facteur POST_LIEU a une influence sur F₂ à 75 %. Ainsi, les labiales sont associées à un F₂ nettement moins élevé que les antérieures et les postérieures. Il n'existe pas de différence marquée entre le F₂ des voyelles suivies par des consonnes antérieures ou postérieures.

3.1.2.3. F₃

Pour conclure ce portrait du corpus C10-12, les modèles statistiques utilisés pour évaluer l'effet des variables indépendantes sur F₃ à 25, 50 et 75 % de la durée vocalique sont maintenant détaillés.

3.1.2.3.1. 25 %

$$F3_25 \sim \text{SEXE} + \text{PRE_LIEU} + \text{SEXE:PRE_LIEU} + (1 + \text{PRE_LIEU} | \text{LOCUTEUR}) + (1 | \text{MOT})$$

Formule 7 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F₃ à 25 % de la durée vocalique - Corpus C10-12

Dans le cas de F₃, aucune influence de VILLE n'est identifiée par l'analyse statistique (Formule 7). Seule une interaction entre SEXE et PRE_LIEU ($F(2, 37,00) = 13,002, p < 0,001$) émerge. Comme l'illustre la Figure 24, l'effet de PRE_LIEU sur F₃ est semblable chez les deux sexes. Il existe une tendance faible ($p = 0,068$) à une différence entre les consonnes antéposées antérieures et postérieures chez les hommes, ces dernières étant associées à un F₃ moins élevé; cet effet ne se retrouve pas chez les femmes. En outre, peu importe le niveau de PRE_LIEU considéré, le facteur SEXE a une influence marquée, les voyelles produites par les femmes ayant un F₃ en moyenne 260 Hz plus élevé que celles produites par les hommes.

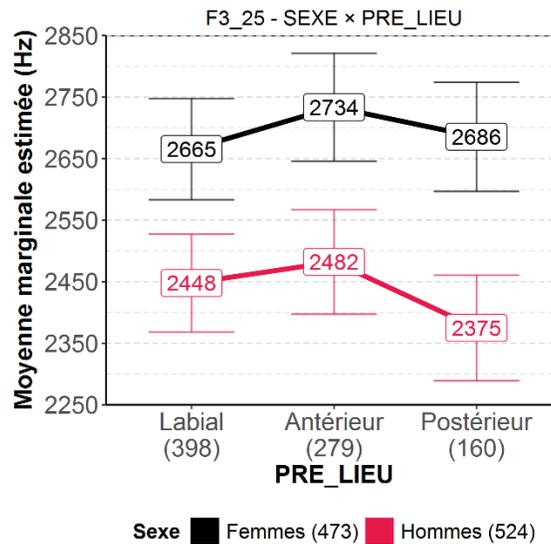


Figure 24 – Moyennes marginales estimées pour F₃ à 25 % de la durée vocalique en fonction de PRE_LIEU et de SEXE - Corpus C10-12

3.1.2.3.2. 50 %

$$F3_50 \sim \text{SEXE} + \text{PRE_LIEU} + \text{SEXE:PRE_LIEU} + (1 + \text{PRE_LIEU} | \text{LOCUTEUR}) + (1 | \text{MOT})$$

Formule 8 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F₃ à 50 % de la durée vocalique - Corpus C10-12

La formule du modèle (Formule 8) est identique à celle utilisée pour F₃ à 25 % : là encore, une interaction entre SEXE et PRE_LIEU influant sur F₃ peut être identifiée ($F(2, 37,002) = 3,42, p = 0,044$).

La structure de cette interaction, présentée dans la Figure 25, est semblable à ce qui a été observé à 25 % de la durée vocalique. Des différences « croisées » semblent en être la cause. Les comparaisons multiples fondées sur des variations de PRE_LIEU seulement indiquent que ce facteur n'a pas d'influence, et ce, chez les locuteurs des deux sexes, sur la fréquence de F₃ à 50 %. Cependant, pour chacun des lieux d'articulation, une différence liée au facteur SEXE est aisément visible.

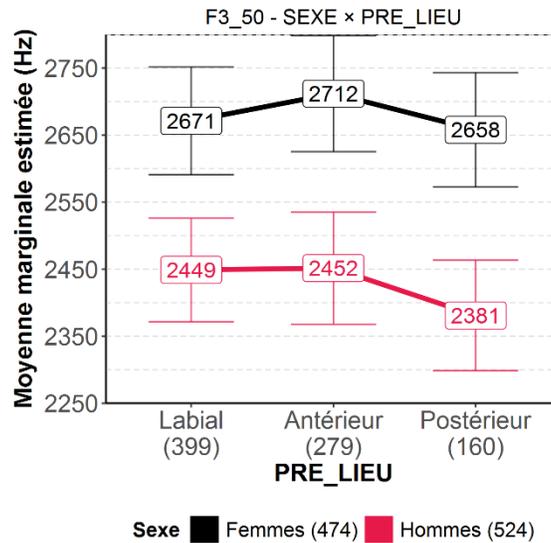


Figure 25 – Moyennes marginales estimées pour F₃ à 50 % de la durée vocalique en fonction de PRE_LIEU et de SEXE - Corpus C10-12

3.1.2.3.3. 75 %

$$F3_{75} \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{PRE_LIEU} + \text{POST_LIEU} + \text{SEXE:PRE_LIEU} + \text{VILLE:POST_LIEU} + (1+\text{PRE_LIEU}+\text{POST_LIEU}|\text{LOCUTEUR}) + (1|\text{MOT})$$

Formule 9 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F₃ à 75 % de la durée vocalique - Corpus C10-12

Le modèle (Formule 9) permet de détecter une interaction significative entre VILLE et POST_LIEU ($F(2, 36,811) = 3,986, p = 0,027$); cependant, les tests *post hoc* indiquent que les différences observées entre les moyennes (représentées dans le panneau de gauche de la Figure 26) sont vraisemblablement dues au hasard. En effet, la valeur de p des comparaisons par paires est systématiquement supérieure à 0,24. Selon nous, cette situation est possiblement causée par la correction de Holm appliquée aux comparaisons par paires. Si l'on observe la représentation de l'interaction, il apparaît en effet qu'aucune différence de VILLE ne semble opérante pour F₃ à 75 % de la durée vocalique : ainsi, les courbes rouge et noire sont très près l'une de l'autre. Cela infirme l'impression que laissait l'inspection de la Figure 13.

Par ailleurs, comme c'était le cas à 25 et à 50 % de la durée vocalique, une interaction entre SEXE et PRE_LIEU ($F(2, 36,945) = 5,286, p = 0,010$) apparaît, mais semble, à nouveau, due à des différences « croisées ». L'observation du panneau de droite de la Figure 26 révèle néanmoins des différences marquées liées au facteur SEXE à chaque niveau de PRE_LIEU, ce qu'appuie l'examen des

comparaisons par paires. Le facteur PRE_LIEU, quant à lui, n'entraîne de variations significatives de F₃ à 75 % ni chez les femmes, ni chez les hommes.

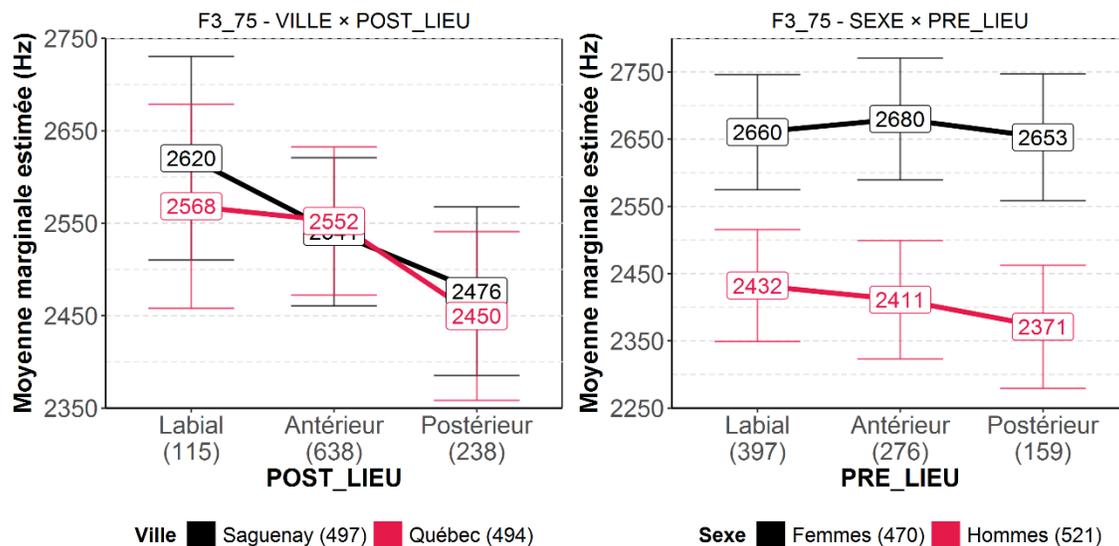


Figure 26 – Moyennes marginales estimées pour F₃ à 75 % de la durée vocalique en fonction de POST_LIEU et de VILLE (panneau de gauche) et de PRE_LIEU et de SEXE (panneau de droite) - Corpus C10-12

3.1.3. Synthèse

L'examen des données descriptives et des analyses statistiques effectuées à partir des données récoltées dans le corpus C10-12 a permis de détecter plusieurs associations entre les facteurs VILLE, SEXE, PRE_LIEU et POST_LIEU et les fréquences formantiques. Celles-ci sont résumées dans le Tableau 14.

Formant	VILLE	SEXE	PRE LIEU / POST LIEU
F ₁	QC > SG (25 %)	F > H	P > L (25 et 50%) A > (P=L) (25%)
F ₂	QC > SG	F > H	A > L (50%) (A=P) > L (75%)
F ₃	Aucun effet.	F > H	A > P (25%)

Tableau 14 – Patrons observés dans les analyses statistiques des fréquences formantiques - Corpus C10-12

Les abréviations utilisées sont détaillées dans la section **Convention et abréviations**. Le symbole '=' indique une égalité statistique, alors que '>' indique une différence significative (par exemple, « F > H » indique que les fréquences formantiques des femmes sont significativement plus élevées que celles des hommes). Les points de mesure temporels sont mentionnés si les effets ne s'appliquent pas sur toute la durée.

Plus en détail, on remarque les tendances suivantes dans les résultats de l'analyse statistique pour le corpus C10-12 :

- > La trajectoire moyenne de /ɔ/ dans les deux espaces acoustiques (F₁ × F₂, F₂ × F₃) est très similaire pour les deux sexes et dans les deux villes considérées. Pour F₁, on remarque un patron ouverture – fermeture dans les deux portions de la voyelle, quoique son amplitude soit

limitée; pour F₂, il se produit une antériorisation notable entre 25 et 75 % de la durée vocalique, qui ne semble contrecarrée que par certains contextes consonantiques (consonne labiale postposée ou consonne antérieure antéposée). Quant à F₃, il est essentiellement stable d'un point de mesure temporel à l'autre.

- > Peu importe le formant et le point de mesure considéré, une différence liée au SEXE (F > H) émerge toujours, ce qui est logique, vu l'effet connu des différences physiologiques entre les hommes et les femmes sur les fréquences formantiques (Simpson, 2009).
- > Le facteur VILLE influence F₁ à 25 % seulement, F₂ à tous les points de mesure temporels (ce formant étant nettement plus élevé à Québec qu'à Saguenay) et n'affecte pas F₃.
- > PRE_LIEU influence légèrement F₁ à 25 et à 50 %, mais POST_LIEU n'a pas d'effet sur ce formant. Par ailleurs, F₃ n'est pour ainsi dire pas influencé par le lieu d'articulation des consonnes adjacentes.
- > F₂ est affecté par PRE_LIEU à 25 et à 50 % de la durée vocalique et par POST_LIEU à 75 %. Dans les deux cas, les consonnes labiales sont associées aux fréquences les plus faibles et les antérieures, aux fréquences les plus élevées.
- > L'effet du lieu d'articulation des consonnes adjacentes sur F₂ est similaire à Québec et à Saguenay, tant chez les hommes que chez les femmes.
- > Dans la majorité des cas, l'effet simple des prédicteurs individuels inclus dans des interactions doubles ou triples est significatif en lui-même.

3.2. Corpus C16-17

Les 2837 occurrences issues du corpus C16-17, analysé ci-après, proviennent de 49 mots et 27 pseudo-mots : *bob*, *bof*, *bogue*, *bol*, *bomme*, *bonne*, *bosse*, *botte*, *coches*, *code*, *colle*, *comme*, *conne*, *coque*, *cosse*, *cote*, *doc*, *dod*, *dogue*, *Dom*, *donne*, *dote*, *folles*, *gobe*, *god*, *gog*, *gomme*, *gonne*, *gothe*, *homme*, *honne*, *hoque*, *hotte*, *koje*, *kop*, *loge*, *mob*, *mode*, *mog*, *mop*, *moque*, *motte*, *nob*, *nod*, *nog*, *nok*, *nop*, *notes*, *ode*, *Paul*, *poche*, *pod*, *pof*, *poje*, *pommes*, *ponne*, *pop*, *poque*, *pote*, *robes*, *roc*, *roches*, *rote*, *sol*, *sothe*, *toc*, *toche*, *tod*, *toge*, *Tom*, *tonnes*, *top*, *totte*, *vogue*, *vol* et *vote* et ont été produites par 38 locuteurs de Saguenay (9 hommes, 10 femmes) et de Lyon (9 hommes, 10 femmes).

Une partie des données de ce corpus ont déjà été analysées dans le cadre d'une publication préliminaire (St-Gelais, Coupé, Pellegrino et Arnaud, 2018), reproduite dans l'**Annexe 2**. Certains passages de la section consacrée à F₂ à 50 % de la durée vocalique (3.2.2.2.2) sont tirés de cette publication, celle-ci ayant porté strictement sur cette variable dépendante.

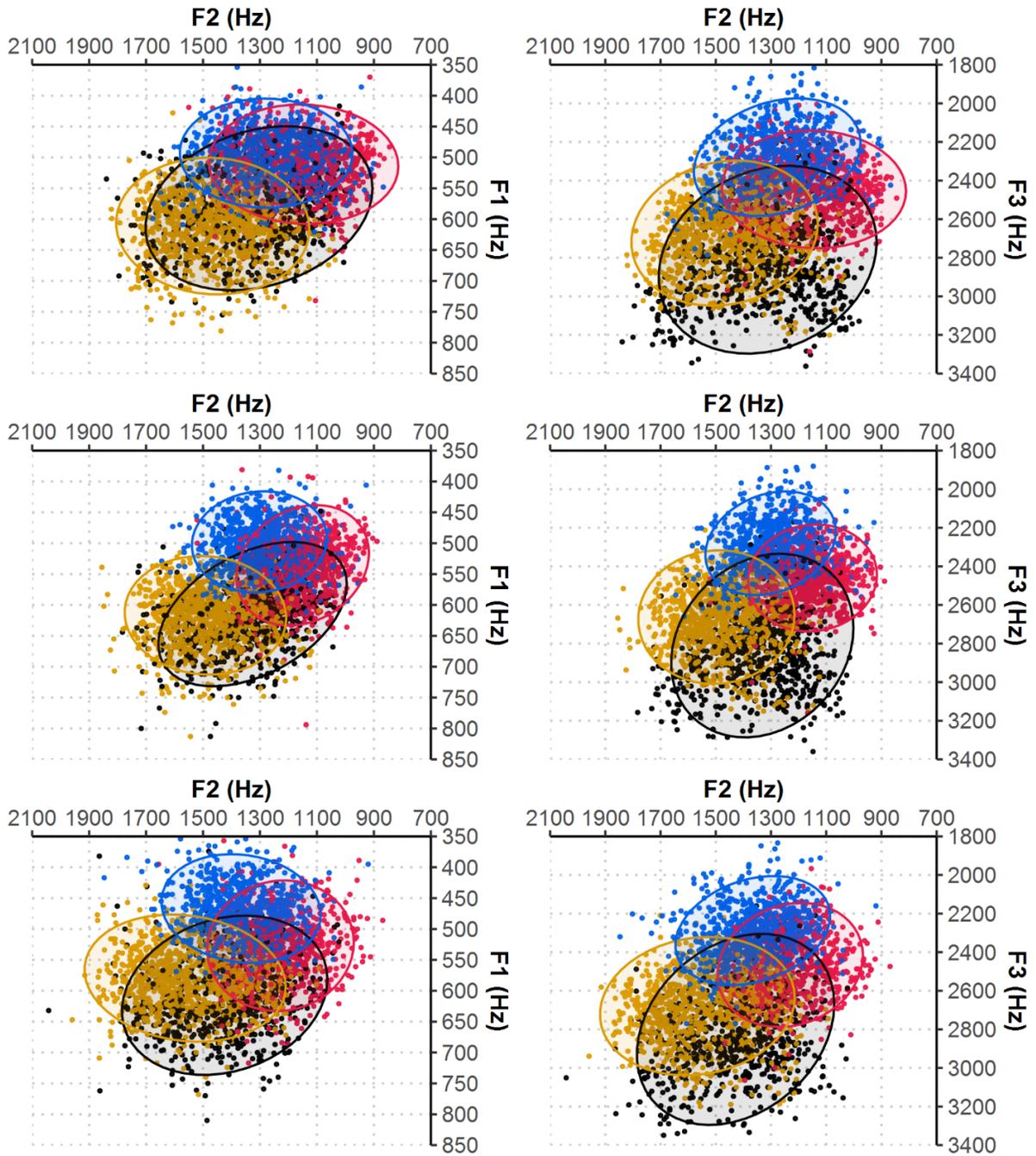
3.2.1. Résultats descriptifs

Les six panneaux de la Figure 27 représentent les occurrences regroupées par le croisement des facteurs SEXE et VILLE. Les moyennes et les écarts-types correspondants sont présentés dans l'**Annexe 10**. F₁ ne semble pas varier de façon notable en fonction de l'origine géographique des participants à 25 % de la durée vocalique; cependant, chez les hommes surtout, à 50 et à 75 %, les

occurrences saguenéennes semblent visuellement légèrement plus ouvertes que les occurrences lyonnaises.

La situation dépeinte par la Figure 27 pour F_2 s'apparente à celle qui a été observée dans la Figure 13 : une nette différence entre Lyon et Saguenay émerge concernant ce formant. En effet, le positionnement des ellipses de dispersion jaunes et bleues, représentant respectivement les femmes et les hommes de Lyon, indique qu'en moyenne, les occurrences produites par les locuteurs français sont plus antérieures. Cette tendance, quoiqu'elle existe déjà à 25 %, semble être plus marquée à 50 et à 75 % de la durée vocalique. L'importance de la différence liée au facteur VILLE semble comparable d'un sexe à l'autre, quel que soit le point de mesure considéré. Elle est telle que sur l'axe de F_2 , les occurrences produites par les hommes de Lyon ont, pour beaucoup, une fréquence du deuxième formant plus élevée que celles produites par les femmes de Saguenay. Pourtant, conformément à la situation observée pour le corpus C10-12, une importante différence dans la valeur de F_1 et de F_2 attribuable au SEXE est manifeste dans chacun des trois panneaux de gauche de la Figure 27, et ce, sur chacun des deux continents.

Dans l'espace acoustique $F_2 \times F_3$, représenté à droite de la Figure 27, il appert que F_3 est influencé à la fois par les facteurs SEXE et VILLE, de façon beaucoup plus nette que dans le corpus C10-12. Chez les locuteurs de chaque SEXE et à travers les trois points de mesure temporels, les voyelles lyonnaises sont caractérisées par une fréquence inférieure du troisième formant.



Ville/Sexe ■ SG/Femmes ■ SG/Hommes ■ LY/Femmes ■ LY/Hommes

Figure 27 – Diagrammes bifurcants $F_1 \times F_2$ (panneaux de gauche) et $F_2 \times F_3$ (panneaux de droite) illustrant la répartition des 2837 occurrences du corpus C16-17 selon les estimations effectuées à 25 % (panneaux du haut), 50 % (panneaux du milieu) et 75 % (panneaux du bas) de la durée vocalique

Les occurrences sont regroupées en fonction d'un croisement des facteurs SEXE et VILLE; chaque regroupement est encerclé d'une ellipse de dispersion englobant 95 % des occurrences le constituant.

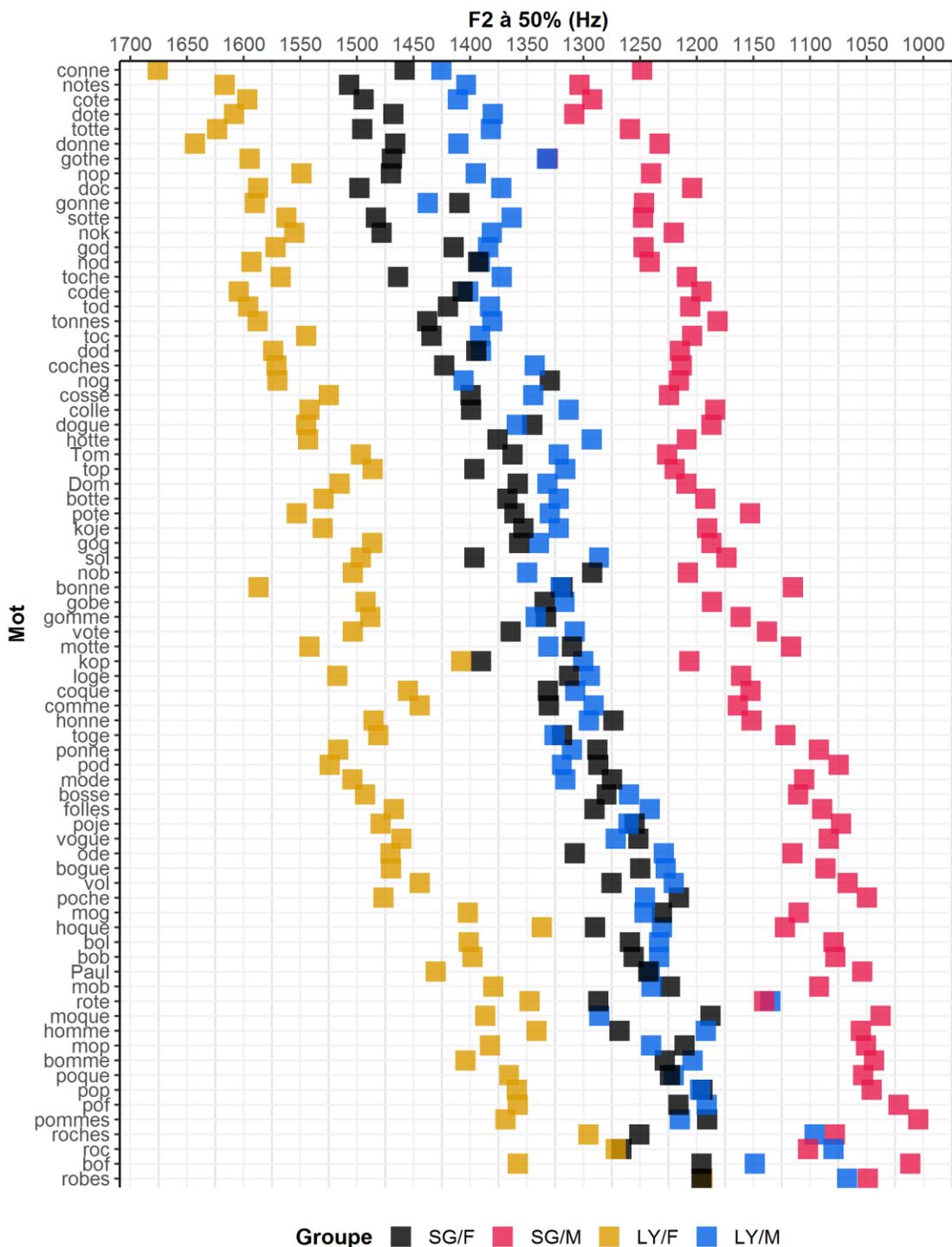


Figure 28 – Valeurs moyennes de F₂ à 50 % de la durée vocalique pour chacun des groupes constitués des croisements des facteurs VILLE et SEXE en fonction du mot - Corpus C16-17

L'ordre des mots est déterminé par le F₂ moyen à 50 % qui caractérise chacun d'eux, sans égard au groupe.

La Figure 28 permet de visualiser plus précisément l'effet de SEXE et de VILLE sur F₂ à 50 % de la durée vocalique. Comme précédemment (voir la Figure 14), elle représente la valeur moyenne de la fréquence du deuxième formant de chaque groupe pour chacun des 76 mots du corpus C16-17.

L'ordonnement des groupes est le même pour presque tous les mots : $LY/F > SG/F \geq LY/M > SG/M$. Dans chaque ville, l'effet de SEXE apparaît nettement. Quant à l'origine géographique, elle paraît avoir dans plusieurs cas une influence qui dépasse l'effet de SEXE ou qui y équivaut. Ainsi, la valeur moyenne de F_2 à 50 % chez les hommes lyonnais est généralement presque égale à celle des femmes saguenéennes, ce qui pointe en direction d'une variation diatopique de forte ampleur. Par ailleurs, à l'instar de ce qui a été observé pour le corpus C10-12, l'ordonnement des mots en fonction du F_2 moyen est globalement cohérent d'un groupe à l'autre, ce qui indique que les patrons observés pour VILLE et SEXE sont valides à travers l'ensemble des unités lexicales étudiées. Enfin, les seuls mots où la différence de VILLE semble peu opérante sont *kop* (chez les femmes seulement), *rote*, *roches*, *roc* et *robes*. Les mots débutant par /ʁ/ semblent donc avoir un comportement spécifique. Pour des raisons d'espace, les graphiques concernant F_2 à 25 et à 75 % de la durée vocalique sont reproduits dans l'Annexe 10 plutôt qu'intégrés au texte, mais ils illustrent des tendances similaires à la Figure 28, y compris en ce qui a trait aux mots commençant par /ʁ/, du moins à 25 % de la durée vocalique.

En outre, l'étendue des ellipses de dispersion des femmes saguenéennes (en noir sur la Figure 27) est importante, comme c'était le cas pour le corpus C10-12. Les locutrices enregistrées en 2016-2017 sont pourtant différentes; il appert donc que la grande variabilité acoustique des occurrences de ce groupe n'est pas due à un effet d'échantillonnage, mais révèle une réelle tendance. Comme l'illustre le Tableau 15⁶⁵, la situation concerne chacun des deux espaces acoustiques considérés. À nouveau et sans surprise à l'égard de ce qui se dessinait lors de l'analyse du corpus C10-12, l'environnement consonantique semble être un déterminant majeur des fréquences formantiques, comme en témoignent les aires plus importantes des ellipses de dispersion à 25 et à 75 % de la durée vocalique, lorsque les voyelles sont en contact plus immédiat avec des consonnes, qu'elles ne le sont à 50 %.

Groupe	$F_1 \times F_2$			$F_2 \times F_3$		
	25%	50%	75%	25%	50%	75%
SG/F	166,5	113,1	147,4	587,1	477,4	531,0
LY/F	122,5	88,6	117,7	392,1	300,9	394,5
SG/M	105,2	71,6	88,1	326,1	199,0	259,5
LY/M	87,9	63,1	79,6	280,9	193,4	240,6

Tableau 15 – Étendue (en kHz²) des ellipses de dispersion englobant 95 % des occurrences de chaque combinaison de VILLE et de SEXE dans les espaces $F_1 \times F_2$ et $F_2 \times F_3$ aux trois points de mesure - Corpus C16-17

⁶⁵ Voir la note de bas de page 63.

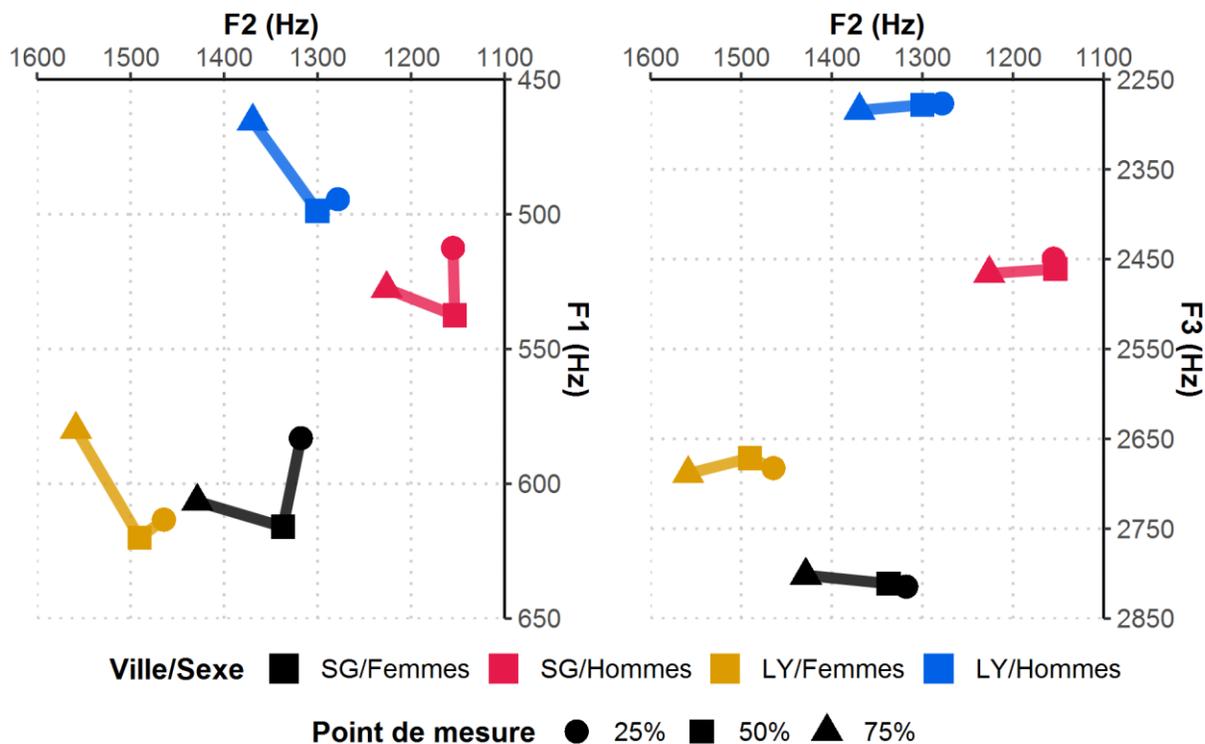


Figure 29 – Trajectoires formantiques moyennes, de 25 à 75 % de la durée vocalique, dans des espaces biformantiques $F_1 \times F_2$ (panneau de gauche) et $F_2 \times F_3$ (panneau de droite) - Corpus C16-17
 Les occurrences sont regroupées en fonction d'un croisement des facteurs SEXE et VILLE.

L'évolution temporelle des formants, quant à elle, est moins homogène sur la Figure 27 que sur la Figure 13, sa corollaire du corpus C10-12, mais il existe néanmoins une légère tendance à l'antériorisation entre 50 et 75 % de la durée vocalique pour l'ensemble des groupes. Un potentiel mouvement entre 25 et 50 % est bien peu évident. Les trajectoires moyennes pour chacun des groupes formés par le croisement des facteurs SEXE et VILLE sont illustrées dans la Figure 29.

Dans l'espace $F_1 \times F_2$, représenté à gauche, il est manifeste que l'antériorisation en cours de production est en effet très limitée entre 25 et 50 % de la durée vocalique, mais s'accroît par la suite, et ce, peu importe la ville ou le sexe considérés. Les valeurs moyennes augmentent d'environ 80 Hz entre les deux derniers points de mesure. Par ailleurs, les différences de SEXE et de VILLE détectées dans les diagrammes biformantiques précédents apparaissent également nettement dans les représentations schématiques de la Figure 29. L'antériorisation en cours de production ne suffit pas à faire atteindre aux voyelles saguenéennes ne serait-ce que la valeur moyenne de F_2 à 25 % à Lyon, et ce, chez les hommes comme chez les femmes.

Pour ce qui est de F_1 , de légères variations temporelles apparaissent aussi, avec un patron différent d'une ville à l'autre. À Saguenay, F_1 augmente jusqu'à 50 % de la durée vocalique, pour ensuite se stabiliser. Le portrait de l'évolution de F_1 et F_2 dans cette ville est visuellement conforme à ce qui a été observé pour le corpus C10-12. À Lyon, en revanche, on ne constate pas de variation de la fréquence du premier formant dans la portion initiale de la voyelle, mais il en existe une dans la

portion finale, alors que, tant chez les hommes que chez les femmes, F_1 augmente d'environ 40 Hz entre 50 et 75 % de la durée vocalique.

Dans le panneau de droite de la Figure 29, qui illustre l'espace $F_2 \times F_3$, il est manifeste que F_3 n'est sujet à pratiquement aucune évolution temporelle d'importance à travers tous les groupes. Néanmoins, là encore, les différences liées aux facteurs VILLE et SEXE sont bien mises en évidence.

Le corpus C16-17 a été conçu avec pour objectif de décrire explicitement l'effet des consonnes adjacentes sur les caractéristiques spectrales de /ɔ/. La Figure 30 regroupe les trajectoires moyennes des voyelles, sans égard aux facteurs SEXE et VILLE, en fonction de PRE_LIEU. Il apparaît nettement dans l'espace $F_1 \times F_2$, à gauche de la figure, que les points représentés par des cercles, qui correspondent aux fréquences formantiques à 25 % de la durée vocalique, sont affectés par le lieu d'articulation de la consonne antéposée. Ces tendances étaient déjà visibles dans le corpus C10-12. Sur F_1 , le changement en cours de production est négligeable lorsqu'il y a une consonne antéposée; en revanche, lorsque celle-ci est absente (PRE_LIEU = « aucun »), on constate un mouvement de fermeture en cours de production, ce qui s'explique possiblement par le passage d'une configuration buccale ouverte, associée à la voyelle, à une constriction associée à la réalisation de la consonne postposée de chacun des mots (Ladefoged et Johnson, 2010 : 14).

Pour ce qui est de F_2 , à l'exception du contexte où une consonne antérieure est antéposée, les voyelles subissent toutes une antériorisation en cours de production. Ce mouvement est particulièrement visible pour les mots où la consonne antéposée est labiale ou pour ceux de structure VC; les trajectoires moyennes des voyelles sur la dimension F_2 dans ces contextes sont pratiquement identiques. À 25 %, la fréquence de ce formant est nettement inférieure à celle qu'on observe pour les voyelles précédées d'une consonne antérieure ou postérieure. Cependant, une précision s'impose : à nouveau, on remarque que les mots commençant par /b/ semblent caractérisés par des voyelles plus postérieures que ceux commençant par /k, g/. Le F_2 moyen des voyelles précédées de consonnes postérieures peut sembler plus élevé que dans le corpus C10-12 (voir Figure 16), mais il s'agit probablement d'un effet de moyenne, puisque le nombre de mots commençant par /k, g/ est plus important dans le corpus C16-17.

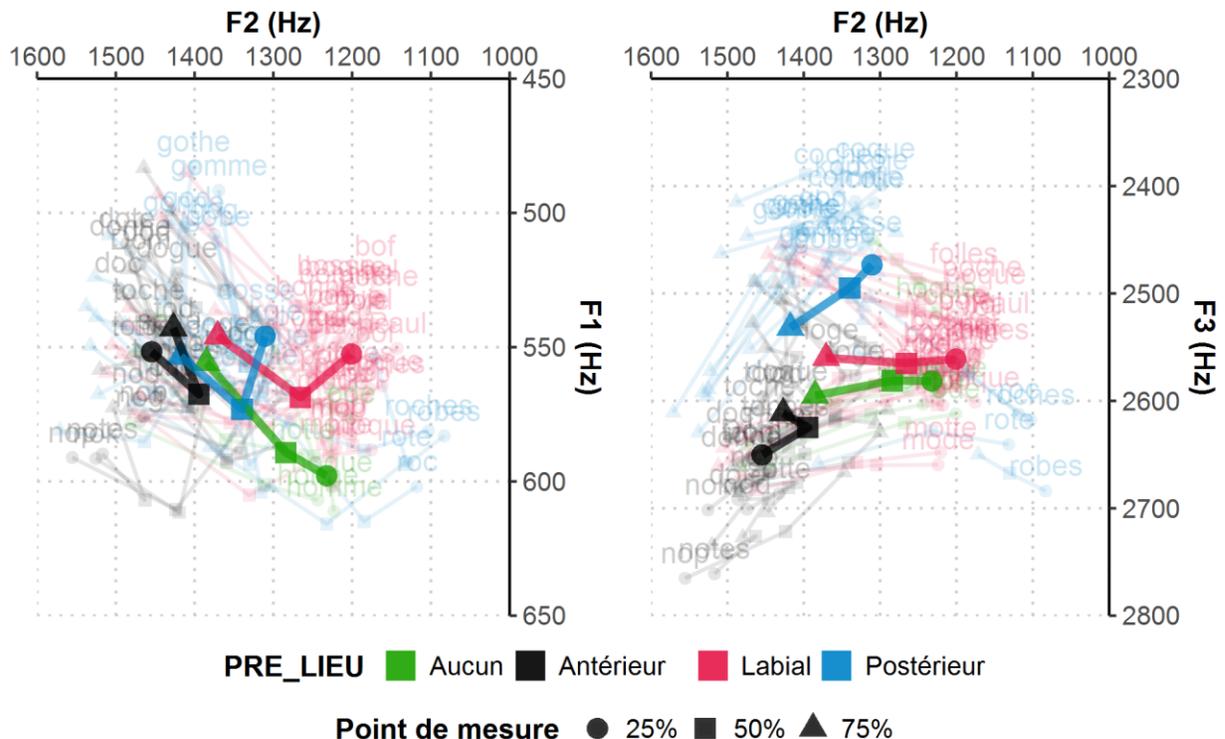


Figure 30 – Trajectoires formantiques moyennes, de 25 à 75 % de la durée vocalique, dans des espaces biformantiques $F_1 \times F_2$ (panneau de gauche) et $F_2 \times F_3$ (panneau de droite) en fonction du lieu d'articulation de la consonne antéposée - Corpus C16-17

Les villes et les sexes sont confondus. Chaque mot apparaît au-dessus de ses valeurs formantiques à 25 %.

Le panneau de droite de la Figure 30 illustre que la fréquence du troisième formant varie très peu entre 25 et 75 % de la durée vocalique pour les mots dont la consonne antéposée est labiale ou qui sont de structure VC. L'évolution temporelle est également négligeable dans le cas où la consonne antéposée a un lieu d'articulation antérieur; on constate par ailleurs tout au plus une légère augmentation de F_3 en cours de production pour le dernier contexte, avec consonne postérieure antéposée.

Les trajectoires moyennes des mots, cette fois regroupés en fonction de POST_LIEU, sont présentées dans la Figure 31. Dans le panneau de gauche, qui illustre l'espace $F_1 \times F_2$, il est possible de voir que le lieu d'articulation de la consonne suivante ne semble pas avoir d'effet marquant sur la fréquence de F_1 et de F_2 à 25 et à 50 % de la durée. Cependant, dans la portion finale de la voyelle, des différences liées à POST_LIEU apparaissent : les consonnes postérieures postposées semblent induire un mouvement de fermeture de la voyelle, contrairement aux autres consonnes. En ce qui concerne F_2 , les voyelles des mots dont la consonne postposée est antérieure sont caractérisées par un fort mouvement d'antériorisation entre 50 et 75 % de la durée; lorsque la consonne postposée est postérieure, là encore, on observe une certaine progression de F_2 pour cette portion de la voyelle. Les mots dont la consonne finale est labiale, quant à eux, ne semblent pas favoriser l'antériorisation. Dans le panneau de droite, il apparaît que F_3 est peu influencé par POST_LIEU. Tout au plus, la fréquence du troisième formant tendrait à diminuer lorsque la voyelle est suivie d'une consonne postérieure.

Comme pour le corpus C10-12, la structure acoustique /ɔ/ semble être influencée, dans l'une ou l'autre de ses composantes, par tous les facteurs examinés (SEXE, VILLE, PRE_LIEU et POST_LIEU). La section suivante présente les modèles de régression linéaire à effets mixtes utilisés pour vérifier la significativité statistique de ces observations visuelles. À nouveau, après que chaque syntaxe aura été fournie, les effets marquants seront décrits en détail. Les résultats complets des modèles et des comparaisons par paires sont fournis dans l'Annexe 11.

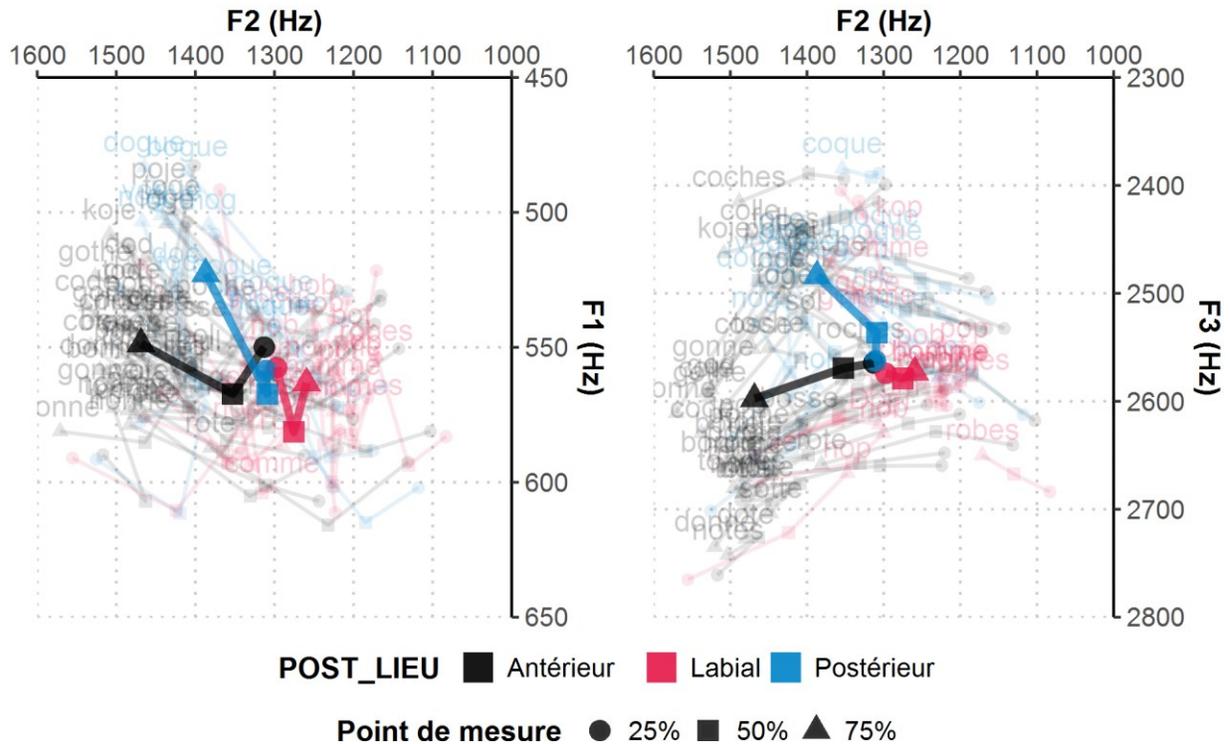


Figure 31 – Trajectoires formantiques moyennes, de 25 à 75 % de la durée vocalique, dans des espaces biformantiques $F_1 \times F_2$ (panneau de gauche) et $F_2 \times F_3$ (panneau de droite) en fonction du lieu d'articulation de la consonne antéposée - Corpus C16-17

Les villes et les sexes sont confondus. Chaque mot apparaît au-dessus de ses valeurs formantiques à 75 %.

3.2.2. Statistiques

3.2.2.1. F_1

La variation du premier formant est examinée dans un premier temps. Les modèles statistiques construits pour F_1 à 25, 50 et 75 % de la durée vocalique sont présentés.

3.2.2.1.1. 25 %

$$F1_{25} \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{PRE_LIEU} + \text{VILLE:SEXE} + \text{SEXE:PRE_LIEU} + (1 + \text{PRE_LIEU} | \text{LOCUTEUR}) + (1 | \text{MOT})$$

Formule 10 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_1 à 25 % de la durée vocalique - Corpus C16-17

Grâce au modèle élaboré à partir de la Formule 10, on observe qu'à 25 % de la durée vocalique, la fréquence du premier formant est influencée par deux interactions; d'une part, entre VILLE et SEXE ($F(1, 34,000) = 4,82, p = 0,035$) et de l'autre, entre SEXE et PRE_LIEU ($F(3, 33,977) = 2,79, p = 0,055$). La première est illustrée dans le panneau de gauche de la Figure 32. Les voyelles produites par les femmes sont caractérisées par un F_1 plus élevé que celles produites par les hommes, et ce, peu importe la catégorie du facteur VILLE. Il existe aussi une faible tendance à une différence de VILLE chez les femmes seulement ($t(34,000) = -2,05, p = 0,096$), celles de Lyon produisant des voyelles légèrement plus ouvertes que celles de Saguenay.

Sur le panneau de droite, on remarque que pour les locuteurs des deux sexes, l'effet sur F_1 à 25 % du lieu d'articulation de la consonne antéposée est presque identique. Comme il était déjà possible de le remarquer sur la Figure 30, les voyelles n'étant précédées d'aucune consonne sont caractérisées par un F_1 plus élevé; chez les femmes, ces voyelles sont significativement plus ouvertes que toutes les autres. La situation est presque parallèle chez les hommes, mais la différence de F_1 entre le contexte avec consonne labiale antéposée et l'absence de consonne antéposée ne constitue qu'une faible tendance ($t(90,38) = 2,48, p = 0,104$).

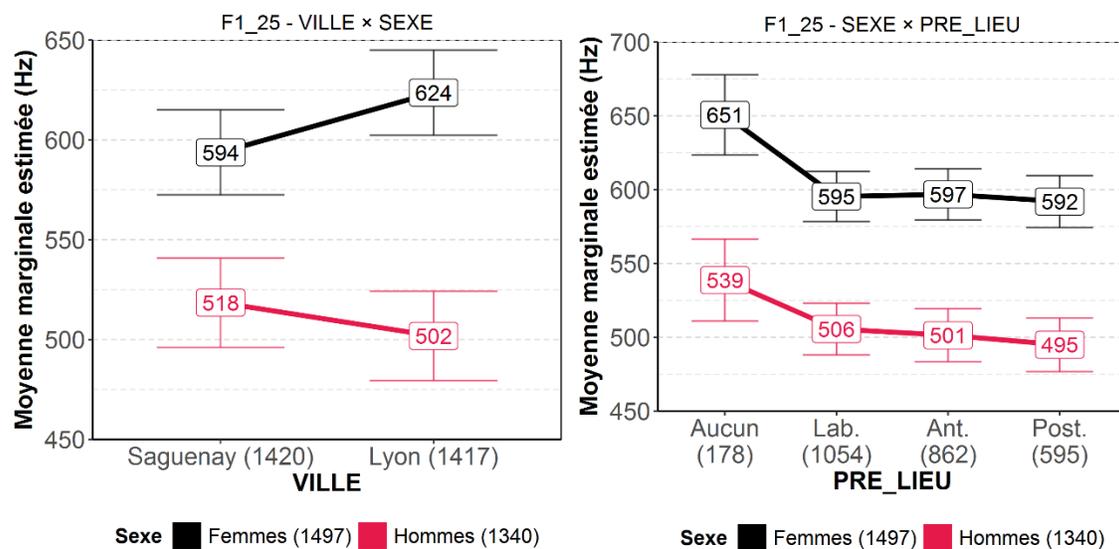


Figure 32 – Moyennes marginales estimées pour F_1 à 25 % de la durée vocalique en fonction de VILLE et de SEXE (panneau de gauche) et de PRE_LIEU et de SEXE (panneau de droite) - Corpus C16-17

3.2.2.1.2. 50 %

$$F1_50 \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{POST_LIEU} + \text{VILLE:SEXE} + \text{SEXE:POST_LIEU} + \text{VILLE:POST_LIEU} + \text{VILLE:SEXE:POST_LIEU} + (1+\text{POST_LIEU}|\text{LOCUTEUR}) + (1|\text{MOT})$$

Formule 11 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé initialement pour F_1 à 50 % de la durée vocalique - Corpus C16-17

La triple interaction VILLE:SEXE:POST_LIEU incluse dans la Formule 11 ne se révèle pas significative après l'exclusion de 31 données influentes⁶⁶. De façon exceptionnelle, nous avons donc effectué une nouvelle sélection de modèle pour éviter l'inclusion de prédicteurs inutiles, ce qui a résulté en le modèle défini par la Formule 12. Le retrait des pentes aléatoires pour POST_LIEU a été rendu nécessaire par le fait que ce prédicteur n'a pas été retenu lors de la sélection de modèle.

$$F1_50 \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{VILLE:SEXE} + (1|\text{LOCUTEUR}) + (1|\text{MOT})$$

Formule 12 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes final retenu pour F₁ à 50 % de la durée vocale - Corpus C16-17

Une interaction double entre VILLE et SEXE émerge à nouveau pour F₁ à 50 % de la durée vocale ($F(1, 34,000) = 4,549, p = 0,040$). En observant la Figure 33, on remarque en effet qu'une différence de F₁ associée à la ville existe chez les hommes, les voyelles lyonnaises étant plus fermées que les voyelles saguenéennes, comme cela semblait être le cas dans la Figure 27. Cet effet n'émerge pas chez les femmes : la tendance s'inverse donc entre 25 et 50 % de la durée. Ici encore, le facteur SEXE engendre des différences très nettes dans les deux villes, allant toujours dans le même sens : les fréquences formantiques des voyelles produites par les femmes sont systématiquement plus élevées.

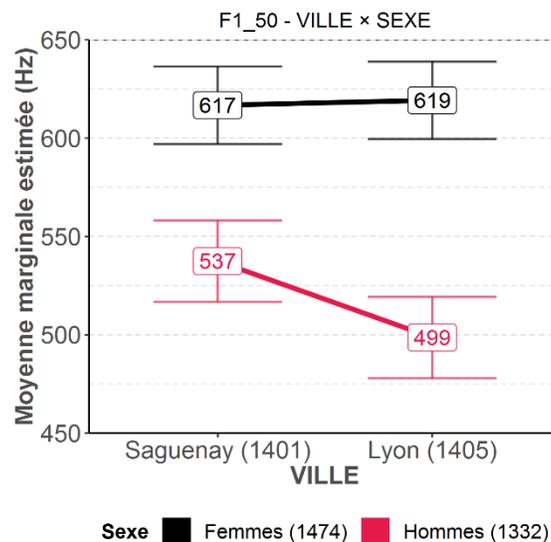


Figure 33 – Moyennes marginales estimées pour F₁ à 50 % de la durée vocale en fonction de VILLE et de SEXE - Corpus C16-17

3.2.2.1.3. 75 %

$$F1_75 \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{POST_LIEU} + \text{VILLE:POST_LIEU} + (1+\text{POST_LIEU}|\text{LOCUTEUR}) + (1|\text{MOT})$$

Formule 13 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F₁ à 75 % de la durée vocale - Corpus C16-17

⁶⁶ Le lecteur est renvoyé à la section 2.2.6.2.3 pour le détail de la procédure utilisée pour l'identification des données influentes.

Le modèle défini par la Formule 13 a permis d'identifier un effet simple de SEXE ($F(1, 34,989) = 108,897, p < 0,001$) et une interaction double entre VILLE et POST_LIEU ($F(2, 35,002) = 3,908, p = 0,029$), cette dernière étant représentée dans la Figure 34. D'abord, l'effet de SEXE est équivalent à celui qui a été détecté aux autres points de mesure pour F_1 (femmes : MME = 592 Hz, IC à 95 % = [577, 607]; hommes : MME = 492 Hz, IC à 95 % = [477, 508]). Par ailleurs, bien que le patron de l'effet de POST_LIEU soit fort semblable d'une ville à l'autre, l'interaction semble associée à l'absence de distinction significative de F_1 , à Saguenay, pour les voyelles suivies de consonnes labiales et de consonnes antérieures ($t(89,16) = -1,19, p = 0,472$). À Lyon, tous les niveaux de POST_LIEU sont associées à des valeurs moyennes de F_1 significativement différentes les unes des autres. Dans les deux villes, ce sont les voyelles suivies de consonnes postérieures qui sont les plus fermées. Par ailleurs, à travers tous les lieux d'articulation, une différence liée au facteur VILLE est détectable, les voyelles lyonnaises se caractérisant par une fréquence moyenne du premier formant en moyenne 35 à 50 Hz plus basse que celle des voyelles saguenéennes.

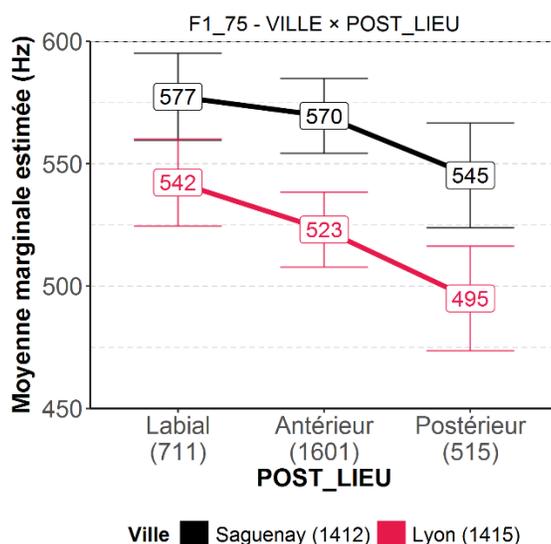


Figure 34 – Moyennes marginales estimées pour F_1 à 75 % de la durée vocalique en fonction de VILLE et de POST_LIEU - Corpus C16-17

3.2.2.2. F_2

Cette section est consacrée à la présentation des modèles statistiques élaborés pour explorer la variation de F_2 en fonction des variables explicatives VILLE, SEXE, PRE_LIEU et POST_LIEU dans le corpus C16-17.

3.2.2.2.1. 25 %

$$F2_{25} \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{PRE_LIEU} + \text{POST_LIEU} + \text{VILLE:PRE_LIEU} + \text{SEXE:PRE_LIEU} + \text{SEXE:POST_LIEU} + (1+\text{PRE_LIEU}+\text{POST_LIEU}|\text{LOCUTEUR}) + (1|\text{MOT})$$

Formule 14 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_2 à 25 % de la durée vocalique - Corpus C16-17

Deux interactions, d'une part entre SEXE et PRE_LIEU ($F(3, 32,961) = 7,638, p < 0,001$), de l'autre entre VILLE et PRE_LIEU ($F(3, 33,060) = 22,317, p < 0,001$), caractérisent l'analyse de F_2 à 25 % de la durée vocalique (voir la Formule 14).

La première, représentée dans le panneau de gauche de la Figure 35, émerge à cause de différences « croisées »; par exemple, au début de la voyelle, le F_2 moyen des /ɔ/ précédés de consonnes postérieures produits par des femmes ne se distingue pas de celui des /ɔ/ précédés de consonnes antérieures chez les hommes. Pour chaque sexe, l'effet de PRE_LIEU est le même : ainsi, les consonnes antérieures antéposées sont associées au F_2 à 25 % le plus élevé et les consonnes labiales, à des voyelles plus postérieures. Les consonnes postérieures antéposées favorisent également des voyelles plus postérieures que les consonnes antérieures, mais plus antérieures que les consonnes labiales. Il n'existe en outre pas de différence significative de F_2 moyen entre /ɔ/ dans un contexte sans consonne antéposée et, d'une part, /ɔ/ précédé par une consonne postérieure, de l'autre, /ɔ/ précédé par une consonne labiale. Enfin, à travers les niveaux de PRE_LIEU se dessine une différence d'ordre sexuel allant dans le même sens que les précédentes, F_2 étant plus élevé chez les femmes que chez les hommes.

L'interaction VILLE \times PRE_LIEU, représentée dans le panneau de droite de la Figure 35, découle des différences « croisées ». L'effet de PRE_LIEU, équivalent dans les deux villes, est identique à celui qui se dessine dans le panneau de gauche de la Figure 35 : ainsi, les différences entre les contextes sont les mêmes que mentionnées ci-haut. Par ailleurs, peu importe le niveau de PRE_LIEU considéré, les /ɔ/ lyonnais (MME = 1348 Hz, IC à 95 % = [1310, 1386]) sont systématiquement plus antérieurs que les /ɔ/ saguenéens (MME = 1239 Hz, IC à 95 % = [1201, 1277]). Soulignons que c'est dans le contexte d'une consonne labiale antéposée que les /ɔ/ lyonnais sont les plus antériorisés par rapport aux /ɔ/ saguenéens (différence moyenne de 168 Hz).

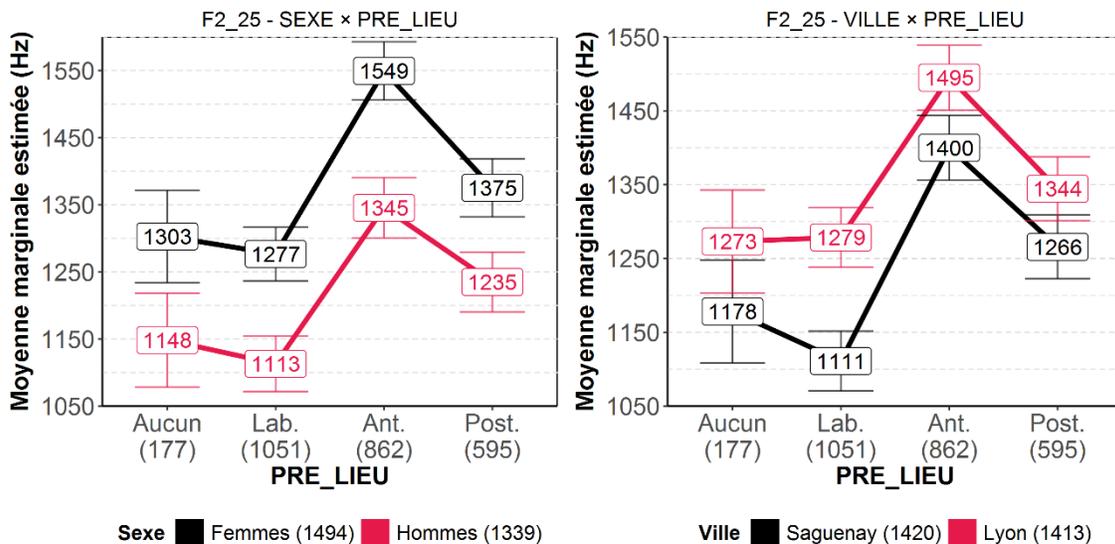


Figure 35 – Moyennes marginales estimées pour F_2 à 25 % de la durée vocalique en fonction de SEXE et de PRE_LIEU (panneau de gauche) et de VILLE et de PRE_LIEU (panneau de droite) - Corpus C16-17

3.2.2.2.2. 50 %

$$F2_{50} \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{PRE_LIEU} + \text{POST_LIEU} + \text{VILLE:PRE_LIEU} + \text{SEXE:POST_LIEU} + \text{VILLE:POST_LIEU} + (1 + \text{PRE_LIEU} + \text{POST_LIEU} | \text{LOCUTEUR}) + (1 | \text{MOT})$$

Formule 15 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F₂ à 50 % de la durée vocalique - Corpus C16-17

Comme mentionné au début de la section 3.2, les résultats pour le modèle de régression linéaire à effets mixtes élaboré pour F₂ à 50 % de la durée vocalique (Formule 15) ont déjà fait l'objet d'une publication préliminaire (St-Gelais *et al.*, 2018; voir l'Annexe 2). Les tendances ci-après rapportées comportent une différence avec celles discutées dans cette étude : une interaction significative entre VILLE et POST_LIEU, qui a émergé de la première analyse effectuée dans St-Gelais *et al.* (2018), n'est pas identifiée dans la présente réanalyse. Même si les données initiales et le modèle sont identiques, nous avons choisi un critère plus serré pour l'exclusion des données influentes : ainsi, dans la première analyse, 5 occurrences ont été rejetées en raison de leur influence sur le modèle, alors que ce nombre est passé à 15 pour la présente réanalyse. Cette différence s'explique par le fait que, comme mentionné dans la section 2.2.6.2.3, nous avons considéré comme potentiellement influentes les données dont les résidus se situaient dans les 5 % extrêmes de la distribution; or, ce seuil était plutôt de 1 % dans l'analyse originale. Davantage d'occurrences ont donc été identifiées par ce procédé, ce qui a augmenté le bassin des points de données pouvant être considérés comme influents selon deux des trois critères auxquels nous avons eu recours.

Néanmoins, deux interactions doubles significatives sont mises au jour : SEXE × POST_LIEU et VILLE × PRE_LIEU. En premier lieu, l'effet de POST_LIEU sur F₂ diffère en fonction de SEXE ($F(2, 33,979) = 6,094, p = 0,005$); cette relation est illustrée dans le panneau de gauche de la Figure 36. Ici encore, F₂ est nettement plus élevé chez les femmes, et ce, indépendamment du lieu d'articulation de la consonne postposée. Cependant, chez les femmes, les voyelles présentent un F₂ significativement plus élevé lorsqu'elles sont suivies de consonnes antérieures que lorsqu'elles sont suivies de consonnes postérieures ou labiales, ces dernières ne présentant pas d'effet différencié. Chez les hommes, une différence significative existe entre consonnes antérieures et consonnes labiales, mais l'effet des consonnes postérieures ne se différencie pas de celui des autres consonnes.

La deuxième interaction indique que l'effet de PRE_LIEU n'est pas identique dans chaque VILLE ($F(3, 34,083) = 16,303, p < 0,001$). L'ordonnancement des effets du lieu d'articulation de la consonne antéposée est similaire dans les deux villes : F₂ est significativement plus élevé après les consonnes antérieures qu'après les labiales ou lorsqu'il n'y a pas de consonne antéposée. L'effet de ces deux derniers contextes n'est pas différencié. La différence entre les villes, source de l'interaction, tient aux consonnes postérieures antéposées. À Lyon, dans ce contexte, F₂ ne diffère pas de celui des voyelles précédées par des consonnes labiales ou sans consonne antéposée, mais est significativement différent de celui des voyelles précédées par des consonnes antérieures. À l'inverse, à Saguenay, l'effet des consonnes postérieures ne se distingue pas de celui des consonnes antérieures, mais se différencie statistiquement de celui des consonnes labiales. Globalement, l'effet du lieu d'articulation de la consonne antéposée au point milieu de la voyelle s'apparente à celui observé à 25 % de la durée

vocalique. Enfin, peu importe le contexte consonantique, le facteur VILLE est associé à des différences conformes aux résultats rapportés dans la section 3.2.2.2.1. Ainsi, les voyelles lyonnaises (MME = 1373 Hz, IC à 95 % = [1336, 1409]) ont un F₂ en moyenne 136 Hz plus élevé que celui des voyelles saguenéennes (MME = 1237 Hz, IC à 95 % = [1201, 1273]).

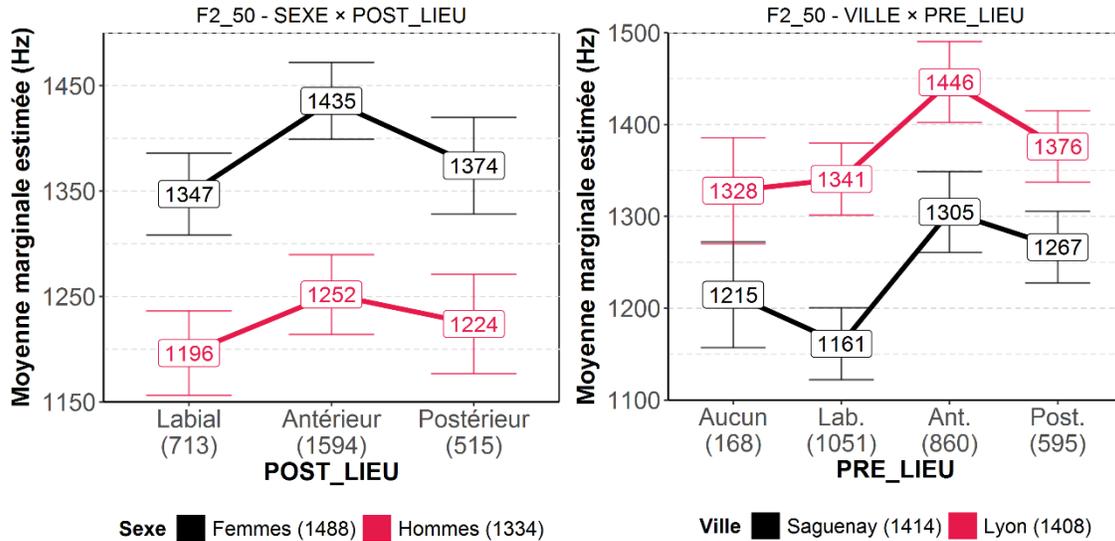


Figure 36 – Moyennes marginales estimées pour F₂ à 50 % de la durée vocalique en fonction de SEXE et de POST_LIEU (panneau de gauche) et de VILLE et de PRE_LIEU (panneau de droite) - Corpus C16-17

3.2.2.2.3. 75 %

$$F2_{75} \sim VILLE + SEXE + PRE_LIEU + POST_LIEU + VILLE:SEXE + VILLE:PRE_LIEU + VILLE:POST_LIEU + SEXE:POST_LIEU + VILLE:SEXE:POST_LIEU + (1+PRE_LIEU+POST_LIEU|LOCUTEUR) + (1|MOT)$$

Formule 16 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F₂ à 75 % de la durée vocalique - Corpus C16-17

À 75 % de la durée vocalique, le modèle défini par la Formule 16 indique que la fréquence de F₂ est influencée par une double interaction entre VILLE et PRE_LIEU ($F(3, 34,010) = 11,070, p < 0,001$) et par une triple interaction entre VILLE, SEXE et POST_LIEU ($F(2, 33,000) = 3,42, p = 0,045$).

De prime abord, il peut sembler quelque peu contre-intuitif que le lieu d'articulation de la consonne antéposée ait encore une influence sur l'antériorité de la voyelle à 75 % de sa durée. Néanmoins, l'effet de PRE_LIEU modulé par VILLE, présenté dans la Figure 37, quoiqu'il suive la même tendance générale à Lyon et à Saguenay, n'est significatif que dans cette dernière, et a somme toute une portée limitée. En effet, les consonnes labiales antéposées sont associées à un F₂ à 75 % plus bas que les antérieures et les postérieures, ces dernières ne se différenciant pas dans leur effet, mais l'ampleur de la différence (entre 50 et 60 Hz) est minime, étant donné les intervalles de confiance.

La Figure 38 présente quant à elle la structure de la triple interaction mentionnée précédemment. D'un panneau à l'autre, si l'on n'observe que la courbe noire des locuteurs saguenéens, aucune différence saisissante dans l'effet de POST_LIEU en fonction du facteur SEXE n'émerge; chez les

hommes comme chez les femmes, c'est lorsque /ɔ/ est suivi de consonnes antérieures ou postérieures, ces contextes ne se différenciant pas de manière probante, que F_2 est le plus élevé à 75 % de la durée vocalique. Les consonnes labiales postposées, quant à elles, favorisent à nouveau des voyelles plus postérieures. À Lyon, ce fait est valable tant chez les femmes que chez les hommes. Cependant, il y existe une différence d'ordre sexuel dans l'effet des consonnes antérieures postposées : chez les femmes, celui-ci se distingue de l'effet des consonnes postérieures, ce qui n'est pas le cas chez les hommes. En fonction de ce qui a été précédemment expliqué concernant l'effet des consonnes postposées et de la courbe des hommes saguenéens, il appert que c'est le contexte dans lequel /ɔ/ est suivi d'une consonne postérieure qui a un effet inattendu chez les hommes lyonnais, puisqu'il n'est pas associé à des voyelles acoustiquement plus canoniques.

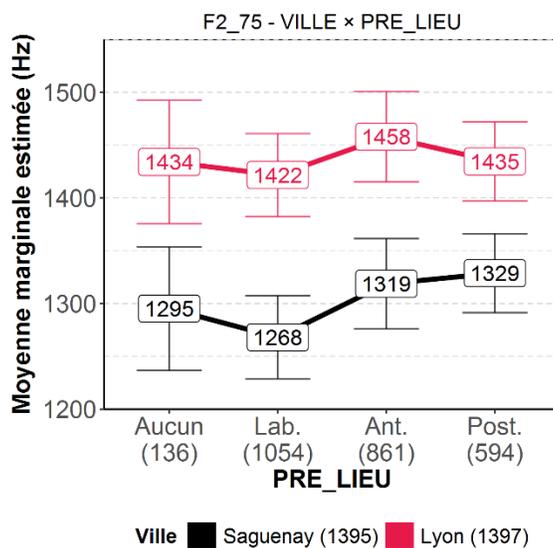


Figure 37 – Moyennes marginales estimées pour F_2 à 75 % de la durée vocalique en fonction de VILLE et de PRE_LIEU - Corpus C16-17

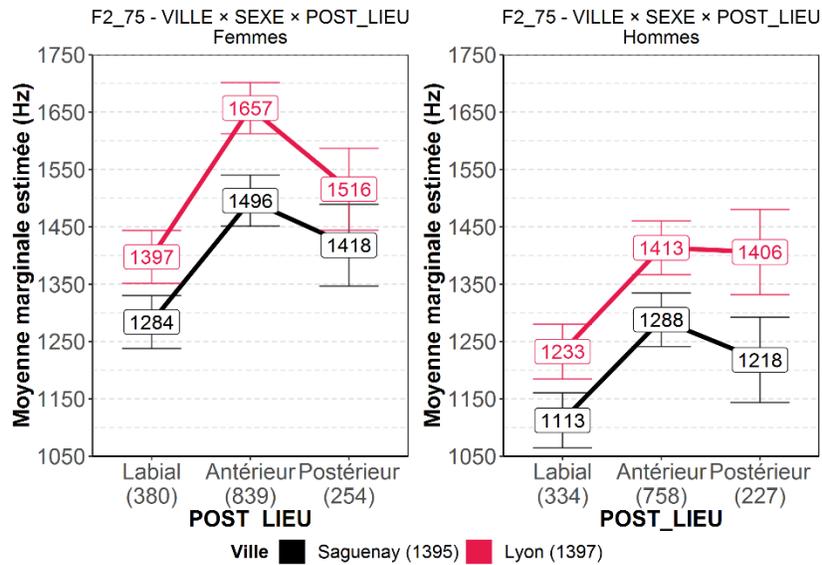


Figure 38 – Moyennes marginales estimées pour F₂ à 75 % de la durée vocalique en fonction de POST_LIEU, de VILLE et de SEXE (panneau de gauche : femmes, panneau de droite : hommes) - Corpus C16-17

Des différences significatives liées au facteur VILLE peuvent être observées dans presque tous les contextes et se manifestent par l'écart presque constant entre les courbes rouges et noires sur la Figure 38; elles varient de 113 à 188 Hz. Cependant, le cas des consonnes postérieures postposées chez les femmes fait exception, et la différence de 98 Hz entre Saguenay et Lyon dans ce contexte ne s'avère pas significative.

Par ailleurs, à l'exception du contexte d'une consonne postérieure postposée à Lyon, pour des raisons mentionnées ci-haut, F₂ à 75 % est affecté par SEXE, dans la direction habituelle, à travers tous les niveaux de POST_LIEU dans les deux villes.

3.2.2.3. F₃

Les variations de la fréquence du troisième formant de /ɔ/ sont à présent examinées à l'aide de modèles de régression linéaire à effets mixtes.

3.2.2.3.1. 25 %

$$F3_25 \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{PRE_LIEU} + \text{VILLE:PRE_LIEU} + (1 + \text{PRE_LIEU} | \text{LOCUTEUR}) + (1 | \text{MOT})$$

Formule 17 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F₃ à 25 % de la durée vocalique - Corpus C16-17

À 25 % de la durée vocalique, F₃ varie, sans surprise, en fonction du SEXE ($F(1, 35,000) = 81,783$, $p < 0,001$); ainsi, les voyelles des femmes (MME = 2751 Hz, IC à 95 % = [2690, 2812]) sont caractérisées par un F₃ en moyenne 391 Hz plus élevé que celles des hommes (MME = 2360 Hz, IC à 95 % = [2296, 2424]).

Le modèle défini par la Formule 17 permet également de faire apparaître une interaction entre VILLE et PRE_LIEU ($F(3, 34,09) = 3,381, p = 0,029$), présentée dans la Figure 39. L'effet du lieu d'articulation de la consonne antéposée est légèrement différent d'une ville à l'autre. À Saguenay, seules les consonnes postérieures ont un effet marqué sur F_3 , celles-ci l'abaissant de façon significative par rapport aux trois autres contextes, qui ne se distinguent pas. À Lyon, les consonnes postérieures ont le même effet, mais de surcroît, les antérieures sont associées à un F_3 sensiblement plus élevé que les labiales. Par ailleurs, à travers tous les niveaux de PRE_LIEU, une différence significative liée au facteur VILLE émerge, le F_3 des /ɔ/ saguenéens étant systématiquement plus élevé que celui des /ɔ/ lyonnais (différence moyenne de 150 Hz).

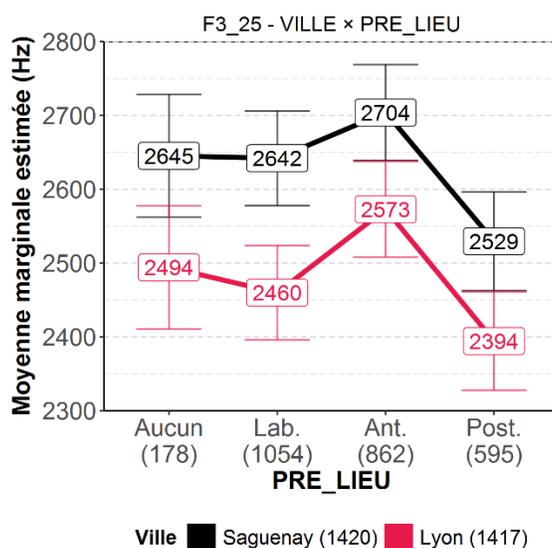


Figure 39 – Moyennes marginales estimées pour F_3 à 25 % de la durée vocalique en fonction de VILLE et de PRE_LIEU - Corpus C16-17

3.2.2.3.2. 50 %

$$F3_50 \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{PRE_LIEU} + \text{POST_LIEU} + \text{VILLE:PRE_LIEU} + (1+\text{PRE_LIEU}|\text{LOCUTEUR}) + (0+\text{POST_LIEU}|\text{LOCUTEUR}) + (1|\text{MOT})$$

Formule 18 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé pour F_3 à 50 % de la durée vocalique - Corpus C16-17

Le modèle parcimonieux défini par la Formule 18, visant à rendre compte de la structuration de la variation de F_3 à 50 % de la durée vocalique, révèle que, comme à 25 %, SEXE a un impact majeur ($F(1, 33,000) = 113,238, p < 0,001$) : il existe une différence moyenne de 359 Hz entre les hommes (MME = 2372 Hz, IC à 95 % = [2322, 2423]) et les femmes (MME = 2732 Hz, IC à 95 % = [2681, 2783]). Un effet de POST_LIEU est en outre identifié comme significatif par l'analyse de variance ($F(2, 76,160) = 3,167, p = 0,048$); cependant, l'examen des comparaisons par paires ne révèle que deux tendances (chacune à $p = 0,061$) indiquant que les consonnes postérieures postposées sont associées à un F_3 légèrement plus bas que les autres consonnes, une différence de moins de 50 Hz.

Enfin, comme c'est le cas à 25 % de la durée vocalique, l'effet de PRE_LIEU sur F₃ à 50 % est modulé en fonction de VILLE ($F(3, 31,908) = 3,836, p < 0,001$), comme l'illustre la Figure 40. Les moyennes marginales estimées sont presque identiques à celles de la Figure 39, ce qui confirme l'impression d'une évolution temporelle minimale entre 25 et 50 % de la durée vocalique laissée par la Figure 29. Cependant, on remarque que les barres d'erreur sont moins étendues.

D'emblée, les tendances dans les deux villes sont similaires. On remarque à nouveau que les consonnes postérieures antéposées sont associées, dans les deux villes, à une fréquence du troisième formant nettement plus basse que les antérieures. À Saguenay, elles se distinguent également des consonnes labiales de la même façon. À Lyon, il existe une différence significative entre l'effet des consonnes antérieures et labiales, les secondes étant associées à un F₃ plus bas. Par ailleurs, les différences reliées au facteur VILLE relevées à 25 % existent également dans la portion médiane de la voyelle, les /ɔ/ saguenéens ayant en moyenne un F₃ 193 Hz plus élevé que celui des /ɔ/ lyonnais à travers les différents lieux d'articulation de la consonne antéposée.

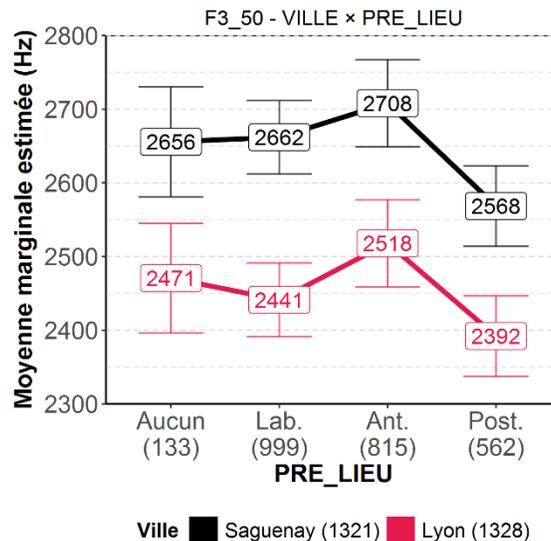


Figure 40 – Moyennes marginales estimées pour F₃ à 50 % de la durée vocalique en fonction de VILLE et de PRE_LIEU - Corpus C16-17

3.2.2.3.3. 75 %

$$F3_{75} \sim VILLE + SEXE + PRE_LIEU + POST_LIEU + VILLE:SEXE + VILLE:PRE_LIEU + SEXE:PRE_LIEU + VILLE:SEXE:PRE_LIEU + (1+PRE_LIEU+POST_LIEU|LOCUTEUR) + (1|MOT)$$

Formule 19 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes calculé initialement pour F₃ à 75 % de la durée vocalique - Corpus C16-17

Le modèle initialement retenu pour l'analyse de F₃ à 75 % de la durée vocalique, défini par la Formule 19, inclut une triple interaction, mais celle-ci ne se révèle pas significative en raison de l'exclusion de 39 données influentes. Comme pour F₁ à 50 %, où la même situation s'est présentée, nous avons effectué une nouvelle sélection de modèle et avons procédé à une nouvelle analyse statistique (Formule 20).

$$F3_{75} \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{PRE_LIEU} + \text{POST_LIEU} + \text{VILLE:PRE_LIEU} + (1+\text{PRE_LIEU}+\text{POST_LIEU}|\text{LOCUTEUR}) + (1|\text{MOT})$$

Formule 20 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes final retenu pour F₃ à 75 % de la durée vocalique - Corpus C16-17

Cette dernière permet de déceler un effet simple de SEXE ($F(1, 34,950) = 107,566$, $p < 0,001$) : les femmes (MME = 2727 Hz, IC à 95 % = [2669, 2785]) produisent des voyelles dont le F₃ est en moyenne 364 Hz plus élevé que celles des hommes (MME = 2363 Hz, IC à 95 % = [2303, 2424]).

Le lieu d'articulation de la consonne postposée explique également une partie de la variation de F₃ à 75 % de la durée vocalique ($F(2, 89,550) = 12,688$, $p < 0,001$). Le panneau de gauche de la Figure 41 présente la dynamique de l'effet de POST_LIEU : comme ce qui a été observé pour la consonne antéposée à 25 et à 50 % de la durée vocalique, il apparaît clairement que les consonnes postérieures postposées sont associées à un F₃ significativement moins élevé que les antérieures et les labiales, ces deux contextes ne se distinguant pas entre eux. Finalement, il existe encore à 75 % une tendance à une interaction entre VILLE et PRE_LIEU ($F(3, 34,000) = 2,771$, $p = 0,056$), présentée par le panneau de droite de la Figure 41. L'importante différence entre les villes que l'on a observée dans les analyses précédentes est ici moins marquée; elle n'est significative que pour les mots débutant par des consonnes labiales, qui sont caractérisés par des /ɔ/ dont le F₃ est en moyenne 131 Hz plus élevé à Saguenay qu'à Lyon. Par ailleurs, dans chacune des villes, les consonnes antérieures postposées sont associées à un F₃ significativement plus élevé que les consonnes postérieures.

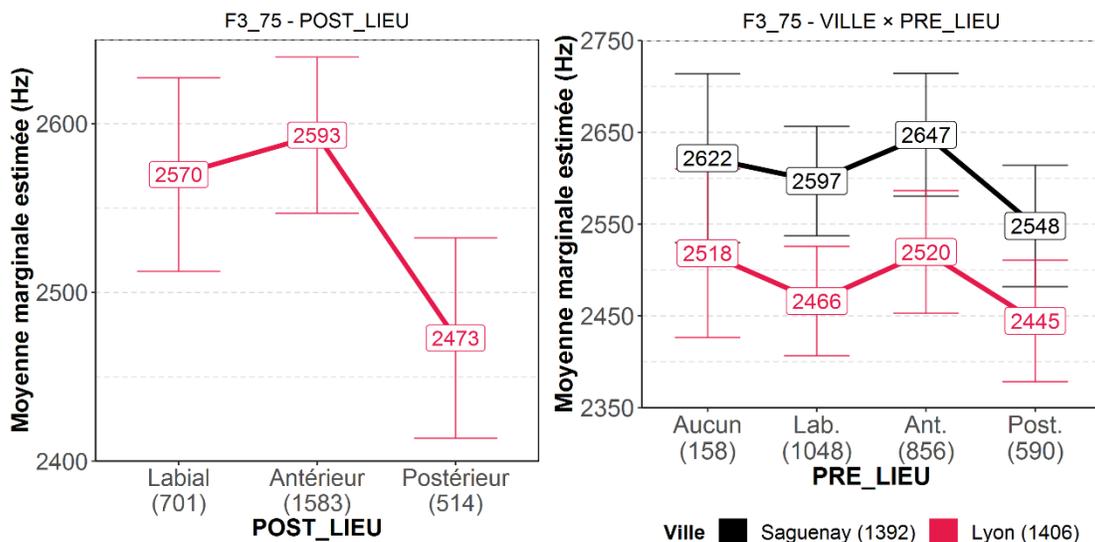


Figure 41 – Moyennes marginales estimées pour F₃ à 75 % de la durée vocalique en fonction de POST_LIEU (panneau de gauche) et de VILLE et de PRE_LIEU (panneau de droite) - Corpus C16-17

3.2.3. Synthèse

L'analyse statistique de toutes les données du corpus C16-17 a révélé que chacune des variables indépendantes a un effet important sur les fréquences formantiques; le Tableau 16 donne un portrait général et simplifié des résultats obtenus.

Formant	VILLE	SEXE	PRE LIEU / POST LIEU
F ₁	SG > LY (75 %)	F > H	0 > (L = A = P) (25 %) L > P (75 %)
F ₂	LY > SG	F > H	A > P > (0 = L) (25 %) A > (0 = L) (50 %) A > L (75 %)
F ₃	SG > LY (25 et 50 %)	F > H	(0 = L = A) > P (25 %) A > P (50 et 75 %)

Tableau 16 – Patrons observés dans les analyses statistiques des fréquences formantiques - Corpus C10-12

Les abréviations utilisées sont détaillées dans la section **Convention et abréviations**. Le symbole ‘=’ indique une égalité statistique, alors que ‘>’ indique une différence significative (par exemple, « F > H » indique que les fréquences formantiques des femmes sont significativement plus élevées que celles des hommes). Les points de mesure temporels sont mentionnés si les effets ne s’appliquent pas sur toute la durée.

En examinant plus en détail l’ensemble des résultats, notamment en ce qui a trait aux interactions, on peut faire les observations suivantes :

- > À chaque point de mesure temporel, le positionnement moyen des occurrences de /ɔ/ dans l’espace acoustique F₁ × F₂ est différent entre Saguenay et Lyon. Pour ce qui est de F₁, on remarque une fermeture importante entre 50 et 75 % de la durée vocalique à Lyon, mais pas à Saguenay. Sur la dimension de F₂, dans les deux villes, les voyelles s’antériorisent généralement entre 25 et 75 % de leur durée. Cependant, cette tendance peut être neutralisée par un contexte consonantique défavorable (avec une consonne labiale postposée, par exemple).
- > Vu l’absence de normalisation des fréquences en hertz, comme pour le corpus C10-12, une importante différence de SEXE existe à chaque point de mesure et pour chaque formant : F₁, F₂ et F₃ sont toujours plus élevés chez les femmes que chez les hommes.
- > L’origine géographique (VILLE) est à l’origine de beaucoup de variation dans les fréquences formantiques de /ɔ/ :
 - ◊ À travers la durée de la voyelle, de minimes différences pour F₁ existent en croisement avec d’autres facteurs;
 - ◊ Les voyelles lyonnaises sont caractérisées par un F₂ nettement supérieur à celui des voyelles saguenéennes, ce qui suggère qu’elles sont plus antérieures;
 - ◊ Surtout à 25 et à 50 %, la fréquence de F₃ est significativement plus élevée à Saguenay qu’à Lyon.
- > Le lieu d’articulation des consonnes antéposées affecte tous les formants à 25 % de la durée, et, de façon semblable, celui des consonnes postposées les influence tous à 75 %, ce qui

indique un fort impact de la coarticulation sur les caractéristiques spectrales de /ɔ/ en syllabe (C)VC.

- > Les consonnes labiales, peu importe leur position, sont associées aux plus basses fréquences centrales de F_2 , alors que les antérieures favorisent des voyelles antériorisées. Les postérieures ont un rôle moins clair qui diffère d'une ville à l'autre.
- > Les consonnes postérieures favorisent un F_3 plus bas que les autres, qu'elles soient antéposées ou postposées.
- > Dans l'ensemble, comme dans le corpus C10-12, les patrons des effets liés à l'environnement consonantique de /ɔ/ sont similaires dans les deux villes et pour les locuteurs des deux sexes.
- > La plupart du temps, même lorsqu'il y a des interactions doubles ou triples, l'effet simple de chacun des prédicteurs est significatif.

Chapitre 4 : Discussion conclusive

La présente étude visait à obtenir une description fine de la structure acoustique de la voyelle /ɔ/ en syllabe fermée en français contemporain de même qu'à explorer sa variation à la lumière du sexe et de l'origine géographique des locuteurs et du lieu d'articulation des consonnes adjacentes. Pour atteindre ces objectifs, nous avons procédé à l'analyse acoustique de plus de 3500 occurrences issues de deux corpus de parole de laboratoire récoltés à Saguenay et à Québec (C10-12) et à Saguenay et à Lyon (C16-17) auprès d'étudiants universitaires dans la vingtaine (78 au total). La fréquence, en trois points de mesure (25, 50 et 75 % de la durée vocalique), des trois premiers formants a été considérée dans cette analyse acoustique; de par l'association existant entre F₂ et l'antériorité linguale (Delattre, 1948), c'est surtout ce formant qui a permis d'investiguer la question de l'antériorisation de /ɔ/.

Après avoir fait le point sur nos hypothèses initiales et avoir discuté des limites de nos résultats, nous reviendrons sur la méthodologie employée dans cette étude, notamment en ce qui a trait aux variables retenues, à l'échantillon et à l'analyse statistique. Enfin, nous présenterons différentes perspectives appelées par ce travail.

4.1. Retour sur les hypothèses et limites des résultats

4.1.1. Effet de l'origine géographique

Les résultats rapportés dans le chapitre précédent indiquent que conformément à notre hypothèse de départ, la voyelle /ɔ/ a bel et bien une structure acoustique variant d'une ville à l'autre, notamment sur la dimension du deuxième formant. Une variation diatopique existe à la fois à une échelle micro-géographique, dans le domaine linguistique québécois, entre Québec et Saguenay, et à une échelle macro-géographique, entre Saguenay et Lyon.

4.1.1.1. Corpus C10-12

Au Québec, la fréquence de F₂ est systématiquement plus élevée pour les voyelles produites par des locuteurs de la capitale que pour celles des locuteurs saguenéens, comme le montre le récapitulatif des moyennes marginales estimées présenté dans le Tableau 17.

VILLE	25 %	50 %	75 %
Saguenay	1174 <i>[1127, 1222]</i>	1207 <i>[1164, 1249]</i>	1261 <i>[1222, 1301]</i>
Québec	1291 <i>[1244, 1339]</i>	1327 <i>[1284, 1369]</i>	1356 <i>[1316, 1396]</i>
Différence (QC - SG)	117	120	95

Tableau 17 – Moyennes marginales estimées et intervalle de confiance à 95 % (en italique) pour F₂ (en Hz) dans chacune des deux villes du Québec en fonction du point de mesure temporel - Corpus C10-12

La différence située entre 95 et 120 Hz qui a été détectée à tous les points de mesure pour le deuxième formant est plus importante que ce que nous avons envisagé. Comme l'effet du lieu d'articulation des consonnes adjacentes, qui sera abordé dans le détail ci-après, ne varie pas de façon marquée d'une ville à l'autre, nous en concluons que l'influence de la coarticulation est similaire entre les deux villes, et par conséquent, que la différence de F_2 observée existe dans tous les contextes. /ɔ/ apparaît donc comme une voyelle plus antériorisée à Québec qu'à Saguenay. La trajectoire suivie par les formants entre 25 et 75 % de la durée vocalique est quant à elle très similaire dans les deux villes, tout comme la fréquence moyenne de F_1 et de F_3 .

4.1.1.1.1. Comparaison avec les données antérieures

L'existence de l'antériorisation à Québec n'a été évoquée qu'assez indirectement auparavant : elle est abordée par Lamontagne (2015a) – la capitale constitue un des points d'enquête du projet PFC, auquel il a recours – et peut être supposée aussi à la lecture de l'étude de Martin (2002), qui évoque la présence du phénomène chez les locuteurs qu'il a enregistrés, quelques-uns étant originaires de la capitale nationale. Par ailleurs, Martin (1998) la mentionnait déjà chez des étudiants universitaires d'un autre corpus, cette fois-ci originaires de Québec pour la plupart. Les valeurs moyennes des fréquences formantiques chez nos locuteurs se rapprochent de celles rapportées par cet auteur, dont les deux études sont méthodologiquement similaires à la nôtre : les occurrences de /ɔ/ analysées par Martin (1998, 2002) ont été produites en syllabe CVC lors d'une tâche de lecture en laboratoire soumise à des étudiants universitaires dans la vingtaine. Par extraction automatique des données présentées dans les graphiques de Martin (1998)⁶⁷, chez les hommes, le F_2 moyen à 50 % de la durée vocalique est estimé à 1183 Hz et à 1337 Hz chez les femmes⁶⁸. Dans l'étude de 2002, les valeurs moyennes rapportées sont respectivement de 1242 Hz pour les hommes et de 1356 Hz pour les femmes. Comme le montre l'Annexe 8, nous obtenons pour notre part des moyennes respectives de 1211 Hz et de 1429 Hz chez les hommes et les femmes de la capitale nationale. À travers les trois études, le F_2 des hommes est similaire; celui des femmes, quant à lui, semble particulièrement élevé dans notre étude par rapport à celles de Martin (1998, 2002).

À Saguenay, l'antériorisation a seulement été notée par Paradis (1985), et, à nouveau indirectement, par Lamontagne (2015a), étant donné la présence de Chicoutimi parmi les points d'enquête du projet PFC. Étant donné la structure syllabique des mots utilisés dans le corpus C10-12, nous ne sommes pas en mesure de confirmer que, comme l'affirme Paradis (1985 : 149), la classe de mots (ɔrK) (où /ɔ/ est suivi de /ʁ/, puis d'une obstruente quelconque) suscite des voyelles particulièrement postérieures à Saguenay, ce qui serait un marqueur d'identité régionale. L'auteur affirme néanmoins qu'à l'époque, le système vocalique des jeunes saguenéens était en voie de s'aligner sur celui de

⁶⁷ En effet, ces valeurs ne sont pas données directement par Martin (2002); nous les avons extraites des diagrammes bifonctionnels fournis par l'auteur pour chaque sexe à l'aide de l'application *WebPlotDigitizer* (<https://apps.automeris.io/wpd/>).

⁶⁸ Ces moyennes sont fondées sur un ensemble de 10 mots, dont 5 sont fermés par /ʁ/; or, comme mentionné dans le Chapitre 1, ce contexte peut induire une diphtongaison de /ɔ/ et modifier sensiblement les valeurs formantiques (Arnaud et Riverin-Coutlée, 2014, 2016).

Québec et de Montréal, en dépit de quelques poches de résistance, comme la classe (ɔrK). Tout comme d'autres auteurs avant nous ayant mené des études similaires à la nôtre (par ex. Sigouin, 2013; Arnaud et Riverin-Coutlée, 2014, 2016; Riverin-Coutlée, 2015), nous avons relevé une importante différence entre les voyelles de Saguenay et de Québec, ce qui porte à croire que l'homogénéisation annoncée par Paradis (1985) est encore loin d'être effective.

Ces résultats sont les premiers à détailler une variation régionale au Québec pour l'antériorisation de /ɔ/; ils complètent en outre le portrait des différences vocaliques entre Québec et Saguenay amorcé par Leblanc (2012), Sigouin (2013), Riverin-Coutlée (2015), Riverin-Coutlée et Arnaud (2014, 2015) et Arnaud et Riverin-Coutlée (2014, 2016).

4.1.1.2. Corpus C16-17

À nouveau en conformité avec notre hypothèse initiale, la variation diatopique entre Saguenay et Lyon, à l'échelle macro-géographique, s'est également avérée importante, non seulement sur la dimension du deuxième formant, mais pour tous les paramètres considérés.

La première différence constatée entre le /ɔ/ à Lyon et à Saguenay réside dans sa trajectoire moyenne dans l'espace $F_1 \times F_2$: s'il se produit une antériorisation d'ampleur comparable entre 25 et 75 % de la durée vocalique dans les deux cas, l'évolution de F_1 est nettement différente à Lyon.

Sur la dimension du premier formant, il existe une certaine tendance, à travers les points de mesure, à ce que les voyelles prononcées par les locuteurs saguenéens soient caractérisées par un F_1 plus élevé que celles prononcées par les locuteurs lyonnais, ce qui indique un degré d'aperture potentiellement un peu plus grand à Saguenay. Ce résultat s'explique selon nous par le fait que les réalisations de /ɔ/ à Lyon pourraient tendre vers l'espace acoustique habituellement occupé par les voyelles mi-fermées en raison d'une tendance moins marquée à l'opposition /o/ ~ /ɔ/. Cette question sera abordée plus avant dans la section 4.2.3.

Quant à F_2 , en admettant toujours que ce formant permette d'approximer le degré d'antériorité des voyelles, les résultats présentés dans la section 3.2.2.2 indiquent qu'à travers toute la durée de la voyelle, /ɔ/ est une voyelle plus antériorisée à Lyon qu'à Saguenay, comme en témoigne le récapitulatif présenté par le Tableau 18.

VILLE	25 %	50 %	75 %
Saguenay	1239 <i>[1201, 1277]</i>	1237 <i>[1201, 1273]</i>	1302 <i>[1266, 1338]</i>
Lyon	1348 <i>[1310, 1386]</i>	1373 <i>[1336, 1409]</i>	1430 <i>[1394, 1466]</i>
Différence (LY - SG)	109	136	128

Tableau 18 – Moyennes marginales estimées et intervalle de confiance à 95 % (en italique) pour F_2 (en Hz) à Saguenay et à Lyon en fonction du point de mesure temporel - Corpus C16-17

Une différence d'entre 109 et 136 Hz se manifeste dans les différents points de mesure et va systématiquement dans la même direction. Pour nombre de mots, le F_2 des occurrences de /ɔ/ des hommes lyonnais atteint ou dépasse celui des voyelles produites par les femmes saguenéennes (voir

la Figure 28 et l'Annexe 10). Autrement dit, la taille d'effet de l'origine géographique dépasse dans plusieurs cas la taille d'effet du sexe. Ces faits confirment notre hypothèse initiale sur la variation diatopique dans le corpus C16-17 : /ɔ/ apparaît comme une voyelle plus antérieure en France qu'à Québec, du moins sur la base de nos observations à Lyon et à Saguenay. Dans cette optique, l'hypothèse d'une régression de l'antériorisation de /ɔ/ en français, avancée par Walter (1976), Lennig (1979) ou encore Gadet (1997), ne semble pas se vérifier à Lyon.

La valeur moyenne de F₂ à 50 % de la voyelle à Lyon, rapportée dans l'Annexe 10, s'établit à 1490 Hz chez les femmes et à 1300 Hz chez les hommes. L'étude la plus récente qui se soit intéressée au français septentrional de France et qui rapporte des fréquences formantiques est celle de Woehrling et Boula de Mareüil (2007) : ces auteurs font état de valeurs moyennes de 1350 Hz chez les femmes et 1200 Hz chez les hommes. Il semblerait donc que les occurrences issues de notre corpus soient plus antériorisées que celles de Woehrling et Boula de Mareüil (2007). Cependant, la méthodologie employée par ces auteurs se distingue substantiellement de la nôtre : premièrement, ils ont relevé le F₁ et le F₂ moyen à travers toute la durée des occurrences de /ɔ/, toutes positions prosodiques et syllabiques confondues, récoltées dans six points d'enquête du nord de la France du corpus PFC, caractérisé par de la parole essentiellement spontanée. L'hétérogénéité des contextes considérés est donc importante par rapport à ce qu'on retrouve dans nos données, issues de syllabes (C)VC accentuées produites lors d'une tâche de lecture en chambre anéchoïque. Deuxièmement, les locuteurs considérés sont d'âges et de classes sociales beaucoup plus diversifiés que ceux de notre propre échantillon. En dépit de ces différences, nous estimons que nos données se rapprochent de celles de Woehrling et Boula de Mareüil (2007), mais il nous semble inapproprié de conclure à une antériorisation plus marquée à Lyon que dans le nord de la France en général.

Le troisième formant est également marqué d'une variation diatopique dans le corpus C16-17 : dans ce cas, à 25 et à 50 % de la durée vocalique, sa valeur moyenne est plus élevée à Saguenay qu'à Lyon, peu importe le sexe. Cette tendance existe également à 75 %, mais seulement pour les mots débutant par une consonne labiale. Nous émettons l'hypothèse que cette différence pourrait être induite par un degré d'arrondissement des lèvres variable dans les deux villes pour la voyelle /ɔ/. Par exemple, Lindblom et Sundberg (1971 : 1176), dans leur étude classique, indiquent que « "rounding" lowers all formant frequencies under all conditions ». En français, les études de Mantakas, Schwartz et Escudier (1986) et de Schwartz *et al.* (1993) montrent que F₃ (et F₄, par ailleurs) participent à la construction du contraste entre les voyelles antérieures arrondies et non arrondies (ex. /i/ ~ /y/, /e/ ~ /ø/...). En particulier, pour le contraste /i/ ~ /y/, Schwartz *et al.* (1993) mettent au jour l'existence d'une dynamique particulière liée à l'arrondissement des lèvres : on peut observer chez différents locuteurs deux stratégies de réalisation de /y/ par rapport à /i/ au niveau acoustique, soit a) un abaissement de F₃ avec un F₂ identique et b) un abaissement de F₃ et de F₂. Selon les auteurs, cette situation est liée à une interversion de F₂ et de F₃ chez certains locuteurs. Ainsi, en diminuant avec l'arrondissement des lèvres, F₃ atteint parfois une fréquence si basse qu'il prend la place de F₂, ce qui résulte en un F₃ et un F₂ plus bas pour /y/ que pour /i/. En somme, bien que cette littérature soit concentrée sur les voyelles antérieures, elle permet de penser qu'un degré d'arrondissement différent à Saguenay et à Lyon pourrait affecter F₃, mais également F₂. La variation diatopique observée dans

la présente étude pourrait donc relever à la fois d'un degré d'arrondissement variable et d'une position variable de la langue dans les deux villes.

Si la prise en considération de F_3 pour la voyelle /ɔ/ est novatrice, il reste que la situation évoquée ci-haut doit être clarifiée. Dans le domaine acoustique, une technique comme celle employée par Harrington, Kleber et Reubold (2011) pour l'antériorisation de /u/ en anglais britannique pourrait être utilisée. Ces auteurs ont comparé le centre de gravité de la fricative /s/ dans les mots *seep* et *soup* pour savoir si /u/ était sujet à un désarrondissement, puisque l'anticipation du geste labial modifie la structure spectrale de /s/. Le corpus que nous avons utilisé contenant à la fois les mots *sel* et *sol*, ce type d'analyse pourrait être envisagé. Par ailleurs, des études articulatoires, potentiellement fondées sur des données audiovisuelles (comme le suggèrent Armstrong et Low, 2008), seraient nécessaires. Cette approche a notamment été exploitée par Harrington *et al.* (2011).

4.1.2. Effet du contexte consonantique

Les effets du contexte consonantique ont été pris en compte dans le corpus C10-12 tout comme dans le corpus C16-17, où l'inclusion de 51 mots et pseudo-mots additionnels, dont 5 de type VC (*hoque*, *honne*, *homme*, *hotte* et *ode*), permet d'obtenir un portrait plus étoffé de la variation des fréquences formantiques moyennes associée à l'influence du lieu d'articulation des consonnes adjacentes à /ɔ/. Nos résultats indiquent que notre hypothèse de départ était partiellement plausible : ainsi, les deux consonnes, antéposée et postposée, ont un effet sur la structure acoustique de la voyelle. Cependant, comme nous le verrons et contrairement à ce que nous anticipions, la consonne postposée n'a pas un effet plus marqué que la consonne antéposée. Dans l'ensemble, les effets du contexte consonantique sont identiques à Saguenay et à Québec pour le corpus C10-12, mais présentent certaines différences entre Saguenay et Lyon pour le corpus C16-17.

Dans le corpus C10-12, F_1 est marginalement influencé par PRE_LIEU, alors que F_3 reste relativement inchangé à travers les contextes consonantiques. L'augmentation du nombre d'occurrences considérées dans le corpus C16-17 explique sans doute l'apparition de tendances significatives pour ces deux formants, puisqu'elle améliore la puissance statistique. Dans le cas du premier formant, les voyelles qui ne sont précédées d'aucune consonne antéposée sont plus ouvertes, dans les deux villes, que toutes les autres. Tel que nous l'avons déjà mentionné dans la section 3.2.1, cette situation pourrait découler du fait que toute constriction dans le conduit vocal est inutile dans le cas où aucune consonne ne précède /ɔ/. À 50 % de la durée, cet effet disparaît. Au dernier point de mesure (voir Figure 34), les résultats indiquent une diminution de F_1 au fur et à mesure que le lieu d'articulation de la consonne postposée recule. Cette même tendance, quoique non significative, se dessine également dans le corpus C10-12.

Pour ce qui est du troisième formant, toujours dans le corpus C16-17, les consonnes antérieures semblent favoriser un F_3 élevé, du moins à Lyon à 25 et à 50 % de la durée vocalique. Cependant, l'effet le plus saillant est qu'à travers la durée de la voyelle et dans les deux villes, les consonnes postérieures, antéposées ou postposées, abaissent F_3 par rapport aux autres environnements consonantiques. Dans le cas de la position antéposée, nos résultats s'inscrivent dans le prolongement

de ceux de Öhman (1965) et de Hillenbrand *et al.* (2001). Ainsi, dans une étude de cas sur les transitions formantiques dans des séquences V_1CV_2 en suédois, où C est une occlusive voisée, Öhman (1965 : 154) souligne que le F_3 de V_2 est plus bas lorsque /g/ la précède. Hillenbrand *et al.* (2001) identifient également une tendance similaire, quoique limitée, alors que la fréquence du troisième formant des voyelles considérées est 0,9 % plus faible que la moyenne lorsqu'elles sont précédées de consonnes vélaires.

Le deuxième formant, quant à lui, varie considérablement d'un environnement à l'autre, et ce, dans les deux corpus. Sans surprise, F_2 est plutôt influencé par la consonne antéposée à 25 % de la durée vocalique et par la consonne postposée à 75 %. À 50 %, le patron de l'effet de PRE_LIEU est toujours visible dans les deux corpus. Par contre, POST_LIEU n'a pas d'influence sur F_2 à ce point de mesure dans le corpus C10-12, alors qu'il en a une, quoique limitée, dans le corpus C16-17.

Selon notre hypothèse initiale, nous nous attendions à un effet plus fort de la consonne postposée que de la consonne antéposée sur la base du principe selon lequel la coarticulation serait plutôt régressive que progressive en français (Chafcouloff *et al.*, 1989). Or, il semble que nous ayons généralisé ce principe de façon indue. En effet, l'étude de Chafcouloff *et al.* (1989) est fondée sur des mots bisyllabiques de type $V_1C_1C_2V_2$. Les auteurs indiquent que V_1 est davantage affectée par V_2 que l'inverse, et en concluent à la prééminence de la coarticulation régressive. Vaissière (2006 : 101) souligne elle aussi que la syllabe finale, en français, est en position prédominante, et que les segments qui la composent sont plus susceptibles que les autres de propager leurs traits aux autres segments du mot. Cependant, ces constats s'appliquent dans le domaine intersyllabique et non intrasyllabique, alors que notre étude a porté sur ce dernier. Parmi les auteurs s'étant intéressés à l'antériorisation de /ɔ/, seuls Armstrong et Low (2008 : 439) supposent le primat de l'assimilation régressive dans le domaine intrasyllabique, soutenant leur postulat par la forte interdépendance existant entre le noyau et la coda d'une syllabe.

Deux faits contribuent donc à infirmer notre intuition initiale et la prémisse adoptée par Armstrong et Low (2008) quant à l'effet plus important de la consonne postposée par rapport à celui de la consonne antéposée : premièrement, il n'existe pas de différence marquée entre les effets des consonnes adjacentes aux points de mesure extrêmes (PRE_LIEU à 25 % et POST_LIEU à 75 %). En ce sens, nos résultats s'écartent aussi de ceux de Hillenbrand *et al.* (2001) pour l'anglais américain, ces auteurs ayant observé que les consonnes postposées influencent moins F_2 que les consonnes antéposées. Deuxièmement, si l'assimilation est surtout régressive en français, on pourrait s'attendre à un fort effet du lieu d'articulation de la consonne postposée sur F_2 à 50 % dans tous les cas. La dynamique de la coarticulation observée au point milieu de la voyelle /ɔ/ dans nos données est plutôt inverse. Il semble donc que, pour cette voyelle, la prédominance de l'effet de la consonne postposée ne soit pas opérante. L'absence remarquable d'intérêt pour la consonne antéposée dans la littérature antérieure contraste avec nos données, et il paraît désormais inévitable de la prendre en considération dans les études subséquentes portant sur l'antériorisation de /ɔ/.

En position antéposée comme postposée, le patron des effets de lieu d'articulation sur F_2 comporte deux invariants, peu importe le corpus étudié : les occurrences les plus postérieures de /ɔ/ sont en

contact avec des consonnes labiales et les plus antérieures, avec des consonnes antérieures. Dans le corpus C16-17, les mots de structure VC, qui ne comportent pas de consonne antéposée, permettent de constater que lorsque /ɔ/ n'est pas soumis à l'influence de la coarticulation à l'initiale, son F₂ moyen est équivalent à celui qu'il a lorsque précédé d'une labiale. On peut donc considérer que c'est dans ces deux contextes que les variantes les plus acoustiquement canoniques de la voyelle sont produites. Par ailleurs, le fait que l'antériorisation de /ɔ/ soit favorisée par les consonnes antérieures est concordant avec la littérature, Woehrling et Boula de Mareüil (2007), Armstrong et Low (2008) et Mooney (2016) ayant identifié le même effet dans leurs études. Toutefois, l'effet des consonnes labiales que nous relevons ne correspond pas entièrement à celui rapporté par Mooney (2016) : en position antéposée, les conclusions convergent, mais en position postposée, l'auteur soutient que les labiales et les antérieures influencent F₂ d'une façon semblable en raison d'un « rétrécissement antérieur » (p. 73) qui caractériserait l'ensemble de ces consonnes. Si cette hypothèse se vérifiait, il nous semble alors que les labiales et les antérieures devraient avoir un effet identique de part et d'autre de la consonne, ce qui n'est le cas ni dans l'étude de Mooney (2016), ni dans la nôtre.

À première vue, le mouvement lingual joue certainement un rôle majeur dans l'effet différencié des lieux d'articulation, comme le suggèrent Armstrong et Low (2008). L'avancée de la langue requise par l'articulation de consonnes antérieures explique vraisemblablement l'augmentation du F₂ de /ɔ/ que celles-ci entraînent. De même, puisque les consonnes labiales n'impliquent pas de déplacement de la langue, celle-ci peut se déplacer à l'arrière de la bouche pour produire un /ɔ/ postérieur. Cette intuition est confirmée dans l'étude classique sur la coarticulation en syllabe CVC de Stevens et House (1963), dans laquelle les auteurs remarquent une forte augmentation de F₂ pour les deux voyelles postérieures arrondies étudiées (/u/ et /ʊ/) lorsque ces dernières sont en contact avec des consonnes antérieures. En comparaison, dans la même étude, ces voyelles, lorsqu'elles sont en contact avec des consonnes labiales ou postérieures, conservent un F₂ proche de celui mesuré en contexte « nul » (/hVd/ en anglais américain)⁶⁹. Hillenbrand *et al.* (2001), dont l'étude se veut une extension de celle de Stevens et House (1963), décrivent une situation semblable. Toutefois, ces auteurs montrent que les consonnes postérieures antéposées entraînent une augmentation de F₂ par rapport aux labiales, quoique beaucoup moins conséquente que celle liée aux consonnes antérieures dans la même position.

Qu'en est-il alors des consonnes postérieures dans notre contribution? Le Tableau 19 rappelle les observations effectuées quant aux patrons des effets de l'environnement consonantique dans chacun des corpus. Étant donné la similarité des effets de PRE_LIEU et de POST_LIEU, ces facteurs n'ont pas été considérés séparément; en outre, le niveau PRE_LIEU = « aucun » a été laissé de côté pour une meilleure comparabilité entre les corpus. Dans le corpus C10-12, à 50 %, les consonnes postérieures n'ont pas d'effet clair par rapport à celui des deux autres types de consonnes, ce qui explique l'absence de coloration de la case.

⁶⁹ Ce contexte « nul » est réputé susciter des voyelles aussi périphériques que des voyelles isolées (Peterson et Barney, 1952; Stevens et House, 1963). Ainsi, /u/ et /ʊ/ sont plus canoniques au point de vue acoustique lorsque suivies de consonnes postérieures et labiales que dans le cas où elles sont suivies de consonnes antérieures.

Point de mesure	C10-12		C16-17	
	QC, SG	SG	LY/H	LY/F
25%	(L = P) < A	L < P < A	L < P < A	L < P < A
50%	L < A / P?	L < (P = A)	(L = P) < A	(L = P) < A
75%	L < (P = A)	L < (P = A)	L < (P = A)	L < P < A

Tableau 19 – Patrons des effets du lieu d’articulation des consonnes adjacentes sur F₂ en fonction du point de mesure, du corpus et du groupe spécifique

Les abréviations utilisées sont détaillées dans la section **Convention et abréviations**. Les patrons identiques sont colorés de la même façon. Le symbole ‘=’ indique une égalité statistique, alors que ‘<’ indique une différence significative. Le symbole ‘?’ , quant à lui, signifie que la relation du lieu d’articulation par rapport aux autres n’est pas évidente.

Alors que l’effet des consonnes labiales et antérieures est évident et identique dans tous les groupes des deux corpus, en position antéposée comme postposée, il est difficile de saisir la dynamique exacte associée aux consonnes postérieures. Trois faits émergent :

- a) Les consonnes postérieures ont un effet différent chez les hommes et les femmes de Lyon à 75 %.
- b) Les patrons coarticulatoires ne sont pas identiques à Saguenay entre les deux corpus.
- c) L’environnement consonantique affecte /ɔ/ différemment en France et au Québec.

Le fait a) sera abordé plus en détail dans la section 4.1.3. Quant au fait b), il pourrait être expliqué par le fait que les consonnes codées comme postérieures en position antéposée et postposée divergent. En effet, le /ʁ/, consonne uvulaire, ne figure qu’à l’initiale des mots *roc*, *roches*, *rote* et *robes*. La Figure 16 indiquait que ces mots avaient peut-être un comportement particulier par rapport aux autres dans la catégorie PRE_LIEU = « postérieur ». L’observation de l’effet aléatoire du MOT dans les modèles statistiques réalisés pour F₂ indique en effet que même après la prise en compte de l’effet des consonnes postérieures, ces quatre mots contiennent des voyelles plus postérieures qu’attendu, comme en témoignent leurs modes conditionnels négatifs parmi les plus bas, illustrés dans la Figure 42.

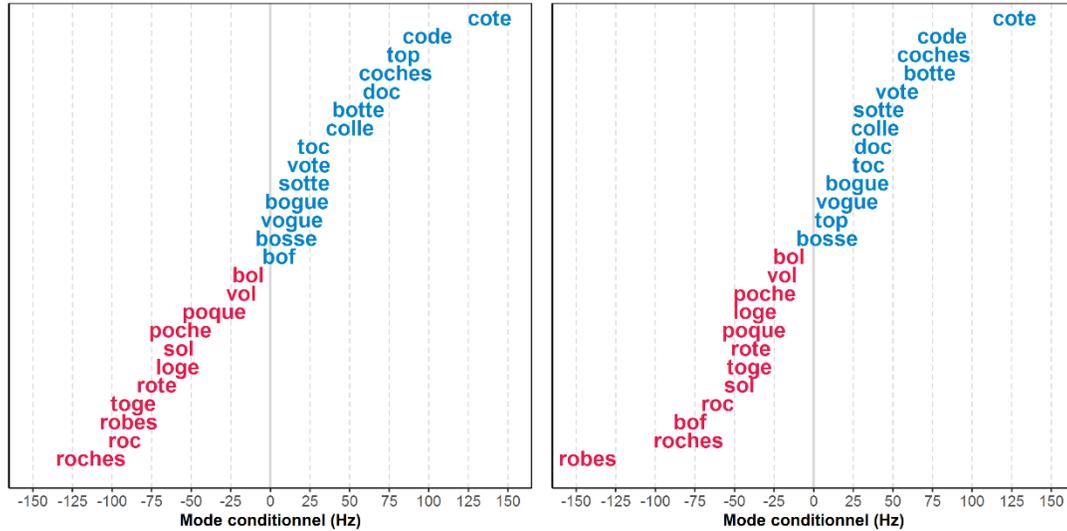


Figure 42 – Modes conditionnels par MOT calculés pour F₂ à 25 % (panneau de gauche) et à 50 % (panneau de droite) de la durée vocalique - Corpus C10-12

Les mots en rouge et en bleu ont respectivement un mode conditionnel inférieur et supérieur à 0.

Ces diagrammes suggèrent un fort effet postériorisant du /ʁ/ antéposé, déjà évoqué par Malderez (1995) comme un facteur conditionnant la postériorisation du schwa dans des mots comme *requin* et décrit aussi par Mooney (2016) pour le /ɔ/ en Béarn. Il semble donc plausible que les moyennes marginales estimées pour les consonnes postérieures soient artificiellement basses. En effet, 8 mots sur les 25 contenus dans le corpus C10-12 débutent par une consonne codée comme postérieure; en plus des 4 déjà mentionnés commençant par /ʁ/, on retrouve également *cote*, *code*, *coches* et *colle*. Incidemment, *cote*, *code* et *coches* sont caractérisés par des modes conditionnels positifs parmi les plus élevés. Le fait de scinder le codage des consonnes postérieures en deux catégories de PRE_LIEU, /ʁ/ et /k/, aurait possiblement conduit à l'observation, à Saguenay pour le corpus C10-12, d'un patron L < P < A (en vert dans le Tableau 19) à 25 % et L < (P=A) (en bleu dans le Tableau 19) à 50 %, comme pour le corpus C16-17. En effet, dans ce dernier, l'influence de /ʁ/ dans la catégorie PRE_LIEU = « postérieur » est amoindrie par la présence de 12 mots supplémentaires débutant par /k, g/, même si son effet postériorisant demeure évident, comme le montrent les modes conditionnels par MOT pour F₂ à 25 et à 50 % présentés dans la Figure 43.

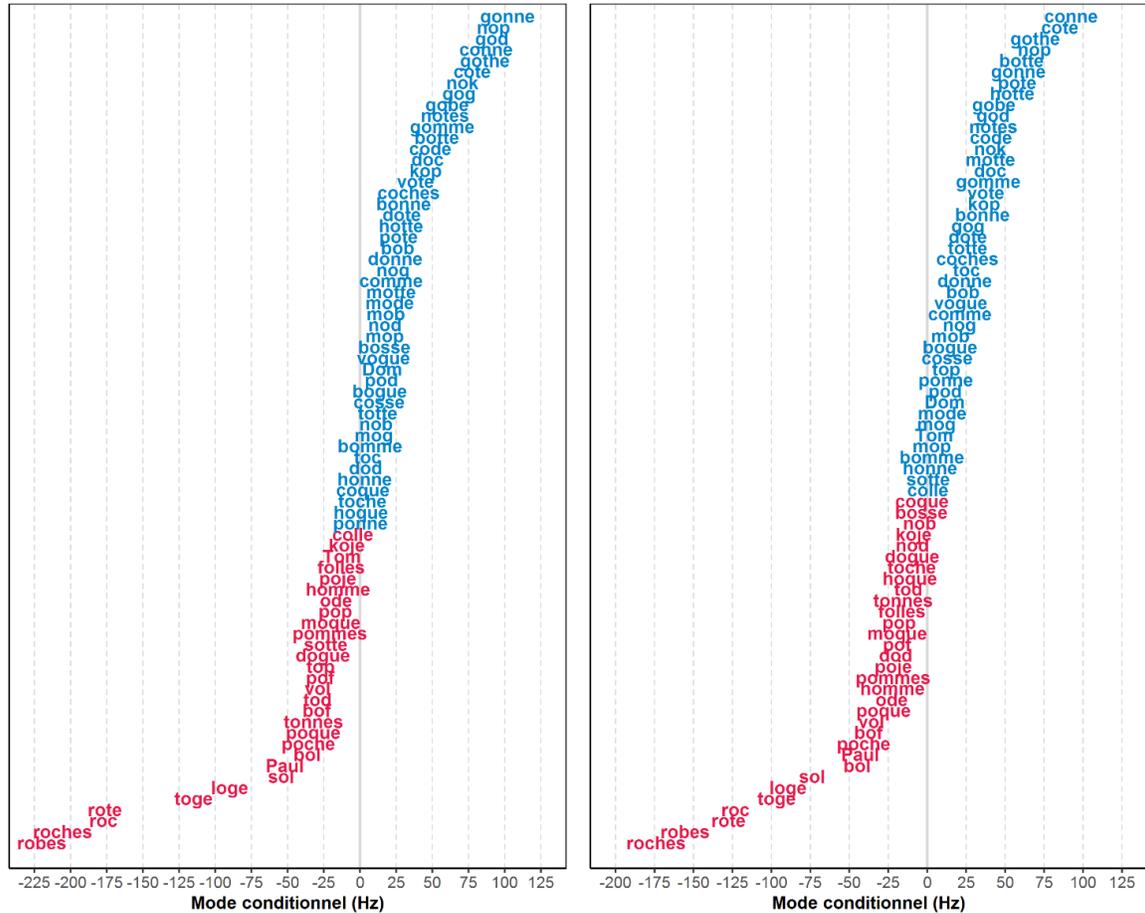


Figure 43 – Modes conditionnels par MOT calculés pour F₂ à 25 % (panneau de gauche) et à 50 % (panneau de droite) de la durée vocalique - Corpus C16-17

Les mots en rouge et en bleu ont respectivement un mode conditionnel inférieur et supérieur à 0.

Le fait c), quant à lui, émerge de l'analyse du corpus C16-17 seulement et ne dépend pas de la proportion relative des mots commençant par /ʁ/ par rapport au nombre total de mots. L'analyse des facteurs internes dans le cadre de la présente étude aura permis de déceler une variation diatopique située au-delà des seules valeurs moyennes des fréquences formantiques dans les villes considérées. D'autres comparaisons entre la France et le Québec devront être faites pour vérifier si l'effet du lieu d'articulation des consonnes adjacentes diverge aussi d'une variété de français à l'autre pour des voyelles autres que /ɔ/.

4.1.3. Effet du sexe

Dans les trois villes des deux corpus étudiés, à travers tous les points de mesure et tous les formants, les femmes présentent systématiquement des fréquences formantiques beaucoup plus élevées que les hommes. Comme nous l'avons mentionné précédemment, ce fait n'est pas surprenant, puisque nous avons conservé les fréquences brutes en hertz dans nos analyses plutôt que de procéder à une

normalisation des données⁷⁰; la plupart des effets relevés découlent certainement des différences physiologiques entre le tractus vocal des hommes et des femmes, ce dernier étant plus court et de proportions différentes (Simpson, 2009). À Saguenay et à Québec, aucun patron inversé ou surprenant n'a émergé, ce qui ne permet pas de conclure à une potentielle différenciation de /ɔ/ par genre. La situation est globalement similaire dans le corpus C16-17; cependant, une des interactions identifiées à Lyon mérite de plus amples explications. Dans la section 3.1.2.2.3, l'analyse de F₂ à 75 % a montré que l'effet de POST_LIEU dépendait du facteur VILLE, mais aussi du facteur SEXE. En guise de rappel, les comparaisons par paires révèlent que les consonnes antérieures et postérieures postposées n'ont pas d'effet différencié chez les hommes de Lyon, alors que les antérieures favorisent un F₂ nettement plus élevé que les postérieures chez les femmes de cette ville. Il existe chez elles une différence de 141 Hz entre ces contextes, mais seulement de 7 Hz chez les hommes. Cette différence peut difficilement être expliquée par la physiologie et est donc vraisemblablement d'origine sociale.

4.1.4. Évolution temporelle des formants

À notre connaissance, notre étude est la première à envisager l'antériorisation de /ɔ/ sous l'angle de l'évolution temporelle des formants. Ainsi, bien que jusqu'ici, le phénomène n'ait pas été compris comme une dynamique intrinsèque à la voyelle, nous constatons que dans ce cadre de référence, en considérant l'évolution de F₂ de 25 à 75 % de la durée vocalique, /ɔ/ est bel et bien sujet à une antériorisation dans nos données, chez les deux sexes et dans toutes les villes considérées.

Cette prise en considération de trois points de mesure temporels apporte de la profondeur à nos résultats, notamment en ce qui a trait à la comparaison macro-géographique, et confirme, à notre avis, la pertinence de prendre en compte la dynamique formantique dans les études concentrées sur la variation diatopique. Néanmoins, les modèles de régression linéaire à effets mixtes que nous avons utilisés ne nous ont pas permis de faire une analyse unifiée à la fois des facteurs fixes VILLE, SEXE, PRE_LIEU et POST_LIEU et des points de mesure, puisque ceux-ci constituent une série temporelle dont les données sont nécessairement corrélées. Nous explorerons cette limite dans la section 4.2.4.

4.2. Limites méthodologiques

Certains aspects méthodologiques de notre étude, comme la prise en compte de F₃, le relevé des fréquences formantiques en trois points de mesure temporels et la comparaison à deux échelles géographiques, sont indubitablement novateurs et ont permis d'apporter des données nouvelles sur la variation dans la prononciation de /ɔ/ en français contemporain. Cependant, notre travail comporte

⁷⁰ Soulignons toutefois que les procédures de normalisation, quoique la plupart d'entre elles visent (entre autres) à permettre de réunir les occurrences des hommes et des femmes pour une comparaison directe, parviennent rarement à éliminer l'ensemble de la variation liée aux différences physiologiques. Ainsi, les résultats de Adank *et al.* (2004) et de Sigouin (2014) indiquent que seules quelques procédures sont efficaces à cette fin, comme celle de Lobanov (1971) et de Nearey (1977). Cependant, ces procédures sont extrinsèques, et comme mentionné dans la section 2.2.7, nous ne pouvions pas les appliquer à nos données.

des limites liées aux choix, parfois arbitraires, que nous avons opérés, et il convient de les énoncer pour apporter toute la nuance voulue à nos résultats.

4.2.1. Variables dépendantes

Dans le cadre de la présente étude, nous avons fait le choix d'analyser la structure acoustique des voyelles à l'aide d'indices largement utilisés dans la littérature phonétique, soit les trois premiers formants vocaliques. L'analyse des formants n'est qu'une des méthodes disponibles pour caractériser la structure acoustique des voyelles; ainsi, par exemple, des approches fondées sur la prise en compte de l'ensemble du spectre, comme les MFCC (*mel-frequency cepstral coefficients*)⁷¹, sont fréquemment utilisées pour les études en reconnaissance de la parole (Schafer, 2008) et ont aussi été exploitées pour explorer la variation régionale (Ferragne et Pellegrino, 2010). Cependant, les formants présentent de nombreux avantages évoqués dans la section 2.1.1, le plus notable desquels est leur interprétabilité, facilitée par leur association avec les dimensions articulatoires d'aperture et d'antériorité (Delattre, 1948).

Nous aurions néanmoins pu nous intéresser à de nombreux autres paramètres acoustiques. À titre d'exemple, le deuxième formant effectif, ou F_2' , une mesure composite pouvant être calculée de diverses façons (voir par ex. Mantakas *et al.*, 1986), aurait pu être utilisé, étant vraisemblablement un meilleur reflet du percept d'antériorité que le deuxième formant à lui seul (Harrington, 2010). Nous aurions pu y avoir recours comme indicateur de postériorité, à la manière de Syrdal et Gopal (1986)⁷². Par ailleurs, la variation liée à l'origine géographique et à la coarticulation peut certainement affecter d'autres composantes de la structure acoustique de /ɔ/, comme F_4 et f_0 , exploités par exemple par Riverin-Coutlée (2015) pour l'étude du /ɛ/ en finale de mot entre Québec et Saguenay, ou la largeur de bande de chacun des formants. Enfin, la durée, déjà examinée dans plusieurs études consacrées à la variation diatopique (par ex., en anglais américain : Jacewicz et Fox, 2007; en français québécois : Sigouin, 2013, 2018; Riverin-Coutlée, 2015), aurait également pu être considérée comme variable dépendante. Ce dernier paramètre est par ailleurs susceptible de covarier avec les fréquences formantiques, s'apparentant alors à une variable indépendante. Nous reviendrons sur ce point dans la section 4.2.5.

4.2.2. Échantillon

Notre échantillon de 19 à 20 locuteurs (9 ou 10 de chaque sexe) par point d'enquête (39 à Saguenay) est relativement limité : à ce chapitre, en effet, il ne peut rivaliser avec celui de grandes études de corpus (par ex. Boula de Mareüil *et al.*, 2010; Lamontagne, 2015a) réunissant des locuteurs aux profils variés. Sa taille somme toute réduite est néanmoins plus importante que celle de l'échantillon de la quasi-totalité des études recensées dans le **Chapitre 1**.

⁷¹ À ce sujet, voir l'étude classique de Davis et Mermelstein (1980).

⁷² Chez ces auteures, F_2' correspond à la différence en barks entre les fréquences centrales de F_2 et de F_3 .

Par ailleurs, bien que le statut socioéconomique (SSE) des locuteurs influe vraisemblablement sur la prononciation de /ɔ/ (voir par ex. Péretz, 1977; Paradis, 1985), il n'a pas été contrôlé, dans les corpus que nous avons utilisés, autrement que par le niveau d'éducation des participants. Ce dernier n'est qu'un indicateur partiel du SSE (Ash, 2013). Au regard des quelques informations sociologiques disponibles, notamment l'emploi occupé par les parents et leur degré de scolarité, il est certain qu'il existe une certaine hétérogénéité de SSE chez les participants à l'étude. Certains sont issus de familles ouvrières, d'autres ont deux parents occupant des professions libérales. Les étudiants de l'Université du Québec à Chicoutimi, institution d'attache de tous les participants saguenéens de notre étude, sont aussi majoritairement de première génération (Bonin et Girard, 2013, 2017; Gagnon-Tremblay, 2016), ce qui est moins le cas à l'Université Laval (Québec) (David, 2013). Cependant, cette disparité entre Québec et Saguenay est certainement attendue en regard du profil de leur population respective : ainsi, 38 % des habitants de la région de la Capitale nationale ont un diplôme de grade universitaire, contre 18 % au Saguenay–Lac-St-Jean (Institut de la Statistique du Québec, 2017 : 46). Enfin, la situation est encore davantage compliquée par la comparaison entre le Québec et la France, deux espaces géographiques où les déterminants du SSE sont indéniablement différents.

En somme, la taille modeste de notre échantillon et l'absence de contrôle du SSE impose une certaine prudence quant à une possible généralisation des résultats de la présente étude à l'ensemble de la population des points d'enquête retenus.

4.2.3. Comparaison entre Québec et France

La comparaison entre le Québec et la France réalisée dans notre étude est compliquée par l'existence d'une différence dans l'opposition d'aperture des voyelles moyennes entre ces deux espaces géographiques. Ainsi, si /ɔ/ et /o/ sont des voyelles nettement différentes au Québec, où elles se distinguent chez tous les locuteurs (Martin, 1998b), il n'en va pas de même dans toute la France. Bien que Lyon appartienne à la région linguistique du nord de la France, où la distinction d'aperture pour les voyelles moyennes est présumée active (Boula de Mareüil *et al.*, 2010), il est possible qu'elle n'y soit pas maintenue systématiquement. Nous avons ainsi remarqué que les locuteurs lyonnais hésitaient parfois entre /o/ et /ɔ/ pour réaliser la voyelle dans les mots cibles de notre corpus. D'ailleurs, comme mentionné dans la section 2.2.4, l'un de nos locuteurs a été écarté des analyses en raison d'une propension marquée à réaliser une voyelle mi-fermée plutôt que mi-ouverte. Malheureusement, la littérature existante ne permet pas de corroborer ces observations éparses. En effet, comme nous le mentionnions dans la section 2.2.1.2, nous avons constaté qu'il existe un certain vide scientifique autour du français en usage à Lyon. Certains des locuteurs interrogés par Martinet (1945) et par Walter (1982) sont certes originaires du Lyonnais, et la banque de données CARTOPHO (Boula de Mareüil *et al.*, 2016) fournit quelques informations sur la prononciation en usage dans cette ville. Il est vrai également que Lyon et Villeurbanne ont été retenus comme points d'enquête du projet PFC (Lyche, 2005). Cependant, à notre connaissance, aucune publication scientifique spécifique n'a encore émergé des données récoltées sur place, bien que celles-ci aient été utilisées par Woehrling et Boula de Mareüil (2007), Woehrling (2009) et Boula de Mareüil *et al.*

(2010, 2013) pour une étude plus vaste de la variabilité géographique liée à /ɔ/. De fait, seule l'étude limitée de Michut (2000) est consacrée spécifiquement au français lyonnais. L'absence d'une description phonétique approfondie de cette variété se fait donc sentir, puisqu'une telle étude aurait pu éclairer nos résultats. Nous espérons que d'autres chercheurs s'intéresseront aux usages phonétiques propres à Lyon, étant donné l'importance de cette ville en France.

Les deux points d'enquête que nous avons utilisés pour notre comparaison entre la France et le Québec ont été choisis plutôt pour leur accessibilité dans le cadre de notre collecte de données que pour leur degré de similitude. Ainsi, il existe certainement des différences importantes entre un centre urbain et un pôle économique aussi important que Lyon et une ville de taille modeste comme Saguenay. En somme, pour compléter cette première comparaison, il serait nécessaire d'augmenter le nombre de points d'enquête considérés sur les deux continents.

4.2.4. Modèles statistiques

Nous avons été contraint, par la nature répétée de nos mesures (effectuées en trois points temporels pour chaque voyelle), d'effectuer des analyses statistiques séparées à 25, 50 et 75 % de la durée vocalique, ce qui complique l'interprétation et peut engendrer des erreurs. Dans l'absolu, des méthodes statistiques capables de prendre en compte des données en série temporelle seraient mieux adaptées à des données comme les nôtres que des modèles linéaires à effets mixtes. Les modèles additifs généralisés mixtes (*generalized additive mixed models*, GAMM) semblent être tout désignés pour des données formantiques dynamiques. Ceux-ci permettent de comparer des courbes, comme des trajectoires formantiques, plutôt que des valeurs numériques (Sóskuthy, 2017). Cependant, l'utilisation de tels modèles en phonétique est encore peu fréquente. Nous n'avons pu recenser que deux études publiées fondées sur l'utilisation de GAMM (Strycharczuk et Scobbie, 2017; Wieling, 2018).

De plus, comme on l'a vu dans le **Chapitre 3**, la procédure que nous avons retenue pour écarter les données influentes (voir section 2.2.6.2.3) a parfois mené à l'exclusion d'un nombre important d'occurrences, jusqu'à plus d'une trentaine. Cette situation découle probablement de deux facteurs.

D'abord, comme nous l'expliquions dans la section 3.2.2.2.2, l'un de nos critères d'exclusion était l'appartenance des résidus d'un point de donnée aux 5 % extrêmes de la distribution. Ce seuil de 5 % est arbitraire et semble, *a posteriori*, un peu sévère; il a augmenté le bassin d'occurrences pouvant être rejetées si elles satisfaisaient un autre critère d'exclusion. Ainsi, le seuil de 1 % adopté dans St-Gelais *et al.* (2018) permettait d'identifier un nombre moins important d'occurrences potentiellement problématiques. En sélectionnant le seuil de 5 %, nous avons possiblement empêché certains effets d'être identifiés comme significatifs.

De plus, nous n'avons pas pu suivre la méthode recommandée pour le calcul des distances de Cook, un autre des critères d'exclusion auxquels nous avons eu recours. En effet, Nieuwenhuis (communication personnelle, 17 août 2017), concepteur principal de la bibliothèque *influence.ME* que nous avons utilisée, préconise une procédure itérative pour ce calcul :

1. Calculer une distance de Cook pour toutes les occurrences en les enlevant une à une du modèle complet.
2. Identifier l'occurrence la plus influente et la retirer du modèle complet pour obtenir un modèle réduit.
3. Répéter les étapes 1 et 2, en remplaçant le modèle complet par le modèle réduit, jusqu'à ce qu'aucune occurrence n'ait une distance de Cook dépassant le seuil fixé de $4/n$.

Il nous a été impossible de nous conformer à cette recommandation. En effet, la seule première étape pouvait prendre de 1 heure (pour le corpus C10-12) à 27 heures (pour le corpus C16-17) de calcul sur un ordinateur comme ceux qui étaient à notre disposition. Il n'était par conséquent pas envisageable d'appliquer les étapes 1 à 3 mentionnées ci-dessus plus d'une quinzaine de fois pour chacun des 18 modèles. Cet écueil a donc pu mener à quelques identifications erronées de données influentes quant au critère de la distance de Cook.

Finalement, nous le soulignons dans la section 2.2.6.1.1, nous ne nous sommes pas astreint à l'interprétation des seuls effets dont la valeur de p calculée par les tests de Fisher était inférieure au seuil traditionnel de 0,05. Nous n'avons toutefois pas su nous affranchir entièrement de cette convention à toutes les étapes du processus. Ainsi, toujours au **Chapitre 2**, nous expliquions avoir eu recours à des LRT pour comparer des modèles entre eux tout en utilisant ce seuil de 0,05. Malheureusement, il semble pour l'heure difficile d'échapper à ce problème dans le domaine de la statistique fréquentiste si l'on souhaite appliquer une procédure de sélection de modèle.

4.2.5. Variables explicatives et codage des catégories

Pour atteindre l'un des objectifs de la présente étude, les deux variables linguistiques liées à la coarticulation, PRE_LIEU et POST_LIEU, ont été codées grâce à un nombre limité de catégories. Cette méthode a certes permis de relever des patrons coarticulatoires marquants et de mieux comparer nos résultats à ceux des études antérieures; cependant, la classification retenue pourrait voiler des tendances qui ne seraient révélées qu'en affinant les catégories ou en distinguant simplement toutes les consonnes les unes des autres, à l'instar d'Armstrong et Low (2008) et de Mooney (2016) dans leurs analyses respectives. Par exemple, comme on l'a vu dans la section 4.1.2, le /ʌ/ antéposé est associé à des valeurs de F_2 plus basses que les autres consonnes postérieures, ce que nous n'avons pu constater qu'indirectement, en observant les modes conditionnels de l'effet aléatoire du MOT. Dans le même esprit, Armstrong et Low (2008 : 440) mentionnent qu'un /m/ postposé favoriserait l'antériorisation de /ɔ/, à la différence de /p/ ou /f/; Yaeger (1979), Paradis (1985) et Hall (2007) indiquent quant à eux que les consonnes nasales postposées favoriseraient l'antériorisation de /ɔ/. L'examen de l'effet individuel de chaque consonne était hors du spectre de la présente étude; cependant, étant donné le nombre d'occurrences que nous avons recueillies et la variété de mots et de pseudo-mots disponibles, analysées autrement, nos données permettraient peut-être d'éclairer l'influence sur l'antériorisation de /ɔ/ du mode articulatoire, de la nasalité ou de la fréquence d'apparition des consonnes dans le lexique (Armstrong et Low, 2008). Par ailleurs, un codage

consonne par consonne permettrait sans doute également d'affiner la comparaison entre le français hexagonal et le français québécois.

Malgré le codage large adopté pour les variables linguistiques, les variables explicatives exploitées dans le cadre de la présente étude ont en général permis d'expliquer une part substantielle de la variance observée dans les valeurs de fréquences formantiques, comme le montre le Tableau 20, qui synthétise les R^2 calculés pour chacun des modèles (voir l'Annexe 9 et l'Annexe 11) à l'aide de la bibliothèque R *piecewiseSEM* (Lefcheck, 2015).

Corpus	F ₁			F ₂			F ₃		
	25 %	50 %	75 %	25 %	50 %	75 %	25 %	50 %	75 %
C10-12	0,56 (0,82)	0,56 (0,84)	0,42 (0,76)	0,64 (0,90)	0,59 (0,88)	0,59 (0,84)	0,32 (0,85)	0,34 (0,86)	0,34 (0,84)
C16-17	0,49 (0,79)	0,55 (0,82)	0,55 (0,81)	0,62 (0,88)	0,57 (0,85)	0,64 (0,85)	0,62 (0,88)	0,70 (0,89)	0,58 (0,88)

Tableau 20 – Valeurs de R^2 marginal et conditionnel (entre parenthèses) calculées pour chacun des modèles statistiques

Ces indices, d'une valeur entre 0 et 1, donnent un aperçu du pouvoir explicatif d'un modèle statistique : le R^2 conditionnel illustre la part de la variance expliquée par tous les facteurs, fixes et aléatoires, alors que le R^2 marginal illustre celle qui est expliquée par les seuls facteurs fixes (Nakagawa et Schielzeth, 2013). Dans le Tableau 20, le R^2 marginal dépasse 0,30 dans tous les cas, et 0,50 dans 13 des 18 modèles⁷³. Ces performances sont excellentes, considérant le nombre élevé de paramètres réputés influencer les valeurs des fréquences formantiques et le faible nombre de variables indépendantes examinées dans le cadre de cette étude. L'ajout de l'effet des facteurs aléatoires porte l'ensemble des modèles à des valeurs de R^2 conditionnel au-delà de 0,75, et même de 0,80 dans 16 cas sur 18. Ce fait indique que la plupart de la variance qui n'est pas expliquée par les facteurs fixes dépend de variables lexicales ou individuelles, liées aux effets aléatoires du MOT ou du LOCUTEUR. Une éventuelle variation des fréquences formantiques liée au genre comme construit social (et non au sexe biologique des individus, associé à des différences physiologiques), par exemple, pourrait être absorbée par les constantes aléatoires calculées pour chaque locuteur.

En dépit de ces bons résultats, soulignons que trois variables linguistiques au moins n'ont pas été considérées dans nos analyses : la fréquence lexicale, la durée et le statut lexical (mot/pseudo-mot).

D'abord, bien que la fréquence lexicale ait été mentionnée dans quelques études antérieures (par ex. Lamontagne, 2015a; Mooney, 2016), nous jugions difficile de la prendre en compte directement en raison de la comparaison de deux variétés de français (français québécois et hexagonal) et de l'utilisation conjointe de mots et de pseudo-mots – le choix de ces derniers n'a d'ailleurs pas été orienté en fonction de la fréquence lexicale. L'inclusion de constantes aléatoires par MOT, bien qu'elle n'ait pas permis en elle-même d'évaluer l'effet réel de la fréquence lexicale, a selon nous suffi à faire

⁷³ Les modèles les moins performants sont ceux qui ont été calculés pour F₃ dans le corpus C10-12. Ce fait est surprenant, puisque les R^2 marginaux des modèles évaluant F₃ pour le corpus C16-17 sont notablement meilleurs, alors que les mêmes variables indépendantes ont été prises en considération dans tous ces modèles. Nous n'avons pas d'explication à cette situation.

en sorte que les modèles la prennent en compte et que les résultats pour les facteurs fixes retenus soient les plus fiables possible.

Quant à la durée, que nous avons relevée pour effectuer les mesures en différents points de chaque voyelle, nous avons préféré ne pas l'inclure dans nos modèles statistiques : l'ajout d'un prédicteur continu les aurait rendus encore plus complexes. Il serait toutefois important de vérifier si la faible durée de certaines occurrences n'explique pas en partie leur antériorisation, sachant que cette relation entre durée et voyelles réduites a été notée non seulement dans le cas de /ɔ/ (par ex. Yaeger, 1979; Lamontagne, 2015a), mais aussi pour les voyelles en général (Stevens et House, 1963; Lindblom, 1963).

Concernant le statut lexical, nous avons inclus, dans le corpus C16-17, aussi bien des mots (en majorité, soit 49) que des pseudo-mots (27), de façon à avoir assez de matériel linguistique à notre disposition pour bien évaluer l'effet du lieu d'articulation des consonnes adjacentes sur /ɔ/. Cette décision peut être critiquée sur au moins deux aspects.

Premièrement, selon l'hypothèse de la double voie (*dual route hypothesis*), d'abord évoquée par Forster et Chambers (1973), puis reprise par nombre d'études⁷⁴, il est possible que les deux types d'unités que nous avons utilisées, mots et pseudo-mots, soient traités différemment au moment où les locuteurs doivent les lire à voix haute : les mots, dont l'orthographe est connue, auraient une forme phonologique stockée en mémoire et récupérée par une recherche dans le « dictionnaire » mental, alors que les pseudo-mots, n'ayant jamais été lus auparavant, seraient plutôt produits grâce à des règles de correspondance graphèmes-phonèmes (Coltheart, Curtis, Atkins et Haller, 1993). L'hypothèse de la double voie s'appuie notamment sur le temps de lecture variable entre les unités de statut lexical différent (Forster et Chambers, 1973). Au moment de préparer notre publication consacrée aux résultats pour F₂ à 50 % dans le corpus C16-17 (St-Gelais *et al.*, 2018), nous avons ainsi ajouté le statut lexical comme facteur fixe au modèle de régression linéaire à effets mixtes, jugeant qu'il pouvait avoir influencé la prononciation de /ɔ/. Toutefois, ce paramètre n'est pas apparu pertinent dans l'explication de la variation de la fréquence formantique. Il semble probable que la méthodologie que nous avons employée pour faire produire les pseudo-mots, qui consistait d'abord à les insérer dans une phrase et à les faire prononcer une première fois avant de les faire répéter, ait amoindri d'éventuelles différences de traitement entre les mots et les pseudo-mots. Sur la base du résultat obtenu, l'effet du statut lexical n'a pas été évalué dans les autres modèles.

Deuxièmement, plusieurs des syllabes que nous avons catégorisées comme des pseudo-mots s'apparentent phonologiquement à des mots usuels, du moins en français québécois. D'une part, *bob* correspond à « Bob », diminutif usuel du prénom « Robert »; de l'autre, *mop* (« mop » = 'vadrouille'), *kop* (« cup » = 'petit verre en papier'), *god* (« God » = 'Dieu'), *bomme* (« bum » = 'voyou'), *gonne* (« gun » = 'fusil'), *pof* (« puff » = 'bouffée de cigarette') et *honne* (« on » = 'allumé / activé') constituent des graphies alternatives d'emprunts à l'anglais. De façon similaire, en français hexagonal

⁷⁴ Pour une vue d'ensemble des travaux sur la question, le lecteur peut se référer à Coltheart *et al.* (1993) et à Pritchard, Coltheart, Palethorpe et Castles (2012).

mais de plus en plus en français québécois également, notre pseudo-mot *mog* rappelle « mug », emprunt à l'anglais signifiant 'tasse'. Nous avons fait le choix de ne pas utiliser, dans notre tâche de lecture, les mots correspondant à ces pseudo-mots. Par exemple, le graphème <u>, présent dans plusieurs de ces mots, aurait pu être rendu par un /y/ par un locuteur les rencontrant pour la première fois; or, nous avons pour objectif de susciter la voyelle /ɔ/ et nous ne voulions pas devoir « corriger » les participants de l'étude pour orienter leur production attendue. Nous espérons que l'utilisation systématique du graphème <o> a permis de mettre tous les locuteurs sur un pied d'égalité par rapport à ces quelques syllabes. De surcroît, les participants ont été appelés à lire ces pseudo-mots dans des phrases porteuses ne permettant pas de les relier au sens des mots correspondants (« Tu dis les mots X »), le tout dans une partie de la tâche de lecture comprenant une multitude d'autres pseudo-mots n'ayant aucune ressemblance avec des mots existants (par ex. *ud, nok, did, ig, etc.*).

4.2.6. Tendances individuelles

Une dernière limite de notre travail se trouve dans le fait que nous nous sommes concentré sur l'analyse de l'effet des facteurs interindividuels sans examiner le comportement spécifique des individus, opérant ainsi des regroupements sociaux sur la base des facteurs SEXE et VILLE. Or, cette méthode peut occulter des patrons de variation intéressants et a été maintes fois critiquée (voir Walker et Meyerhoff, 2013). Dans le cas présent, comme l'ont illustré la Figure 13, le Tableau 13, la Figure 27 et le Tableau 15, l'aire de dispersion, dans les deux espaces acoustiques, des occurrences de /ɔ/ produites par les femmes de Saguenay amène à l'idée qu'il faut peut-être distinguer dans ce groupe deux profils de locutrices, les « innovatrices » et les « conservatrices », par rapport à l'antériorisation de /ɔ/. Cette situation n'est pas sans précédent, du moins lorsqu'on observe plusieurs variables linguistiques : ainsi, de nombreuses études soulèvent un « paradoxe de genre » (voir Labov, 1990) qui fait en sorte que les femmes sont à la fois innovatrices et conservatrices, selon la variable linguistique considérée. Cependant, comme le soulignent Matsumoto et Britain (2001 : 81), « to a large extent the [gender paradox] arises from the methodological aggregations of same-sex speakers, rather than from the activities and practices of individuals ». Il peut ainsi avoir été illusoire de réunir les Saguenéennes en un groupe sur la seule base du sexe biologique. Il est fort probable que des différences de SSE expliquent en partie l'appartenance de ces femmes à l'un ou l'autre des profils putatifs : par exemple, les locutrices plus favorisées pourraient manifester un désir de converger vers une norme exogène, à la manière des jeunes femmes de Roanne (Armstrong et Low, 2008) ou du Béarn (Mooney, 2016), alors que celles qui sont issues de milieux plus modestes pourraient être plus fortement enracinées dans leur région d'origine et moins sujettes à la mobilité géographique. Bien que le temps ne nous permettait pas d'en mener une, une étude ethnographique plus poussée, à la manière de Eckert (1988) ou de Matsumoto et Britain (2001), aurait possiblement permis de mieux comprendre la situation des femmes de Saguenay.

4.3. Perspectives

La revue de la littérature proposée dans le **Chapitre 1** aura permis au lecteur d'apprécier la complexité de l'analyse de l'antériorisation de /ɔ/ et la multiplicité des éléments pouvant influencer le phénomène. Si la présente étude a élargi les connaissances sur la structure acoustique de cette voyelle, sur la variation diatopique qui la marque et sur l'influence de la coarticulation sur sa prononciation, de nombreuses questions restent en suspens et pourront intéresser les chercheurs qui voudraient explorer plus avant l'antériorisation de /ɔ/. Nous suggérons ici quelques pistes en ce sens.

4.3.1. Temporalité et hétérogénéité des effets

Les études précédentes sur l'antériorisation de /ɔ/ ont porté sur une grande variété de populations (locuteurs jeunes et âgés, ouvriers et bourgeois, Roannais et Parisiens, etc.) et, qui plus est, ont été menées à des époques différentes, des années 1950 à nos jours. Que les auteurs ne s'entendent pas sur l'effet ou sur la direction de l'effet de nombreux facteurs extralinguistiques, ou même sur l'effet du /ʁ/ postposé, ne paraît dès lors pas surprenant : même si l'objet d'étude est fondamentalement le même, il n'est pas sûr que chacun d'entre eux ait pu observer l'antériorisation de /ɔ/ au même stade de son évolution et à l'aide des mêmes outils méthodologiques.

Les points de consensus qui émergent du **Chapitre 1** concernent essentiellement les facteurs internes : le phénomène semble pouvoir se produire en syllabe ouverte dans tous les cas et est favorisé par une durée vocalique courte et une position prosodique inaccentuée. Ces éléments, couplés au nombre important de lieux où a été remarquée l'antériorisation de /ɔ/, amènent à penser que le phénomène pourrait être une tendance coarticulatoire à l'origine.

Suivant Ohala (1989), de telles tendances sont susceptibles d'émerger à tout moment dans la parole des locuteurs. Lors de cette première étape, selon l'auteur, elles constituent des aléas de prononciation, des bruits que peuvent ignorer les auditeurs, dotés de règles internes de reconstruction visant à « filtrer » les interférences liées à la coarticulation. Cependant, Ohala (1981, 1989) estime qu'un tel bruit peut être interprété comme un signal par un auditeur dont la règle de reconstruction ne pourrait s'appliquer – par exemple, si le contexte qui la déclenche est inaudible. Un « micro-changement phonétique », selon les termes d'Ohala (1981, 1989), se produit alors si l'auditeur intègre à sa production volontaire le signal qu'il a perçu. Celui-ci peut ensuite se diffuser à la communauté et acquérir une signification sociale. Ohala (1983 : 205-207) suggère par exemple que l'affrication de /t, d/ devant les voyelles fermées antérieures, que l'on retrouve dans nombre de langues et même dans plusieurs variétés de français, comme le français québécois (Poirier, 2009) et le français hexagonal (Trimaille, Candea et Lehka-Lemarchand, 2012), pourrait avoir émergé grâce à ce mécanisme. En définitive, peut-être n'est-il pas étonnant que l'antériorisation de /ɔ/ surgisse un peu partout dans la francophonie et semble être associée à des groupes différents d'un endroit à l'autre.

Par ailleurs, si les changements phonétiques émergent généralement dans des contextes phonétiques favorables, ils peuvent ensuite s'étendre à d'autres qui ne les favorisent pas *a priori*. C'est possiblement ce qui entre en ligne de compte dans le cas de l'effet du /ʁ/ postposé sur /ɔ/, qui est,

rappelons-le, controversé (Coveney, 2001). Ainsi, comme on l'a vu dans la section 4.1.2, il semble que /ʁ/, en position antéposée, ait un effet particulièrement postériorisant en France comme au Québec. Étant donné le parallélisme important entre les patrons des effets du lieu d'articulation de la consonne antéposée et postposée dans nos résultats et le fait que le /ʁ/ antéposé est associé à des valeurs très basses de F₂ pour /ɔ/, il est permis de présumer qu'à la base, le /ʁ/ postposé ne favorise pas l'antériorisation de /ɔ/. Par conséquent, dans une communauté A, où la diffusion de l'antériorisation de /ɔ/ est récente, une consonne adjacente postérieure peut ne pas être favorable à la manifestation du phénomène, alors que dans une communauté B, où l'antériorisation de /ɔ/ est amorcée depuis 100 ans, celle-ci peut s'être diffusée à l'ensemble des contextes phonétiques. Dès lors, les auteurs qui constatent que le phénomène est prégnant lorsque /ɔ/ est suivi de /ʁ/ sont probablement face à un processus implanté depuis longtemps. Cette interprétation paraît cohérente si l'on considère trois faits :

- > la plupart des études qui identifient le /ʁ/ postposé comme un catalyseur de l'antériorisation de /ɔ/ (Gadet, 1992, 1997; Fónagy, 1989; Fougeron et Smith, 1993) ont été menées à Paris, où l'antériorisation de /ɔ/ aurait d'abord émergé (Martinet, 1957); qui plus est, elles sont relativement récentes, alors que les études qui trouvent un effet inverse sont pour la plupart plus anciennes (par ex. Hall, 1948; Martinet, 1957; Morin, 1971; Walter, 1976; Lennig, 1978).
- > les études consacrées à des communautés où l'antériorisation de /ɔ/ est une innovation récente (Armstrong et Low, 2008; Mooney, 2016) indiquent que le /ʁ/ postposé est très défavorable au phénomène;
- > aucune étude ne mentionne l'antériorisation de /ɔ/ *seulement* dans le contexte d'un /ʁ/ postposé.

D'autres études sont néanmoins requises pour vérifier cette hypothèse. Rappelons que nous n'avons étudié l'effet de cette consonne dans aucun des deux corpus que nous avons utilisés, étant donné qu'en français québécois, le /ʁ/ postposé engendre une diphtongaison et non une antériorisation (Côté, 2012; Arnaud et Riverin-Coutlée, 2014, 2016). Cependant, le corpus C16-17 contient 8 mots fermés par /ʁ/, et il sera possible dans le futur d'utiliser ces données pour vérifier l'effet de cette consonne en position postposée à Lyon.

Soulignons enfin que les syllabes fermées en position prosodique accentuée dans lesquelles nous avons choisi d'étudier /ɔ/ ne constituent en aucun cas le contexte le plus favorable à l'antériorisation de cette voyelle; pourtant, le phénomène s'y produit, à tout le moins au niveau acoustique.

4.3.2. Domaine d'analyse

Nous avons offert, dans la présente contribution, un portrait *synchronique* de la variation dans la prononciation de la voyelle /ɔ/, fondé sur l'analyse de parole *lue* produite par des locuteurs *originaires de trois villes*. Le domaine de notre analyse, restreint notamment en raison de contraintes temporelles, gagnerait à être étendu.

Il serait profitable, pour éclairer l'évolution de l'antériorisation de /ɔ/ au Québec, de réanalyser des données anciennes. À titre d'exemple, les enregistrements de Paradis (1985), effectués à Chicoutimi et à Jonquière au début des années 1980, sont toujours disponibles sur cassettes. Des données orales récoltées pendant les enquêtes ayant mené à la réalisation de l'ALEC (Dulong et Bergeron, 1980) et des *Parlers français de Charlevoix, du Saguenay, du Lac-Saint-Jean et de la Côte-Nord* (Lavoie *et al.*, 1985) ont été numérisées et sont également accessibles. Ces corpus pourraient être comparés au corpus C10-12 avec les précautions nécessaires; ce faisant, l'affirmation de Lamontagne (2015a) concernant la progression de l'antériorisation de /ɔ/ pourrait être vérifiée.

Dans un autre ordre d'idées, le contexte de communication dans lequel nous avons recueilli les occurrences de /ɔ/ n'est pas le plus propice à la manifestation de l'antériorisation de /ɔ/ : si le recours à une tâche de lecture en laboratoire nous a permis de contrôler une multitude de facteurs confondants (Xu, 2010), mentionnés dans la section 2.2.2.1, il n'a vraisemblablement pas favorisé l'émergence d'une parole spontanée, identifiée comme favorable à l'antériorisation de /ɔ/ par la majorité des études recensées au **Chapitre 1**. Pourtant, même dans des conditions très formelles, les voyelles des étudiants ayant participé à notre étude se distinguent nettement entre elles par leur deuxième formant. Les patrons de variation que nous avons mis au jour seraient-ils plus marqués en parole spontanée? Il paraît important de poursuivre les travaux sur l'antériorisation de /ɔ/ en utilisant des corpus de ce style de parole, à l'instar de Yaeger (1979), de Paradis (1985) et de Lamontagne (2015a) au Québec et de Armstrong et Low (2008), de Boula de Mareuil *et al.* (2010) et de Mooney (2016) en France. À ce chapitre, le corpus *Québec Phone 2016*, mis sur pied par Caroline Sigouin (Sigouin, 2018), paraît extrêmement prometteur : destiné à être offert en ligne aux chercheurs, il est constitué des enregistrements de 279 étudiants et étudiantes de 18 cégeps du Québec.

L'aire géographique couverte rend aussi ce corpus intéressant pour un examen plus large des dynamiques régionales dans la prononciation de /ɔ/. Dans cette veine, si une ville en particulier doit être priorisée, c'est la métropole québécoise : il paraît primordial de mettre à jour les données sur cette voyelle à Montréal, l'étude de Yaeger (1979) datant de presque 40 ans.

4.3.3. Perception

La présente étude a été menée dans le domaine de l'acoustique, mais il est évident que l'antériorisation de /ɔ/ doit également être traitée d'un point de vue perceptuel. D'une part, cela permettrait de vérifier si un éventuel désarrondissement de /ɔ/ (évoqué par Hall, 1948; Lennig, 1978; Armstrong et Low, 2008) est perceptible. D'autre part, rien ne semble indiquer *a priori* que les auditeurs de Québec et de Saguenay remarquent la différence acoustique pourtant significative⁷⁵ qui existe pour la voyelle /ɔ/ entre ces deux villes : dans les imitations ou les conversations métalinguistiques, l'antériorisation de /ɔ/ n'est presque jamais évoquée. Est-il possible qu'il existe une asymétrie entre les villes en fonction de celle où le phénomène d'antériorisation est le mieux

⁷⁵ Les études classiques sur les *difference limens* évoquées dans la note de bas de page 64 (Flanagan, 1955; Nord et Sventelius, 1979) suggèrent qu'une différence de ± 50 Hz autour d'un F_2 de 1000 Hz est perçue, selon les sujets et la direction de la différence, dans 50 à 90 % des cas.

ancré, comme on le remarque pour l'ouverture de /ɛ/ en finale de mot (Riverin-Coutlée, 2015)⁷⁶? Comme cela a été fait à partir d'autres études consacrées à la variation diatopique en français québécois (par ex. pour le rapprochement de /ɔ/ et de /ɑ/ devant /ʁ/, Arnaud et Riverin-Coutlée, 2016), il serait important de tester la robustesse perceptuelle de la différence de F₂ de /ɔ/ entre Québec et Saguenay.

Enfin, pour exploiter au maximum nos données issues de deux continents, la perception des productions lyonnaises par des auditeurs des deux villes québécoises ici considérées pourrait aussi être évaluée pour vérifier si les différences de production à l'échelle micro-géographique sont associées à une façon différente de percevoir un accent étranger. La poursuite de travaux dans la perspective comparative que nous avons adoptée dans la présente contribution paraît féconde tant pour l'étude de l'antériorisation de /ɔ/ que pour celle d'autres phénomènes phoniques caractérisant plusieurs variétés de français.

⁷⁶ Ce type d'asymétrie, cette fois entre les locuteurs plus jeunes et plus âgés, est également rapporté pour l'antériorisation de /u/ en anglais britannique (Harrington *et al.*, 2008).

Bibliographie

- ADANK, Patti, Roel SMITS et Roeland VAN HOUT (2004), « A comparison of vowel normalization procedures for language variation research », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 116, n° 5, p. 3099-3107.
- ADDA-DECKER, Martine, Cédric GENDROT et Noël NGUYEN (2008), « Contributions du traitement automatique de la parole à l'étude des voyelles orales du français », *Traitement automatique des langues*, vol. 49, n° 3, p. 13-46.
- ALLEN-GARABATO, Carmen et Micheline CELLIER (2009), « L'enseignement des langues régionales en France aujourd'hui : état des lieux et perspectives », *Tréma*, vol. 31, p. 1-4.
- ARMSTRONG, Nigel et Jennifer LOW (2008), « C'est encœur plus jeuli, le Mareuc: Some evidence for the spread of /ɔ/-fronting in French », *Transactions of the Philological Society*, vol. 106, n° 3, p. 432-455.
- ARNAUD, Vincent (2003), « French nasal vowels spoken in Haut-Jura: a quantitative acoustic study », *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences*, Barcelone (Espagne), p. 929-932.
- (2006), *La dimension variationniste du français en usage à Saint-Claude, Haut-Jura : une étude acoustique des voyelles orales des « gens d'en haut »*, thèse de doctorat, Université de Franche-Comté / Université Laval, Besançon (France) / Québec (Canada), 432 p.
- (2010), « Le rôle des changements spectraux dans la description des voyelles françaises: entre sociophonétique et acoustique », dans REMYSEN, Wym et Diane VINCENT (dir.), *Hétérogénéité et homogénéité dans les pratiques langagières. Mélanges offerts à Denise Deshaies*, Québec (Canada) : Presses de l'Université Laval, p. 207-226.
- ARNAUD, Vincent et Josiane RIVERIN-COURLÉE (2014), « « Une barre d'or sur le bord du bar... » Étude acoustique des voyelles /a/ et /ɔ/ en syllabe fermée par /ʁ/ », présentation orale, *Les français d'ici V*, Moncton (Canada).
- (2016), « De l'acoustique à la perception : la confusion des voyelles /a/ et /ɔ/ en syllabe fermée par /ʁ/ en français québécois », présentation orale, *Association of French Language Studies Conference : French as a shared language / Le français partagé*, Belfast (Royaume-Uni).
- ARNAUD, Vincent, Christophe COUPÉ et Josiane RIVERIN-COURLÉE (à paraître), *Linear mixed-effects models with 'lme4' library: Methodological issues, code snippets and quotations*. [Manuel méthodologique sur R en préparation]
- ASH, Susan (2013), « Social class », dans *The Handbook of Language Variation and Change*, 2^e édition, Chichester (Royaume-Uni) / Malden (États-Unis), Wiley-Blackwell, p. 350-367.
- AUBANEL, Vincent (2011), *Variation phonologique régionale en interaction conversationnelle*, thèse de doctorat, Université Aix-Marseille I, Aix-en-Provence (France), 171 p.
- BAAYEN, R. Harald (2008), *Analyzing Linguistic Data: A Practical Introduction to Statistics using R*, Cambridge (Royaume-Uni) : Cambridge University Press, 353 p.
- BAAYEN, R. Harald, Doug J. DAVIDSON et Douglas M. BATES (2008), « Mixed-effects modeling with crossed random effects for subjects and items », *Journal of Memory and Language*, vol. 59, n° 4, p. 390-412.

- BARANOWSKI, Maciej (2013), « Sociophonetics », dans BAYLEY, Robert, Richard CAMERON et Ceil LUCAS (dir.), *The Oxford Handbook of Sociolinguistics*, Oxford (Royaume-Uni) : Oxford University Press, p. 403-424.
- BARR, Dale J. (2013), « Random effects structure for testing interactions in linear mixed-effects models », *Frontiers in Psychology*, vol. 4, article n° 328.
- BARR, Dale J., Roger LEVY, Christoph SCHEEPERS et Harry J. TILLY (2013), « Random effects structure for confirmatory hypothesis testing: Keep it maximal », *Journal of Memory and Language*, vol. 68, n° 3, p. 255-278.
- BATES, Douglas, Reinhold KLIIEGL, Shravan VASISHTH et Harald BAAYEN (2015), « Parsimonious Mixed Models », *arXiv:1506.04967 [stat]*. Disponible sur <https://arxiv.org/abs/1506.04967>
- BEAUD, Jean-Pierre (2009), « L'échantillonnage », dans GAUTHIER, Benoît, Jacques CHEVRIER, Lorraine SAVOIE ZAJC et André DOLBEC (dir.), *Recherche sociale : de la problématique à la collecte des données*, Québec (Canada) : Presses de l'Université du Québec, p. 251-283.
- BOERSMA, Paul (2013), « Acoustic analysis », dans *Research Methods in Linguistics*, Cambridge (Royaume-Uni) : Cambridge University Press, p. 375-396.
- BOERSMA, Paul et David WEENINK (2018), *Praat: doing phonetics by computer*, version 6.0.x, [logiciel]. Disponible sur <http://www.praat.org/>
- BOLKER, Benjamin M. (2015), « Likelihood and Model Selection », dans FOX, Gordon A., Simoneta NEGRETE-YANKELEVICH et Vinicio J. SOSA (dir.), *Ecological Statistics: Contemporary Theory and Application*, Oxford (Royaume-Uni) : Oxford University Press, p. 309-333.
- BOLKER, Benjamin M., Steve ELLNER et Matthew FERRARI (2012), *Likelihood and all that, for disease ecologists*. Disponible sur http://ms.mcmaster.ca/~bolker/eeid/ecology/GLM_intro.pdf
- BONIN, Sylvie et Stéphanie GIRARD (2013), « Enquête ICOPE 2011 - Rapport d'enquête », Québec (Canada) : Université du Québec, Québec (Québec), 43 p.
- (2017), « Enquête ICOPE 2016 - Rapport d'enquête », Québec (Canada) : Université du Québec, 46 p.
- BORRELL, André et Michel BILLIÈRES (1989), « L'évolution de la norme phonétique en français contemporain », *La Linguistique*, vol. 25, n° 2, p. 45-62.
- BOULA DE MAREÛIL, Philippe, Martine ADDA-DECKER et Cécile WOEHLING (2010), « Antériorisation/aperture des voyelles /ɔ~/o/ en français du Nord et du Sud », *Actes des XXVIII^{es} Journées d'étude sur la parole*, Mons (Belgique), p. 81-84.
- BOULA DE MAREÛIL, Philippe, Jean-Philippe GOLDMAN, Albert RILLIARD, Yves SCHERRER et Frédéric VERNIER (2016), « Cartopho: un site web de cartographie de variantes de prononciation en français », *Actes de la conférence conjointe JEP-TALN-RECITAL 2016*, Paris (France), vol. 1, p. 119-127.
- BOULA DE MAREÛIL, Philippe, Cécile WOEHLING et Martine ADDA-DECKER (2013), « Contribution of automatic speech processing to the study of Northern/Southern French », *Language Sciences*, vol. 39, p. 75-82.
- BOYD, Zac, Zuzana ELLIOTT, Josef FRUEHWALD, Lauren HALL-LEW et Daniel LAWRENCE (2015), « An evaluation of sociolinguistic elicitation methods », *Proceedings of the 18th International Congress of Phonetic Sciences*, Glasgow (Royaume-Uni), article n° 800.

- BRASSEUR, Patrice et Jean-Paul CHAUVEAU (1990), *Dictionnaire des régionalismes de Saint-Pierre et Miquelon*, Tübingen (Allemagne) : Max Niemeyer, 743 p.
- BUCHOLTZ, Mary (1999), « « Why Be Normal? »: Language and Identity Practices in a Community of Nerd Girls », *Language in Society*, vol. 28, n° 2, p. 203-223.
- CALAMAI, Silvia (2005), « Intrinsic vowel normalization: Comparing different procedures (Data from Tuscan Italian) », *Italian Journal of Linguistics*, vol. 17, n° 2, p. 211.
- CANDEA, Maria et Cyril TRIMAILLE (2015), « Introduction. Phonétique, sociolinguistique, sociophonétique : histoires parallèles et croisements », *Langage et société*, vol. 151, n° 1, p. 7-25.
- CAPUT, Jean-Pol (1972), « Naissance et évolution de la notion de norme en français », *Langue française*, vol. 16, n° 1, p. 63-73.
- CARTON, Fernand (1974), *Introduction à la phonétique du français*, Paris (France) : Bordas, 250 p.
- (2000), « La prononciation », dans CERQUIGLINI, Bernard et Gérald ANTOINE (dir.), *Histoire de la langue française 1945-2000*, Paris (France) : CNRS Éditions, p. 25-60.
- (2001), « Quelques évolutions récentes dans la prononciation du français », dans HINTZE, Marie-Anne, Tim POOLEY et Anne JUDGE (dir.), *French Accents: Phonological and Sociolinguistic Perspectives. Mélanges offerts en hommage au professeur Fernand Carton à l'occasion de son quatre-vingtième anniversaire*, London (Canada) : AFLS/CILT, p. 7-23.
- CHAFCOULOFF, Michel, Alain MARCHAL et Thami BENKIRANE (1989), « Coarticulatory patterns in stop sequences », *EUROSPEECH 1989*, Paris (France), vol. 2, p. 304-307.
- CHOMSKY, Noam (1965), *Aspects of the Theory of Syntax*, Cambridge (États-Unis) : The MIT Press, 258 p.
- CLARK, Herbert H. (1973), « The language-as-fixed-effect fallacy: A critique of language statistics in psychological research », *Journal of verbal learning and verbal behavior*, vol. 12, n° 4, p. 335-359.
- CLERMONT, Jean et Henrietta J. CEDERGREN (1979), « Les « R » de ma mère sont perdus dans l'air », dans THIBAUT, Pierrette (dir.), *Le français parlé : études sociolinguistiques*, Edmonton (Canada) : Linguistic Research, p. 13-28.
- CLOPPER, Cynthia G. (2009), « Computational methods for normalizing acoustic vowel data for talker differences », *Language and Linguistics Compass*, vol. 3, n° 6, p. 1430-1442.
- COLTHEART, Max, Brent CURTIS, Paul ATKINS et Micheal HALLER (1993), « Models of reading aloud: Dual-route and parallel-distributed-processing approaches. », *Psychological Review*, vol. 100, n° 4, p. 589-608.
- COOPER, Franklin S., Alvin M. LIBERMAN et John M. BORST (1951), « The interconversion of audible and visible patterns as a basis for research in the perception of speech », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 37, n° 5, p. 318-325.
- CÔTÉ, Marie-Hélène (2012), « Laurentian French (Quebec): Extra vowels, missing schwas and surprising liaison consonants », *Phonological Variation in French: Illustrations from three continents*, vol. 11, p. 235-274.
- COVENEY, Aidan (2001), *The Sounds of Contemporary French: Articulation and Diversity*, Exeter (Royaume-Uni) : Elm Bank Publications, 224 p.
- DAUZAT, Albert (1950), *Phonétique et grammaire historiques de la langue française*, Paris (France) : Librairie Larousse, 305 p.

- DAVID, Michel (2013), « La première génération », *Le Devoir*, édition du 17 janvier, Montréal (Canada).
- DAVIS, Steven B. et Paul MERMELSTEIN (1980), « Comparison of parametric representations for monosyllabic word recognition in continuously spoken sentences », *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. 28, n° 4, p. 357-366.
- DELATTRE, Pierre (1948), « Un triangle acoustique des voyelles orales du français », *The French Review*, vol. 21, n° 6, p. 477-484.
- (1954), « Les attributs acoustiques de La nasalité vocalique et consonantique », *Studia linguistica*, vol. 8, n° 1-2, p. 103-109.
- DELATTRE, Pierre, Alvin M. LIBERMAN, Franklin S. COOPER et Louis J. GERSTMAN (1952), « An experimental study of the acoustic determinants of vowel color; Observations on one- and two-formant vowels synthesized from spectrographic patterns », *Word*, vol. 8, n° 3, p. 195-210.
- DELVAUX, Véronique (2009), « Perception du contraste de nasalité vocalique en français », *Journal of French Language Studies*, vol. 19, n° 1, p. 25.
- DELVAUX, Véronique, Didier DEMOLIN, Bernard HARMEGNIES et Alain SOQUET (2008), « The aerodynamics of nasalization in French », *Journal of Phonetics*, vol. 36, n° 4, p. 578-606.
- DELVAUX, Véronique et Alain SOQUET (2001), « Discriminant analysis of nasal vs. oral vowels in French: comparison between different parametric representations », *EUROSPEECH 2001*, Aalborg (Danemark), p. 647-650.
- DESGRANGES, Jean Claude Léonard Poisle (1821), *Petit dictionnaire du peuple à l'usage des quatre cinquièmes de la France*, Houilles (France) : Éditions Manucius, 160 p.
- DESHAIES-LAFONTAINE, Denise (1974), *A Socio-Phonetic Study of a Quebec French Community: Trois-Rivieres*, thèse de doctorat, University College London, Londres (Royaume-Uni), 387 p.
- DEYHIME, Guiti (1967), « Enquête sur la phonologie du français contemporain », *La linguistique*, vol. 3, fascicule 2, p. 57-84.
- DI CRISTO, Albert (1999), « Vers une modélisation de l'accentuation du français : première partie », *Journal of French language studies*, vol. 9, n° 2, p. 143-179.
- DOCHERTY, Gerard et Norma MENDOZA-DENTON (2012), « Speaker-Related Variation. Sociophonetic Factors », dans COHN, Abigail C., Cécile FOUGERON et Marie K. HUFFMAN (dir.), *The Oxford Handbook of Laboratory Phonology*, Oxford (Royaume-Uni) / New York (États-Unis) : Oxford University Press, p. 43-60.
- DOLBEC, Jean et Conrad OUELLON (1999), « Peut-on distinguer des variétés phonétiques en français québécois? », *Dialangue*, vol. 10, p. 17-28.
- DRAGER, Katie et Jennifer HAY (2012), « Exploiting random intercepts: Two case studies in sociophonetics », *Language Variation and Change*, vol. 24, n° 1, p. 59-78.
- DULONG, Gaston et Gaston BERGERON (1980), *Le parler populaire du Québec et de ses régions voisines - Atlas linguistique de l'Est du Canada*, Québec (Canada) : Ministère des Communications / Éditeur officiel du Québec / Office de la langue française, 10 vol.
- ECKERT, Penelope (1988), « Adolescent social structure and the spread of linguistic change », *Language in society*, vol. 17, n° 2, p. 183-207.
- (1989), « The whole woman: Sex and gender differences in variation », *Language variation and change*, vol. 1, n° 3, p. 245-267.

- (2014), « The problem with binaries: Coding for gender and sexuality », *Language and Linguistics Compass*, vol. 8, n° 11, p. 529-535.
- ECKERT, Penelope et Sally MCCONNELL-GINET (2003), *Language and Gender*, Cambridge (Royaume-Uni) : Cambridge University Press, 363 p.
- FABRICIUS, Anne H., Dominic WATT et Daniel Ezra JOHNSON (2009), « A comparison of three speaker-intrinsic vowel formant frequency normalization algorithms for sociophonetics », *Language Variation and Change*, vol. 21, n° 3, p. 413-435.
- FAGYAL, Zsuzsanna, Noël NGUYEN et Philippe BOULA DE MAREÛIL (2002), « From dilation to coarticulation: Is there vowel harmony in French? », *Studies in Linguistic Sciences*, vol. 32, n° 2, p. 1-21.
- FALKERT, Anika (2008), « À propos d'un continuum acadien : essai d'analyse implicationnelle », *XXVII^{es} Journées d'étude sur la parole*, Avignon, article n° 1648.
- (2010), *Le français acadien des Îles-de-la-Madeleine : étude de la variation phonétique*, Paris (France) : L'Harmattan, 307 p.
- FANT, Gunnar (1960), *Acoustic Theory of Speech Production*, La Haye (Pays-Bas) : Mouton, 328 p.
- (1962), « Descriptive analysis of the acoustic aspects of speech », *LOGOS*, vol. 5, n° 1, p. 3-17.
- FERRAGNE, Emmanuel et François PELLEGRINO (2010), « Vowel systems and accent similarity in the British Isles: Exploiting multidimensional acoustic distances in phonetics », *Journal of Phonetics*, vol. 38, n° 4, p. 526-539.
- FERRARI-DISNER, Sandra (1980), « Evaluation of vowel normalization procedures », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 67, n° 1, p. 253-261.
- FLANAGAN, James L. (1955), « A difference limen for vowel formant frequency », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 27, n° 3, p. 613-617.
- FLIKEID, Karin (1988), « Unity and diversity in Acadian phonology: An overview based on comparisons among the Nova Scotia varieties », *Journal of the Atlantic Provinces Linguistic Association*, vol. 10, p. 64-110.
- FLIKEID, Karin (1994), « Origines et évolution du français acadien à la lumière de la diversité contemporaine », dans MOUGEON, Raymond et Édouard BENIAK (dir.), *Les origines du français québécois*, Québec (Canada) : Presses de l'Université Laval, p. 275-326.
- FLYNN, Nicholas et Paul FOULKES (2011), « Comparing vowel formant normalization methods », *Proceedings of the 17th International Congress of Phonetic Sciences*, Hong Kong (Chine), p. 683-686.
- FÓNAGY, Ivan (1989), « Le français change de visage? », *Revue romane*, vol. 24, n° 2, p. 225-253.
- FORSTER, Kenneth I. et Susan M. CHAMBERS (1973), « Lexical access and naming time », *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, vol. 12, n° 6, p. 627-635.
- FOUGERON, Cécile et Caroline L. SMITH (1993), « French », *Journal of the International Phonetic Association*, vol. 23, n° 2, p. 73-76.
- FOULKES, Paul et Gerard DOCHERTY (2006), « The social life of phonetics and phonology », *Journal of Phonetics*, vol. 34, n° 4, p. 409-438.
- FOULKES, Paul, James M. SCOBIE et Dominic J. L. WATT (2010), « Sociophonetics », dans HARDCASTLE, William J., John LAVER et Fiona E. GIBBON (dir.), *The Handbook of Phonetic*

- Sciences*, 2^e édition, Chichester (Royaume-Uni) / Malden (États-Unis) : Wiley-Blackwell, p. 703-754.
- FOX, John (2008), *Applied Regression Analysis and Generalized Linear Models*, 2^e édition, Thousand Oaks (États-Unis) : SAGE Publications, 688 p.
- FOX, Robert A. et Ewa JACEWICZ (2009), « Cross-dialectal variation in formant dynamics of American English vowels », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 126, n° 5, p. 2603-2618.
- FRIESNER, Michael Lee (2009), *The Social and Linguistic Predictors of the Outcomes of Borrowing in the Speech Community of Montreal*, University of Pennsylvania, Philadelphie (États-Unis), 273 p.
- GADET, Françoise (1992), *Le français populaire*, Paris (France) : Presses universitaires de France, 128 p.
- (1997), *Le français ordinaire*, Paris (France) : Armand Colin, 154 p.
- GAGNON-TREMBLAY, Laure (2016), « Des acteurs importants de la réussite des étudiants », *Le Quotidien*, édition du 11 septembre, Chicoutimi (Canada).
- GARNER, John (1952), *A Descriptive Study of the Phonology of Acadian French*, thèse de doctorat, University of Texas at Austin, Austin (États-Unis), 206 p.
- GEDDES, James (1894), *Study of an Acadian-French Dialect Spoken off the North Shore of the Baies-des-Chaleurs*, Halle (Allemagne) : Max Niemeyer, 317 p.
- GENDRON, Jean-Denis (1966), « Contribution à l'étude du français rural parlé au Canada », *Travaux de linguistique et de littérature*, vol. 4, n° 1, p. 173-189.
- GENDROT, Cédric et Martine ADDA-DECKER (2005), « Impact of duration on F1/F2 formant values of oral vowels: an automatic analysis of large broadcast news corpora in French and German », *Interspeech 2005*, Lisbonne (Portugal), p. 2453-2456.
- GOUDAILLIER, Jean-Pierre (1985), « Régionalismes du Nord de la France : le cas de Vervins (Aisne) », dans HOUDEBINE, Anne-Marie (dir.), *La phonologie de l'enfant français de six ans : variétés régionales*, Hambourg (Allemagne) : Buske, p. 67-84.
- GRIES, Stefan Th. (2015), « The most under-used statistical method in corpus linguistics: multi-level (and mixed-effects) models », *Corpora*, vol. 10, n° 1, p. 95-125.
- HALL, Damien (2007), « Le français de Rouen (Haute-Normandie, France) : une variété de français qui représente bien sa ville », *Bulletin PFC*, vol. 7, p. 171-191.
- HALL, Robert A., Jr. (1948), « Structural sketches 1 – French », *Language*, vol. 24, n° 3, p. 7-56.
- HANSEN, Anita Berit et Caroline JUILLARD (2011), « La phonologie parisienne à trente ans d'intervalle: Les voyelles à double timbre », *Journal of French Language Studies*, vol. 21, n° 3, p. 313-359.
- HARRINGTON, Jonathan (2010), *The Phonetic Analysis of Speech Corpora*, Chichester (Royaume-Uni) / Malden (États-Unis) : Wiley-Blackwell, 424 p.
- HARRINGTON, Jonathan, Felicitas KLEBER et Ulrich REUBOLD (2008), « Compensation for coarticulation, /u/-fronting, and sound change in standard southern British: An acoustic and perceptual study », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 123, n° 5, p. 2825-2835.

- (2011), « The contributions of the lips and the tongue to the diachronic fronting of high back vowels in Standard Southern British English », *Journal of the International Phonetic Association*, vol. 41, n° 2, p. 137-156.
- HAY, Jennifer et Katie DRAGER (2007), « Sociophonetics », *Annual Review of Anthropology*, vol. 36, n° 1, p. 89-103.
- HILLENBRAND, James M., Michael J. CLARK et Terrance M. NEAREY (2001), « Effects of consonant environment on vowel formant patterns », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 109, n° 2, p. 748-763.
- HILLENBRAND, James et Robert T. GAYVERT (1993), « Vowel classification based on fundamental frequency and formant frequencies », *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, vol. 36, n° 4, p. 694-700.
- HILLENBRAND, James M., Laura A. GETTY, Michael J. CLARK et Kimberlee WHEELER (1995), « Acoustic characteristics of American English vowels », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 97, n° 5, p. 3099-3111.
- HILLENBRAND, James M. et Terrance M. NEAREY (1999), « Identification of resynthesized /hVd/ utterances: Effects of formant contour », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 105, n° 6, p. 3509-3523.
- HONEYBONE, Patrick (2011), « Variation and linguistic theory », dans MAGUIRE, Warren et April MCMAHON (dir.), *Analysing Variation in English*, Cambridge (Royaume-Uni) : Cambridge University Press, p. 151-177.
- HOUDEBINE, Anne-Marie (dir.) (1985), *La phonologie de l'enfant français de six ans : variétés régionales*, Hambourg (Allemagne) : Buske, 253 p.
- HURLBERT, Stuart H. (1984), « Pseudoreplication and the design of ecological field experiments », *Ecological Monographs*, vol. 54, n° 2, p. 187-211.
- INSEE (2011), *Les 30 premières aires urbaines*. Consulté le 16 octobre 2017 [En ligne], URL: http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=nattef01203
- (2013), *Populations légales 2014 - Commune de Lyon (69123)*. Consulté le 16 octobre 2017 [En ligne], URL: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2534314?geo=COM-69123>
- INSTITUT DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC (2016), *Panorama des régions du Québec*, Sainte-Foy (Québec) : Institut de la statistique du Québec, 193 p.
- JACEWICZ, Ewa, Robert A. FOX et Joseph SALMONS (2007), « Vowel duration in three American English dialects », *American Speech*, vol. 82, n° 4, p. 367-385.
- JOHNSON, Keith (2008), « Speaker normalization in speech perception », dans *The Handbook of Speech Perception*, Malden (États-Unis) / Oxford (Royaume-Uni) : Blackwell, p. 363-389.
- JONES, Daniel (1950), *The Phoneme: Its Nature and Use*, Cambridge (Royaume-Uni), Heffer & Sons, 284 p.
- JOOS, Martin (1948), « Acoustic Phonetics », *Language*, vol. 24, n° 2, p. 5-136.
- KENT, Ray D. et Charles READ (1992), *The Acoustic Analysis of Speech*, San Diego (États-Unis) : Singular Publishing Group, 238 p.
- KIM, Midam, William S. HORTON et Ann R. BRADLOW (2011), « Phonetic convergence in spontaneous conversations as a function of interlocutor language distance », *Laboratory Phonology*, vol. 2, n° 1, p. 125-156.

- KOENIG, Walter, Hugh K. DUNN et Lester Y. LACY (1946), « The sound spectrograph », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 18, n° 1, p. 19-49.
- LABOV, William (1963a), « The social motivation of a sound change », *Word*, vol. 19, n° 3, p. 273-309.
- (1963b [2006]), *The social stratification of English in New York City*, 2^e édition, Cambridge (Royaume-Uni) / New York (États-Unis) : Cambridge University Press, 485 p.
- (1979), *Sociolinguistique*, Paris (France) : Les Éditions de Minuit, 459 p.
- (1990), « The intersection of sex and social class in the course of linguistic change », *Language Variation and Change*, vol. 2, n° 2, p. 205-254.
- (2006), « A sociolinguistic perspective on sociophonetic research », *Journal of Phonetics*, vol. 34, n° 4, p. 500-515.
- LABOV, William, Malcah YAEGER et Richard STEINER (1972), *A Quantitative Study of Sound Change in Progress*, Philadelphie (États-Unis) : University of Pennsylvania, 337 p.
- LADEFOGED, Peter et Keith JOHNSON (2010), *A Course in Phonetics*, 6^e édition, Boston (États-Unis) : Wadsworth / Cengage Learning, 323 p.
- LAMONTAGNE, Jeffrey (2015a), « A little forward in Laurentian French: A variationist analysis of vowel fronting in Laurentian French », *Actes du Congrès annuel de l'Association canadienne de linguistique 2015*, Ottawa (Canada).
- (2015b), « Sociophonetic patterns in Laurentian French vowel fronting », présentation orale, *Montreal-Ottawa-Laval-Toronto Phonology Workshop (MOLT) 2015*, Toronto (Canada).
- LANDICK, Marie (1990), « Le Mareuc revisited... et qu'en dit Vaugelas? », *French Studies Bulletin*, vol. 10, n° 34, p. 1-2.
- (1995), « The mid-vowels in figures: Hard facts », *French Review*, vol. 69, n° 1, p. 88-102.
- LAVOIE, Thomas, Gaston BERGERON et Michelle CÔTÉ (1985), *Les parlers français de Charlevoix, du Saguenay, du Lac-Saint-Jean et de la Côte-Nord*, Québec (Canada) : Publications du Québec et Office de la langue française, 5 vol.
- LEBLANC, Guillaume (2012), *Une étude acoustique des voyelles orales susceptibles d'être diphtonguées en français québécois*, mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec (Canada), 134 p.
- LECLERC, Jacques (2016), « Histoire du français - Chapitre 9 : Le français contemporain », *L'aménagement linguistique dans le monde*, [En ligne]. URL : http://www.axl.cefan.ulaval.ca/francophonie/HIST_FR_s9_Fr-contemporain.htm#1_Le_r%C3%B4le_de_l'Instruction_publicue_dans_l'apprentissage_du_fran%C3%A7ais
- LENNIG, Matthew (1978), *Acoustic Measurements of Linguistic Change: The Modern Paris Vowel System*, thèse de doctorat, University of Pennsylvania, Philadelphie (États-Unis), 190 p.
- (1979), « Une étude quantitative du changement linguistique dans le système vocalique parisien », dans THIBAUT, Pierrette (dir.), *Le français parlé : études sociolinguistiques*, Edmonton (Canada) : Edmonton Linguistic Research, p. 29-39.
- LÉON, Pierre (1996), « Changements et variations phonétiques en français contemporain : facteurs linguistiques et sémiotiques », *Revue de phonétique appliquée*, vol. 120, p. 201-218.

- LINDBLOM, Björn (1963), « Spectrographic study of vowel reduction », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 35, n° 5, p. 783-783.
- LINDBLOM, Björn E. F. et Johan E. F. SUNDBERG (1971), « Acoustical Consequences of Lip, Tongue, Jaw, and Larynx Movement », vol. 50, n° 4, p. 14.
- LOBANOV, Boris M. (1971), « Classification of Russian vowels spoken by different speakers », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 49, n° 2B, p. 606-608.
- LODGE, R. Anthony (1996), « Stereotypes of vernacular pronunciation in 17th-18th-century Paris », *Zeitschrift für romanische Philologie*, vol. 112, n° 2, p. 205-231.
- LONCHAMP, François (1979), « Analyse acoustique des voyelles nasales françaises », *Verbum*, vol. 2, n° 1, p. 9-54.
- LORENT, Maurice (1977), *Le parler populaire de la Beauce*, Ottawa (Canada) : Leméac, 225 p.
- LOW, Jennifer (2006), */ɔ/-Fronting in Roanne French*, mémoire de maîtrise, University of Leeds, Leeds (Royaume-Uni), 102 p.
- LUCI, Vincent (1972), *Phonologie de l'acadien : parler de la région de Moncton, N.B., Canada.*, Montréal (Canada) : Didier, 150 p.
- LUKE, Steven G. (2017), « Evaluating significance in linear mixed-effects models in R », *Behavior Research Methods*, vol. 49, n° 4, p. 1494-1502.
- LYCHE, Chantal (2005), « Pour un renouvellement des données phonologiques : le corpus PFC « Phonologie du français contemporain » », *Lidil*, vol. 31, p. 119-138.
- (2010), « Le français de référence : éléments de synthèse », dans DURAND, Jacques, Sylvain DETEY, Bernard LAKS et Chantal LYCHE (dir.), *Les variétés du français parlé dans l'espace francophone : ressources pour l'enseignement*, Paris (France) : Ophrys, p. 45-66.
- MAEDA, Shinji (1988), « Improved articulatory models », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 84, n° S1, p. S146.
- MAINDONALD, John et W. John BRAUN (2010), *Data Analysis and Graphics Using R: An Example-Based Approach*, 3^e édition, Cambridge (Royaume-Uni) : Cambridge University Press.
- MALDEREZ, Isabelle (1994), « Vers la perte de l'opposition du lieu d'articulation des voyelles moyennes arrondies dans la parole des jeunes gens d'Île-de-France », *Actes des XX^{es} Journées d'étude sur la parole*, Trégastel (France), p. 361-366.
- (1995), *Contribution à la synchronie dynamique du français : le cas des voyelles orales arrondies (perception et production)*, thèse de doctorat, Université Paris VII, Paris (France), 474 p.
- (2000), « L'analyse de la variation phonétique de corpus français parlé : problèmes méthodologiques », *Actes du colloque international Le français parlé: corpus et résultats*, Copenhague (Danemark) : Museum Tusulanum Press, p. 65-88.
- MANTAKAS, Marios, Jean-Luc SCHWARTZ et Pierre ESCUDIER (1986), « Modèle de prédiction du "deuxième formant effectif" F'2 et application à l'étude de la labialité des voyelles avant du français », *XV^{es} Journées d'étude sur la parole*, Aix-en-Provence (France), p. 157-161.
- MARTIN, Pierre (1998a), « Dynamique vocalique en français du Québec », *La Linguistique*, vol. 34, n° 2, p. 67-76.
- (1998b), « Les voyelles d'aperture moyenne en français du Québec », dans JOLIVET, Rémi et Florence EPARS HEUSSI (dir.), *Mélanges offerts en hommage à Mortéza Mahmoudian – Cahiers de l'ILSL, n° 11*, tome 2, Lausanne (Suisse) : Presses Centrales de Lausanne, p. 215-242.

- (2002), « Le système vocalique du français du Québec : de l'acoustique à la phonologie », *La Linguistique*, vol. 38, n° 2, p. 71-88.
- MARTINET, André (1945), *La prononciation du français contemporain*, Paris (France) : Droz, 249 p.
- (1957), « C'est jeuli, le Mareuc! », *Romance Philology*, vol. 11, p. 345-355.
- MATSUMOTO, Kazuko et David BRITAIN (2001), « Conservative and innovative behaviour by female speakers in a multilingual Micronesian society », *Essex Research Reports in Linguistics*, vol. 38, p. 80-106.
- MAX, Ludo et Patrick ONGHENA (1999), « Some issues in the statistical analysis of completely randomized and repeated measures designs for speech, language, and hearing research », *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, vol. 42, n° 2, p. 261-270.
- MÉTRAL, Jean-Pierre (1977), « Le vocalisme du français en Suisse romande – Considérations phonologiques », *Cahiers Ferdinand de Saussure*, n° 31, p. 145-176.
- METTAS, Odette (1979), *La prononciation parisienne : aspects phoniques d'un sociolecte parisien (du faubourg Saint-Germain à La Muette)*, Paris (France) : SELAF, 564 p.
- MEUNE, Manuel (2014), *Le franco(-)provençal entre morcellement et quête d'unité : histoire et état des lieux*. Consulté le 16 octobre 2017 [En ligne], URL: <http://www.axl.cefanelaval.ca/monde/franco-provencal.htm>
- MICHUT, Guylène (2000), *Étude des voyelles du français: la prononciation du lyonnais*, mémoire de maîtrise, Université Lumière Lyon 2, Lyon (France), 57 p.
- MOONEY, Damien (2016), « 'C'est jeuli, la Gasceugne!' : l'antériorisation du phonème /ɔ/ dans le français régional du Béarn », *French Studies*, vol. 70, n° 1, p. 61-81.
- MOREAU, Marie-Louise (dir.) (1997), *Sociolinguistique: les concepts de base*, Liège (Belgique) : Mardaga, 312 p.
- MORIN, Yves Charles (1971), *Computer Experiments in Generative Phonology: Low-level French Phonology*, Ann Arbor (États-Unis), University of Michigan, 141 p.
- MORRISON, Geoffrey Stewart (2013), « Theories of vowel inherent spectral change », dans MORRISON, Geoffrey Stewart et Peter F. ASSMANN (dir.), *Vowel inherent spectral change*, Berlin (Allemagne) / Heidelberg (Allemagne) : Springer, p. 31-47.
- MORRISON, Geoffrey Stewart et Peter F. ASSMANN (dir.) (2013), *Vowel Inherent Spectral Change*, Berlin (Allemagne) / Heidelberg (Allemagne) : Springer, 286 p.
- MRAYATI, Mohamad et René CARRÉ (1975), « Acoustics aspects of French nasal vowels », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 57, n° S1, p. S71-S71.
- MURTAUGH, Paul A. (2014), « In defense of P values », *Ecology*, vol. 95, n° 3, p. 611-617.
- NAKAGAWA, Shinichi et Holger SCHIELZETH (2013), « A general and simple method for obtaining R² from generalized linear mixed-effects models », *Methods in Ecology and Evolution*, vol. 4, n° 2, p. 133-142.
- NAUD, Chantal (1999), *Dictionnaire des régionalismes du français parlé des îles de la Madeleine, L'Étang-du-Nord (Canada)* : Vignaud, 311 p.
- NEAREY, Terrance M. (1977), *Phonetic Feature Systems for Vowels*, thèse de doctorat, University of Connecticut, Storrs (États-Unis), 200 p.

- NEAREY, Terrance M. et Peter F. ASSMANN (1986), « Modeling the role of inherent spectral change in vowel identification », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 80, n° 5, p. 1297-1308.
- NGUYEN, Noël et Zsuzsanna FAGYAL (2008), « Acoustic aspects of vowel harmony in French », *Journal of Phonetics*, vol. 36, n° 1, p. 1-27.
- NICENBOIM, Bruno et Shravan VASISHTH (2016), « Statistical methods for linguistic research: Foundational Ideas—Part II », *Language and Linguistics Compass*, vol. 10, n° 11, p. 591-613.
- NORD, Lennart et Eva SVENNELIUS (1979), « Analysis and prediction of difference limen data for formant frequencies », dans *Quarterly Progress Status Report n° 3-4*, Stockholm (Suède), Speech Transmission Laboratory, Royal Institute of Technology, p. 60-72.
- OHALA, John J. (1981), « The listener as a source of sound change », *Papers from the parasession on language and behavior*, Chicago (États-Unis) : Chicago Linguistic Society, p. 178-203.
- (1983), « The origin of sound patterns in vocal tract constraints », dans MACNEILAGE, Peter F. (dir.), *The Production of Speech*, New York (États-Unis) : Springer-Verlag, p. 189-216.
- (1989), « Sound change is drawn from a pool of synchronic variation », dans BREIVIK, Leiv Egil et Ernst Håkon JAHR (dir.), *Language Change: Contribution to the Study of its Causes*, Berlin (Allemagne) : Mouton de Gruyter, p. 173-198.
- ÖHMAN, Sven EG (1966), « Coarticulation in VCV utterances: Spectrographic measurements », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 39, n° 1, p. 151-168.
- ØSTBY, Kathrine Asla (2016), *Les voyelles orales à double timbre dans le parler de la haute bourgeoisie parisienne : analyse acoustique et diachronique*, thèse de doctorat, Université Paris Ouest Nanterre La Défense, Paris (France), 245 p.
- PALSGRAVE, John (1530 [1972]), *Lesclarcissement de la langue françoise*, Genève (Suisse) : Slatkine, 473 p.
- PARADIS, Claude (1985), *An Acoustic Study of Variation and Change in the Vowel System of Chicoutimi-Jonquiere (Quebec)*, thèse de doctorat, University of Pennsylvania, Philadelphie (États-Unis), 326 p.
- PASSY, Paul (1890), *Étude sur les changements phonétiques et leurs caractères généraux*, thèse de doctorat, Sorbonne, Paris (France), 282 p.
- PÉRETZ, Caroline (1977), *Les voyelles orales à Paris dans la dynamique des âges et de la société*, thèse de doctorat, Université Paris V, Paris (France), 505 p.
- PETERSON, Gordon E. et Harold L. BARNEY (1952), « Control methods used in a study of the vowels », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 24, n° 2, p. 175-184.
- PINHEIRO, Jose et Douglas BATES (2006), *Mixed-effects models in S and S-PLUS*, Berlin (Allemagne) / Heidelberg (Allemagne) : Springer, 528 p.
- POIRIER, Claude (2009), « L'assibilation des occlusives /t/ et /d/ au Québec : le point sur la question », dans BARONIAN, Luc et France MARTINEAU (dir.), *Le français d'un continent à l'autre. Mélanges offerts à Yves Charles Morin*, Québec (Canada) : Presses de l'Université Laval, p. 375-421.
- POLS, Louis C. W. (1977), *Spectral Analysis and Identification of Dutch Vowels in Monosyllabic Words*, thèse de doctorat, Free University of Amsterdam, Amsterdam (Pays-Bas), 152 p.
- PRITCHARD, Stephen C., Max COLTHEART, Sallyanne PALETHORPE et Anne CASTLES (2012), « Nonword reading: Comparing dual-route cascaded and connectionist dual-

- process models with human data. », *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 38, n° 5, p. 1268-1288.
- PUTSKA, Elissa (2009), « PFC et la phonologie du français en Vendée », dans DURAND, Jacques, Bernard LAKS et Chantal LYCHE (dir.), *Phonologie, variation et accents du français*, Paris (France) : Lavoisier, p. 307-334.
- QUENÉ, Hugo et Huub VAN DEN BERGH (2008), « Examples of mixed-effects modeling with crossed random effects and with binomial data », *Journal of Memory and Language*, vol. 59, n° 4, p. 413-425.
- RAMASUBRAMANIAN, Karthik et Abhishek SINGH (2017), *Machine Learning Using R*, New York (États-Unis) : Apress, 566 p.
- RATHCKE, Tamara, Jane STUART-SMITH, Bernard TORSNEY et Jonathan HARRINGTON (2017), « The beauty in a beast: Minimising the effects of diverse recording quality on vowel formant measurements in sociophonetic real-time studies », *Speech Communication*, vol. 86, p. 24-41.
- R CORE TEAM (2017), *R: A language and environment for statistical computing*, version 3.4.3, [logiciel], Vienne (Autriche) : R Foundation for Statistical Computing. Disponible sur <http://www.r-project.org>
- REETZ, Henning et Allard JONGMAN (2009), *Phonetics: Transcription, Production, Acoustics, and Perception*, Oxford (Royaume-Uni) : Wiley-Blackwell, 317 p.
- REMYSEN, Wim (2004), « La variation linguistique et l'insécurité linguistique : le cas du français québécois », dans BOUCHARD, Pierre (dir.), *La variation dans la langue standard. Actes du colloque tenu les 13 et 14 mai 2002 à l'Université Laval dans le cadre du 70^e Congrès de l'ACFAS*, Québec (Québec) : Office québécois de la langue française, p. 23-36.
- RIVERIN-COURLÉE, Josiane (2015), *D'une ouverture de la voyelle /ɛ/ en finale absolue en français québécois : analyse acoustique et perceptive*, mémoire de maîtrise, Université Laval / Université du Québec à Chicoutimi, Québec (Canada) / Chicoutimi (Canada), 145 p.
- RIVERIN-COURLÉE, Josiane et Vincent ARNAUD (2014), « Portrait acoustique d'une variation régionale en français québécois contemporain: l'ouverture de la voyelle /ɛ/ en finale de mot », *Actes des XXX^{es} Journées d'étude sur la parole*, Le Mans (France), p. 585-593.
- (2015), « Regional backgrounds and discrimination patterns: A preliminary perceptual study in Quebec French », *Proceedings of the 18th International Congress of Phonetic Sciences*, Glasgow (Royaume-Uni), article n° 625.
- SANKOFF, Gillian et Henrietta CEDERGREN (1972), « Sociolinguistic research on French in Montreal », *Language in Society*, vol. 1, n° 1, p. 173-174.
- de SAUSSURE, Ferdinand (1916 [2005]), *Cours de linguistique générale*, Genève (Suisse) : Arbre d'or, 253 p.
- SCHAFER, Ronald W. (2008), « Homomorphic systems and cepstrum analysis of speech », dans *Springer Handbook of Speech Processing*, Berlin (Allemagne) / Heidelberg (Allemagne) : Springer, p. 161-180.
- SCHIELZETH, Holger et Wolfgang FORSTMEIER (2009), « Conclusions beyond support: Overconfident estimates in mixed models », *Behavioral Ecology*, vol. 20, n° 2, p. 416-420.
- SCHWARTZ, Jean-Luc, Denis BEAUTEMPS, Christian ABRY et Pierre ESCUDIER (1993), « Inter-individual and cross-linguistic strategies for the production of the [i] vs. [y] contrast », *Journal of Phonetics*, vol. 21, p. 411-425.

- SCHWARTZ, Martin F. (1968), « The acoustics of normal and nasal vowel production », *Cleft palate Journal*, vol. 5, p. 125-140.
- SIGOUIN, Caroline (2013), *Caractéristiques acoustiques des voyelles fermées tendues, relâchées et allongées en français québécois*, mémoire de maîtrise, Université Laval / Université du Québec à Chicoutimi, Québec (Canada) / Chicoutimi (Canada), 173 p.
- (2014), « Une évaluation de différentes procédures de normalisation en français québécois », *XVII^{es} Journées de linguistique*, Université Laval, p. 105-136.
- (2018), « Variation régionale de durée vocalique en français québécois », présentation orale, *Les français d'ici VII*, Montréal (Québec).
- SIGOUIN, Caroline et Vincent ARNAUD (2014), « Les voyelles fermées tendues, relâchées et allongées du français québécois: la contribution d'indices statiques/dynamiques et absolus/normalisés à la détermination de leur identité acoustique », *Actes des XXX^{es} Journées d'étude sur la parole*, Le Mans (France), p. 567-575.
- (2015), « Quebec French close vowels in lengthening contexts: Tense, lax or diphthongised? An acoustic study », *Proceedings of the 18th International Congress of Phonetic Sciences*, Glasgow (Royaume-Uni), article n° 487.
- SIMPSON, Adrian P. (2009), « Phonetic differences between male and female speech », *Language and Linguistics Compass*, vol. 3, n° 2, p. 621-640.
- SINGY, Pascal (1996), *L'image du français en Suisse romande : une enquête sociolinguistique en Pays de Vaud*, Paris (France) : L'Harmattan, 288 p.
- SÓSKUTHY, Márton (2017), *Generalised additive mixed models for dynamic analysis in linguistics: a practical introduction*, *arXiv:1703.05339 [stat]*. Disponible sur <https://arxiv.org/abs/1703.05339>
- STEVENS, Kenneth N. et Arthur S. HOUSE (1963), « Perturbation of vowel articulations by consonantal context: an acoustical study », *Journal of Speech and Hearing Research*, vol. 6, p. 111-128.
- ST-GELAIS, Xavier et Mireille CHAYER (2015), « Le délai d'établissement du voisement : une potentielle variation régionale en français québécois? », présentation orale, *XXIX^{es} Journées de linguistique*, Sainte-Foy (Québec).
- ST-GELAIS, Xavier, Christophe COUPÉ, François PELLEGRINO et Vincent ARNAUD (2018), « Entre Québec et France, qu'en est-il de l'antériorisation de /ɔ/ en français contemporain ? », *Actes des XXXII^{es} Journées d'études sur la parole*, Aix-en-Provence (France), p. 514-522.
- STRANGE, Winifred, James J. JENKINS et Thomas L. JOHNSON (1983), « Dynamic specification of coarticulated vowels », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 74, n° 3, p. 695-705.
- STRYCHARCZUK, Patrycja et James M. SCOBIE (2017), « Fronting of Southern British English high-back vowels in articulation and acoustics », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 142, n° 1, p. 322-331.
- ŠTURM, Pavel (2015), « International Phonetic Congresses: The shift in research practices and areas of interest over 44 years », *Proceedings of the 18th International Congress of Phonetic Sciences*, Glasgow (Écosse), article n° 0182.
- SYRDAL, Ann K. et H. S. GOPAL (1986), « A perceptual model of vowel recognition based on the auditory representation of American English vowels », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 79, n° 4, p. 1086-1100.

- THOMAS, Erik R. (2007), « Sociophonetics », dans BAYLEY, Robert et Ceil LUCAS (dir.), *Sociolinguistic Variation: Theories, Methods, and Applications*, New York (États-Unis) : Cambridge University Press, p. 215-233.
- (2010), *Sociophonetics: An Introduction*, Basingstoke (Royaume-Uni) : Palgrave Macmillan, 356 p.
- THOMAS, Erik R. et Tyler KENDALL (2007), *Vowel Normalization Suite*. Consulté le 9 novembre 2017 [En ligne], URL: <http://lingtools.uoregon.edu/norm/index.php>
- THUROT, Charles (1881), *De la prononciation française depuis le commencement du XVI^e siècle, d'après les témoignages des grammairiens*, vol. 1, Paris (France) : Imprimerie Nationale, 568 p.
- TRIMAILLE, Cyril, Maria CANDEA et Iryna LEHKA-LEMARCHAND (2012), « Existe-t-il une signification sociale stable et univoque de la palatalisation/affrication en français ? Étude sur la perception de variantes non standard », *Actes du 3^e Congrès mondial de linguistique française*, Lyon (France), p. 2249-2262.
- TRUDGILL, Peter (1972), « Sex, covert prestige and linguistic change in the urban British English of Norwich », *Language in Society*, vol. 1, n° 2, p. 179-195.
- (1974), *The Social Differentiation of English*, Cambridge (Royaume-Uni) : Cambridge University Press, 211 p.
- TUAILLON, Gaston (1983), *Le francoprovençal: progrès d'une définition*, Saint-Nicolas (Italie) : Centre d'études francoprovençales René Willien, 72 p.
- VAISSIÈRE, Jacqueline (2006), *La phonétique*, Paris (France) : Presses universitaires de France, 125 p.
- VAUGELAS, Claude Favre (1647), *Remarques sur la langue française : utiles à ceux qui veulent bien parler et bien écrire*, Paris (France) : Champ libre, 363 p.
- VENABLES, W. N. et B. D. RIPLEY (2002), *Modern Applied Statistics with S*, 4^e édition, New York (États-Unis) : Springer, 495 p.
- WALKER, James A. et Miriam MEYERHOFF (2013), « Studies of the community and the individual », dans *The Oxford Handbook of Sociolinguistics*, Oxford (Royaume-Uni) : Oxford University Press, p. 175-194.
- WALTER, Henriette (1976), *La dynamique des phonèmes dans le lexique du français contemporain*, Paris (France) : Presses universitaires de France, 481 p.
- (1982), *Enquête phonologique et variétés régionales du français*, Paris (France) : Presses universitaires de France, 252 p.
- WASSERSTEIN, Ronald L. et Nicole A. LAZAR (2016), « The ASA's Statement on *p*-Values: Context, Process, and Purpose », *The American Statistician*, vol. 70, n° 2, p. 129-133.
- WATSON, Catherine I. et Jonathan HARRINGTON (1999), « Acoustic evidence for dynamic formant trajectories in Australian English vowels », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 106, n° 1, p. 458-468.
- WEINREICH, Uriel, William LABOV et Marvin I. HERZOG (1968), « Empirical foundations for a theory of language change », dans MALKIEL, Yakov et Winfred P. LEHMANN (dir.), *Directions for Historical Linguistics: A Symposium*, Austin (États-Unis) : University of Texas Press, p. 97-195.
- WIELING, Martijn (2018), « Analyzing dynamic phonetic data using generalized additive mixed modeling: A tutorial focusing on articulatory differences between L1 and L2 speakers of English », *Journal of Phonetics*, vol. 70, p. 86-116.

- WINTER, Bodo (2011), « Pseudoreplication in phonetic research », *Proceedings of the 17th International Congress of Phonetic Sciences*, Hong Kong (Chine), p. 2137-2140.
- (2013), « Linear models and linear mixed effects models in R with linguistic applications », *arXiv:1308.5499 [cs]*. Disponible sur <https://arxiv.org/abs/1308.5499>
- WINTER, Bodo et Martijn WIELING (2016), « How to analyze linguistic change using mixed models, Growth Curve Analysis and Generalized Additive Modeling », *Journal of Language Evolution*, vol. 1, n° 1, p. 7-18.
- WOEHLING, Cécile (2009), *Accents régionaux en français : perception, analyse et modélisation à partir de grands corpus*, thèse de doctorat, Université Paris-Sud, Paris (France), 170 p.
- WOEHLING, Cécile et Philippe BOULA DE MAREÛIL (2007), « Comparing Praat and Snack formant measurements on two large corpora of northern and southern French », *INTERSPEECH 2007*, Anvers (Belgique), p. 1006-1009.
- WOLFRAM, Walter A. (1969), *A Sociolinguistic Description of Detroit Negro Speech*, Washington D.C. (États-Unis) : Center for Applied Linguistics, 237 p.
- XU, Yi (2010), « In defense of lab speech », *Journal of Phonetics*, vol. 38, n° 3, p. 329-336.
- YAEGER, Malcah (1979), *Context-determined Variation in Montreal French Vowels*, thèse de doctorat, University of Pennsylvania, Philadelphie (États-Unis), 353 p.
- ZAHORIAN, Stephen A. et Amir Jalali JAGHARGHI (1993), « Spectral-shape features versus formants as acoustic correlates for vowels », *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 94, n° 4, p. 1966-1982.
- ZUUR, Alain F., Elena N. IENO, Neil J. WALKER, Anatoly A. SAVELIEV et Graham M. SMITH (dir.) (2009), *Mixed effects models and extensions in ecology with R*, Berlin (Allemagne) / Heidelberg (Allemagne) : Springer, 574 p.

Bibliothèques R utilisées

Manipulation et réorganisation de données

- > *dplyr*, version 0.7.4 (Wickham, François, Henry et Müller, 2017)
- > *reshape2*, v.1.4.3 (Wickham, 2007)

Statistiques

Conception des modèles

- > *lme4*, version 1.1.17 (Bates *et al.*, 2015)
- > *optimx*, version 2013.8.7 (Nash, 2014)
- > *RePsychLing*, version 0.0.4 (Baayen *et al.*, 2015)

Diagnostics

- > *lattice*, version 0.20.35 (Sarkar, 2008)
- > *influence.ME*, version 0.9.9 (Nieuwenhuis, Grotenhuis et Pelzer, 2012)

Valeurs de R²

- > *piecewiseSEM*, version 1.2.1 (Lefcheck, 2015)

Valeurs de p

- > *lmerTest*, version 2.0.33 (Kuznetsova, Brockhoff et Christensen, 2016)
- > *car*, version 3.0.0 (Fox et Weisberg, 2011)

Comparaisons multiples

- > *emmeans*, version 1.1.3 (Lenth, 2017)

Graphiques (y compris exploratoires)

- > *phonR*, version 1.0.7 (McCloy, 2016)
- > *ggplot2*, version 3.0.0 (Wickham, 2016)
- > *sjPlot*, version 2.4.0 (Lüdecke, 2017a)
- > *effects*, version 4.0.1 (Fox et Hong, 2009)
- > *gridExtra*, version 2.3 (Auguie, 2017)

Tableaux de résultats

- > *sjmisc*, version 2.7.1 (Lüdecke, 2017b)
- > *psych*, version 1.8.3.3 (Revelle, 2018)

Références

- AUGUIE, Baptiste (2017), *gridExtra: Miscellaneous Functions for « Grid » Graphics*, version 2.3, [bibliothèque R]. Disponible sur <https://cran.r-project.org/web/packages/gridExtra/index.html>
- BAAYEN, R. Harald, Douglas BATES, Reinhold KLIEGL et Shravan VASISHTH (2015), *RePsychLing: Data sets from Psychology and Linguistics experiments*, version 0.0.4, [bibliothèque R]. Disponible sur <https://github.com/dmbates/RePsychLing>
- BATES, Douglas, Martin MÄCHLER, Ben BOLKER et Steve WALKER (2015), « Fitting Linear Mixed-Effects Models Using *lme4* », *Journal of Statistical Software*, vol. 67, n° 1, p. 1-48. Bibliothèque R disponible sur <https://cran.r-project.org/web/packages/lme4/index.html>
- FOX, John et Jangman HONG (2009), « Effect displays in R for multinomial and proportional-odds logit models: Extensions to the *effects* package », *Journal of Statistical Software*, vol. 32, n° 1, p. 1-24. Bibliothèque R disponible sur <https://cran.r-project.org/web/packages/effects/index.html>
- FOX, John et Sanford WEISBERG (2011), *An R Companion to Applied Regression*, 2^e édition, Thousand Oaks (États-Unis) : Sage, 450 p. Bibliothèque R disponible sur <https://cran.r-project.org/web/packages/car/index.html>
- KUZNETSOVA, Alexandra, Per Bruun BROCKHOFF et Rune Haubo Bojesen CHRISTENSEN (2016), *lmerTest: Tests in linear mixed effects models*, version 2.0.33, [bibliothèque R]. Disponible sur <https://cran.r-project.org/web/packages/lmerTest/index.html>
- LEFCHECK, Jonathan S. (2016), « piecewiseSEM: Piecewise structural equation modeling in R for ecology, evolution, and systematics », *Methods in Ecology and Evolution*, vol. 7, n° 5, p. 573-579. Bibliothèque R disponible sur <https://cran.r-project.org/web/packages/piecewiseSEM/index.html>
- LENTH, Russell (2018), *emmeans: Estimated marginal means, aka least-squares means*, version 1.1.3, [bibliothèque R]. Disponible sur <https://cran.r-project.org/web/packages/emmeans/index.html>
- LÜDECKE, Daniel (2016a), *sjmisc: Miscellaneous data management tools*, version 2.7.1, [bibliothèque R]. Disponible sur <https://github.com/strengjacke/sjmisc>
- (2016b), *sjPlot: Data visualization for statistics in social science*, version 2.4.0, [bibliothèque R]. Disponible sur <https://strengjacke.github.io/sjPlot/>
- MCCLOY, Daniel R. (2016), *phonR: tools for phoneticians and phonologists*, version 1.0.7, [bibliothèque R]. Disponible sur <https://cran.r-project.org/web/packages/phonR/index.html>
- NASH, John C. (2014), « On best practice optimization methods in R », *Journal of Statistical Software*, vol. 60, n° 2, p. 1-14. Bibliothèque R disponible sur <https://cran.r-project.org/web/packages/optimx/index.html>
- NIEUWENHUIS, Rense, Manfred Te GROTENHUIS et Ben PELZER (2012), « influence.ME: Tools for detecting influential data in mixed effects models », *R Journal*, vol. 4, n° 2, p. 38-47. Bibliothèque R disponible sur <https://cran.r-project.org/web/packages/influence.ME/index.html>
- REVELLE, William (2018), *psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research*, version 1.8.3.3, [bibliothèque R]. Disponible sur <https://cran.r-project.org/web/packages/psych/index.html>
- SARKAR, Deepayan (2008), *Lattice: Multivariate data visualization with R*, New York (États-Unis) : Springer, 268 p. Bibliothèque R disponible sur <https://cran.r-project.org/web/packages/lattice/index.html>

WICKHAM, Hadley (2007), « Reshaping data with the *reshape* package », *Journal of Statistical Software*, vol. 21, n° 12, p. 1-20. Bibliothèque R disponible sur <https://cran.r-project.org/web/packages/reshape/index.html>

— (2016), *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*, New York (États-Unis) : Springer, 221 p. Bibliothèque R disponible sur <https://cran.r-project.org/web/packages/ggplot2/index.html>

WICKHAM, Hadley, Romain FRANÇOIS, Lionel HENRY et Kirill MÜLLER (2017), *dplyr: A grammar of data manipulation*, version 0.7.4, [bibliothèque R]. Disponible sur <https://cran.r-project.org/web/packages/dplyr/index.html>

Annexe 1 : Tableau de l'alphabet phonétique international

L'ALPHABET PHONÉTIQUE INTERNATIONAL (version de 2018)

CONSONNES (PULMONAIRES)

© 2018 IPA

	Bilabiales	Labio-dentales	Dentales	Alvéo-labiales	Post-alvéolaires	Rétro-flexes	Palatales	Vélares	Uvulaires	Pharyngales	Glottales
Occlusives	p b			t d		ʈ ɖ	c ɟ	k ɡ	q ɢ		ʔ
Nasales	m	ɱ		n		ɳ	ɲ	ŋ	ɴ		
Roulées	ʙ			ɾ					ʀ		
Battues		ɸ		ɸ		ɽ					
Fricatives	ɸ β	f v	θ ð	s z	ʃ ʒ	ʂ ʐ	ç ʝ	x ɣ	χ ʁ	ħ ʕ	h ɦ
Fricatives latérales				ɬ ɮ							
Spirantes		ɬ		ɮ		ɻ	ʝ	ɰ			
Spirantes latérales				ɭ		ɭ	ʎ	ʎ			

Au sein d'une paire de symboles, celui de droite représente une consonne voisée. Les cases grisées signalent des articulations considérées comme impossibles.

CONSONNES (NON-PULMONAIRES)

Clics	Implosives voisées	Éjectives
◌ Bilabiales	ɓ Bilabiales	' Exemples:
Dentales	ɗ Dentales/alvéolaires	ɓ' Bilabiales
! (Post)alvéolaires	ɟ Palatales	t' Dentales/alvéolaires
≠ Palato-alvéolaires	ɠ Vélares	k' Vélares
Latéral alvéolaires	ʄ Uvulaires	s' Fricatives alvéolaires

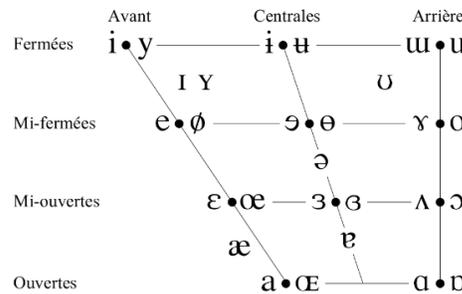
AUTRES SYMBOLES

ɱ Fricative non voisée labiale	ɕ Fricatives alvéo-palatales
ʋ Spirante voisée labiale vélaire	ɺ Battue latérale alvéolaire
ɥ Spirante voisée labiale palatale	ɧ f et x simultanés
ɸ Fricative non voisée épiglottale	Les affriquées et les articulations doubles peuvent être représentées par deux symboles unis par le signe ~ si besoin est.
ɕ Fricative voisée épiglottale	
ʔ Occlusive épiglottale	

DIACRITIQUES

◌ Non voisé	◌̥ ◌̜	◌ Voisement soufflé	◌̥ ◌̚	◌ Dentale	◌̪ ◌̫
◌ Voisé	◌̆ ◌̇	◌ Voisement raclé	◌̥ ◌̚	◌ Apicale	◌̪ ◌̫
◌ Aspiré	◌̥ ◌̜	◌ Linguo-labial	◌̥ ◌̚	◌ Laminaire	◌̪ ◌̫
◌ Lèvres plus arrondies	◌̙	◌ Labialisé	◌̥ ◌̚	◌ Nasalisé	◌̥ ◌̚
◌ Lèvres moins arrondies	◌̘	◌ Palatalisé	◌̥ ◌̚	◌ Relâchement nasal	◌̥ ◌̚
◌ Lieu d'articulation	◌̙	◌ Vélarisé	◌̥ ◌̚	◌ Relâchement latéral	◌̥ ◌̚
◌ Lieu d'articulation reculé	◌̙	◌ Pharyngalisé	◌̥ ◌̚	◌ Relâchement inaudible	◌̥ ◌̚
◌ Lieu d'articulation centralisé	◌̙	◌ Vélarisé ou pharyngalisé	◌̥ ◌̚		
◌ Lieu d'articulation à moitié centralisé	◌̙	◌ Élevé	◌̥ ◌̚ (ɪ = fricative alvéolaire voisée)		
◌ Consonne syllabique	◌̥ ◌̚	◌ Abaisé	◌̥ ◌̚ (β = spirante bilabiale voisée)		
◌ Vowelle non syllabique	◌̥ ◌̚	◌ Racine de la langue avancée	◌̥ ◌̚		
◌ Rhotique	◌̥ ◌̚	◌ Racine de la langue reculée	◌̥ ◌̚		

VOYELLES



Au sein d'une paire de symboles, celui de droite représente une voyelle arrondie.

PROSODIE

◌ Accent principal	◌̌
◌ Accent secondaire	◌̎
◌ Long	◌̄
◌ Mi-long	◌̑
◌ Ultrabref	◌̏
◌ Groupe rythmique secondaire	◌̥ ◌̚
◌ Groupe rythmique principal	◌̥ ◌̚
◌ Frontière syllabique	◌̥ ◌̚
◌ Liaison	◌̥ ◌̚

TONS

REGISTRE	MODULATION
◌ ou ◌̎ Très haut	◌̎ ou ◌̎ Montant
◌ Haut	◌̎ Descendant
◌ Moyen	◌̎ Montant haut
◌ Bas	◌̎ Montant bas
◌ Très bas	◌̎ Montant-descendant
◌ Abaissement tonal	◌̎ Tout montant
◌ Montée tonale	◌̎ Tout descendant

Annexe 2 : Résultats préliminaires publiés

Entre Québec et France, qu'en est-il de l'antériorisation de /ɔ/ en français contemporain ?

Xavier St-Gelais¹, Christophe Coupé², François Pellegrino² et Vincent Arnaud^{1,2}

(1) Université du Québec à Chicoutimi, 555, boul. de l'Université,
Chicoutimi (Québec), G7H 2B1, Canada

(2) Laboratoire Dynamique du Langage UMR5596, Université de Lyon et CNRS,
14, avenue Berthelot, 69007 Lyon, France
xavier.st-gelais1@uqac.ca, vincent.arnaud@uqac.ca

RÉSUMÉ

L'antériorisation de /ɔ/, largement étudiée en France, n'a reçu que peu d'attention au Québec. Afin de documenter une éventuelle variation diatopique entre France et Québec, une analyse acoustique comparative de la fréquence centrale du deuxième formant (F₂) de 2837 voyelles produites dans des mots et non-mots monosyllabiques (C)VC par des étudiants universitaires de Saguenay (Québec) et de Lyon (France) a été menée. Un modèle de régression linéaire à effets mixtes appliqué aux données indique que /ɔ/ est significativement plus antérieur à Lyon qu'à Saguenay. Dans les deux villes, le lieu d'articulation de la consonne antéposée et celui de la consonne postposée influencent la structure acoustique de cette voyelle. Quelle que soit leur position, les consonnes antérieures (ex. /t, d/) favorisent le F₂ le plus élevé ; les consonnes labiales (ex. /p, b/), le F₂ le plus bas.

ABSTRACT

/ɔ/-fronting in contemporary French between Quebec and France

/ɔ/-fronting has been widely studied in France, but this phenomenon has received little attention in Quebec French. To better understand a potential regional variation between France and Quebec province, an acoustic analysis of the second formant frequency (F₂) of 2837 vowels uttered in (C)VC monosyllabic words and non-words by university students from Saguenay (Quebec) and Lyon (France) was conducted. By fitting a linear mixed effects regression to the data, /ɔ/ is found to be significantly more fronted in Lyon than in Saguenay. In both dialects, the places of articulation of the initial and final consonant also influence the vowel's acoustical structure. No matter their position, front consonants (ex. /t, d/) favour a higher F₂, while labials (ex. /p, b/) are associated with the lowest F₂.

MOTS-CLÉS : antériorisation de /ɔ/, français, Québec, sociophonétique, acoustique de la parole, modèle de régression linéaire à effets mixtes

KEYWORDS: /ɔ/-fronting, French, Quebec, sociophonetics, acoustics, linear mixed effects model

1 Contexte

En français, la voyelle /ɔ/ est fréquemment soumise à une antériorisation. Remarqué par des grammairiens dès le XVI^e siècle (voir Fónagy, 1989), ce phénomène a fait l'objet de quantité de travaux depuis l'article fondateur de Martinet (1957). Différents facteurs linguistiques apparaissent influencer l'antériorisation de /ɔ/, comme la graphie (Hansen et Juillard, 2011), la fréquence lexicale (Woehrling et Boula de Mareüil, 2007 ; Mooney, 2016) ou encore l'accentuation : si, dans la

littérature, les exemples fournis sont surtout situés en position inaccentuée (Walter, 1976 ; Coveney, 2001), le phénomène peut aussi affecter les voyelles en position accentuée¹ (Lennig, 1979 ; Paradis, 1985 ; Mooney, 2016). Cette dernière position est toutefois plus rarement étudiée.

Des effets des segments adjacents sur l'antériorisation de /ɔ/ sont aussi mentionnés dans la littérature. Woehrling et Boula de Mareüil (2007), dans leur étude acoustique fondée sur deux vastes corpus oraux, indiquent que les consonnes antérieures, qu'elles soient en position antéposée ou postposée, favorisent l'antériorisation de /ɔ/. Les auteurs ne précisent toutefois pas si le contexte syllabique a été contrôlé. Armstrong et Low (2008) soutiennent, quant à eux, que le lieu d'articulation de la consonne postposée dans une syllabe fermée serait le déterminant majeur du degré d'antériorité de /ɔ/ : pour ces auteurs (2008 : 439), en français, « assimilation generally proceeds in an 'anticipatory' or 'regressive' direction ». Par l'entremise d'une analyse auditive visant à évaluer comme antériorisées ou non 372 occurrences produites en parole spontanée, les auteurs notent un taux d'antériorisation de 86,3 % devant des consonnes antérieures (/t, d, s, l, n, ʃ/), mais de seulement 13,3 % devant des postérieures (/k, ʁ/). Les consonnes antérieures impliquant un mouvement de la langue vers l'avant, Armstrong et Low estiment qu'il est logique qu'elles favorisent une antériorisation. Leur analyse souligne aussi que la consonne labiale /m/, qui n'implique pas de mouvement lingual, favorise aussi l'antériorisation. Armstrong et Low (2008 : 441) avancent que la haute fréquence d'apparition de cette consonne après /ɔ/ pourrait expliquer cet effet : « [o]ther things being equal, it appears uncontroversial to state that high frequency will promote the adoption of a linguistic innovation. » Dans son étude acoustique récente en Béarn, chez les locuteurs âgés de 16 à 18 ans, Mooney (2016) relève lui aussi que les consonnes postérieures, en position postposée, sont moins favorables à une augmentation de F₂ que les antérieures et les labiales /m, f/. Mooney (2016 : 73) postule que « [t]outes les consonnes qui favorisent une voyelle antérieure, /ʃ, m, t, f, s, l/, comprennent un rétrécissement antérieur, même si les labiales /m, f/ n'ont aucun geste lingual », ce qui expliquerait leur effet similaire. Toujours selon cet auteur, en position antéposée, les consonnes labiales de même que le /ʁ/ sont plutôt associées à des occurrences de /ɔ/ plus postérieures, les consonnes antérieures favorisant quant à elles un F₂ plus élevé. L'effet des consonnes labiales serait donc différent avant et après la voyelle.

L'antériorisation de /ɔ/ a également été associée à plusieurs facteurs extralinguistiques. Si Martinet (1957) considère le phénomène comme typique des classes populaires parisiennes, Carton (2000 : 31) y voit une « marque de préciosité inconsciente ». Selon les études et les lieux d'enquête, l'antériorisation de /ɔ/ est associée soit à un âge avancé (Walter, 1976 ; Paradis, 1985), soit à la jeunesse (Armstrong et Low, 2008 ; Lamontagne, 2015 ; Mooney, 2016), au registre spontané (Woehrling et Boula de Mareüil, 2007 ; Woehrling, 2009) ou à la parole lue (Malderez, 1995). Certains auteurs notent aussi que les jeunes femmes pourraient mener le mouvement d'antériorisation de /ɔ/ (Carton, 2000 ; Armstrong et Low, 2008 ; Mooney, 2016).

Au plan géographique, l'antériorisation de /ɔ/ est relevée en Belgique et en Suisse (Woehrling, 2009), de même qu'au Québec (Paradis, 1985 ; Lamontagne, 2015), mais a surtout été étudiée à Paris (Walter, 1976 ; Lennig, 1979) – c'est d'ailleurs dans cette ville qu'elle serait apparue (Martinet, 1957) – et plus généralement en France. Le phénomène serait aujourd'hui en expansion dans le français du nord de l'Hexagone (Carton, 2000 ; Woehrling et Boula de Mareüil, 2007). Selon Armstrong et Low (2008), ce trait serait caractéristique d'une prononciation septentrionale et, jouissant d'un certain prestige, se diffuserait par nivellement interdialectal vers d'autres espaces géographiques, comme le Roannais. Mooney (2016) interprète aussi l'antériorisation chez les jeunes Béarnais comme le produit de cette diffusion. Bien que l'antériorisation de /ɔ/ soit mentionnée dans plusieurs points d'enquête, peu d'études ont cherché à évaluer sa variabilité diatopique. En France, Woehrling et Boula de

¹ Étant donné la position de l'accent tonique en français et la *loi de position* régissant en partie la répartition de /ɔ/ et de /o/ en fonction du contexte syllabique, la vaste majorité des /ɔ/ en syllabe accentuée sont situées en syllabe fermée.

Mareüil (2007) ont comparé les deux premiers formants de voyelles produites par des locuteurs du nord et du sud de la France. Ils ont constaté que l'antériorisation de /ɔ/ était beaucoup moins fréquente en français méridional. Woehrling (2009) a étendu cette analyse en comparant le nord et le sud de la France, l'Alsace, la Belgique et la Suisse : dans ces deux derniers pays, l'antériorisation semble aussi commune qu'au nord de la France, alors qu'en Alsace, elle l'est davantage qu'au Sud, mais moins qu'au Nord. Hors d'Europe, seul Lamontagne (2015) a examiné l'antériorisation de /ɔ/ dans 7 villes du Québec et de l'Ontario. L'auteur note un effet significatif de l'origine géographique sur le phénomène, mais sans plus de précisions. En somme, les données disponibles sont peu nombreuses et peu comparables.

2 Objectifs

La présente contribution a trois objectifs : a) fournir des données acoustiques récentes sur la prononciation de la voyelle /ɔ/ en syllabe fermée au Québec et en France, b) vérifier si une variabilité d'origine diatopique s'exprime entre ces deux espaces géographiques, c) confirmer l'effet du lieu d'articulation de la consonne postposée sur la voyelle et explorer celui du lieu d'articulation de la consonne précédente, moins documenté, à la fois au Québec et en France.

3 Repères méthodologiques

Les occurrences analysées sont extraites d'un corpus de parole de laboratoire constitué en 2016-2017 auprès de 10 femmes et 9 hommes originaires de la ville de Saguenay, aire urbaine de 160 000 habitants située à 250 km au nord-est de Québec (SG, \bar{x} =23,3 ans, s =2,6 ans), et de 10 femmes et 9 hommes originaires de Lyon, en France (LY, \bar{x} =21,2 ans, s =2,3 ans). Tous étaient étudiants universitaires et habitaient dans leur ville d'origine depuis leur naissance au moment de l'enregistrement. La tâche consistait à lire à voix haute, en chambre anéchoïque, des phrases pentasyllabiques terminées par des mots ou des non-mots cibles contenant l'une des voyelles orales du français (ex. « La soupe était *bonne*. »). Les énoncés étaient proposés en ordre aléatoire. Après leur lecture, l'enquêteur feignait de ne pas avoir compris la cible et demandait au locuteur de la répéter isolément. L'utilisation de ce paradigme permettait de désambiguïser les homographes (par ex., <jet>=/ʒɛ/ ou /dʒɛt/) et d'éviter les effets de lecture de listes. Seuls les mots et les non-mots produits isolément ont été considérés.

Parmi les 658 mots et non-mots du corpus destinés à différentes études, 76 (51 mots et 25 non-mots) ayant /ɔ/ pour noyau, tous monosyllabiques et de structure (C)VC, ont été retenus. Le TABLEAU 1 présente leur distribution. Les consonnes initiales et finales ont été étiquetées en fonction de trois lieux d'articulation : labial (/p, m, b, f, v/), antérieur (/t, d, n, l, s, ʃ, ʒ/) et postérieur (/k, g, ʁ/). 2888 occurrences de /ɔ/, toutes accentuées, ont été extraites (76 mots et non-mots × 38 locuteurs). 51 ont été rejetées à cause d'une nasalisation importante (27), d'une erreur de production (20) ou d'une intonation exagérément montante (4). Au total, 2837 voyelles ont été analysées.

	C ₂ labiale (/p,b,m,f/)	C ₂ antérieure (/t,d,n,l,s,ʃ,ʒ/)	C ₂ postérieure (/g,k/)	Total
Aucune C ₁	1	3	1	5
C ₁ labiale (/p,b,m,f,v/)	8	15	5	28
C ₁ antérieure (/t,d,n,l,s/)	5	13	5	23
C ₁ postérieure (/g,k,ʁ/)	5	12	3	20
Total	19	43	14	76

TABLEAU 1 – Tableau de contingence des mots et des non-mots du corpus en fonction du lieu d’articulation des consonnes antéposée (C₁) et postposée (C₂)

Les voyelles ont été segmentées manuellement à l’aide de PRAAT version 6.0.x². Les frontières ont été placées à des passages par zéro correspondant à l’apparition et à la disparition des patrons vocaliques. Par la suite, à partir de spectrogrammes en bandes larges, les paramètres de détection des fréquences centrales formantiques par LPC (algorithme de Burg) ont été ajustés manuellement pour chaque occurrence ; les trajectoires formantiques obtenues ont été utilisées pour extraire la fréquence centrale du deuxième formant (F₂) à 50 % de la durée³.

Les données ont été analysées avec R version 3.4.x⁴, principalement à l’aide de la bibliothèque *lme4* (Bates *et al.*, 2015). Un modèle de régression linéaire à effets mixtes a été construit pour examiner la relation entre la variable dépendante (F₂) et les quatre variables indépendantes catégorielles examinées : la ville d’origine (VILLE, deux niveaux), le sexe (SEXE, deux niveaux), le lieu d’articulation de la consonne précédente (PRE_LIEU, quatre niveaux) et celui de la consonne suivante (POST_LIEU, trois niveaux). Toutes les interactions possibles ont également été évaluées. Pour éviter toute pseudo-réplication (Hurlbert, 1984), les facteurs INDIVIDU et MOT ont été intégrés comme effets aléatoires croisés sous forme d’*intercepts* (ordonnées à l’origine). Des pentes aléatoires par INDIVIDU pour les effets de lieu d’articulation (PRE_LIEU et POST_LIEU), corrélées entre elles et avec l’*intercept* pour INDIVIDU, ont aussi été intégrées afin d’éviter une augmentation du risque d’erreur de type I (Barr, 2013).

Afin d’identifier un modèle parcimonieux, les effets fixes ont fait l’objet d’une sélection descendante par estimation de la significativité des différences de déviance entre des modèles successifs nichés (Zuur *et al.*, 2009). Des tests de rapports de vraisemblance (*LR-tests*) ont été utilisés à cette fin, et les variations du critère d’information d’Akaike (*AIC*) ont aussi été observées. La linéarité et l’homogénéité de la variance ont été vérifiées par l’inspection visuelle de diagrammes de dispersion des résidus. Les résidus suivent une distribution normale à queues lourdes symétriques (*symmetrical heavy-tailed*), celle-ci ayant comme seul effet potentiel de rendre le modèle plus conservateur en ce qui a trait à la significativité des effets fixes (Pinheiro et Bates, 2006 : 180). Par ailleurs, les diagrammes quantile-quantile suggèrent que la distribution normale des effets aléatoires ne peut pas être rejetée. Enfin, cinq occurrences estimées trop influentes sur les résultats du modèle de régression ont été exclues. Le pseudo-R² de Nakagawa et Schielzeth (2013) indique que le modèle final est bien ajusté aux données (pseudo-R²_{marginal}=0,57, pseudo-R²_{conditionnel}=0,85). Étant donné la présence d’interactions (voir section 4), la significativité des effets des prédicteurs a été évaluée par ANOVA de type III reposant sur des tests de Fisher (*F-tests*) et utilisant l’approximation de Kenward-Roger pour estimer les degrés de liberté du dénominateur. Afin d’identifier les niveaux des prédicteurs ayant un impact significatif sur la variable dépendante, des tests *t* de comparaisons multiples avec une

² Boersma P., Weenink D. (2017). <https://www.praat.org/>

³ Dans 306 cas, les trajectoires ne s’ajustaient pas aux formants visibles sur le spectrogramme. Elles ont alors été estimées par interpolation linéaire de points placés manuellement sur le spectrogramme en bande large. Le script conçu est inspiré du travail d’E. Ferragne : <https://moodlesupd.script.univ-paris-diderot.fr/mod/page/view.php?id=49768>

⁴ R Core Team. (2017). <https://www.R-project.org/>

correction de Holm fondés sur les moyennes marginales estimées (MME) ont été menés. La significativité des effets a été interprétée en fonction des valeurs exactes de p . Le seuil de signification $\alpha=0.05$ n'a pas été considéré de façon stricte, car comme l'indique Murtaugh (2014 : 613), « [i]t is clear that a decision rule leading to very different interpretations of P values of 0.049 and 0.051 is not very rational. » Par ailleurs, les fréquences formantiques brutes n'ont fait l'objet d'aucune normalisation intrinsèque ou extrinsèque. Dans la lignée de Drager et Hay (2012), nous estimons que l'ajustement de l'*intercept* par INDIVIDU, conjointement à l'inclusion du facteur fixe SEXE au sein du modèle, permet de modéliser l'effet du sexe et l'impact de l'individu sur l'ajustement des valeurs formantiques prédites par le modèle.

4 Résultats

La FIGURE 1 illustre la dispersion des occurrences de /ɔ/ dans un espace $F_1 \times F_2$ en fonction de VILLE et SEXE. Des différences d'ordre sexuel émergent clairement dans chaque ville. En outre, les voyelles des locuteurs lyonnais semblent plus antérieures que celles des Saguenéens. Le F_2 moyen des occurrences produites par les hommes lyonnais est même très proche de celui des /ɔ/ des femmes saguenéennes. Cependant, la forte dispersion des occurrences produites par ce groupe est manifeste.

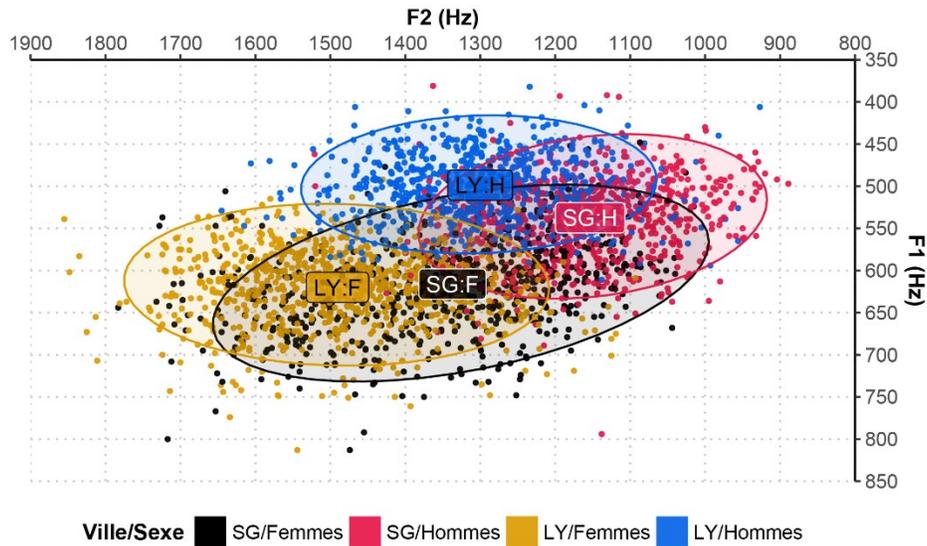


FIGURE 1 – Diagramme $F_1 \times F_2$ (à 50 % de la durée vocalique) des 2837 occurrences de /ɔ/ du corpus (les ellipses de dispersion sont situées à ± 2 écarts-types autour des moyennes de groupe)

Au-delà de ces observations préalables, le modèle de régression linéaire à effets mixtes a permis de mettre au jour trois interactions doubles influençant significativement la fréquence de F_2 : $\text{SEXE} \times \text{POST_LIEU}$, $\text{VILLE} \times \text{POST_LIEU}$ et $\text{VILLE} \times \text{PRE_LIEU}$ (FIGURE 2). En premier lieu, l'effet de POST_LIEU sur F_2 diffère en fonction de SEXE ($F(2, 33,99)=5,73, p=0,007$). Comme attendu, F_2 est nettement plus élevé chez les femmes (MME=1385 Hz, IC à 95 % [1350, 1420]) que chez les hommes (MME=1222 Hz, IC à 95 % [1186, 1259]), et ce, indépendamment du lieu d'articulation de la consonne postposée. Cependant, chez les femmes, les voyelles présentent un F_2 significativement plus élevé lorsqu'elles sont suivies de consonnes antérieures que lorsqu'elles sont suivies de consonnes postérieures ou labiales, ces dernières ne présentant pas d'effet différencié. Chez les hommes, une différence significative existe entre consonnes antérieures et consonnes labiales, mais l'effet des consonnes postérieures ne se différencie pas de celui des autres consonnes.

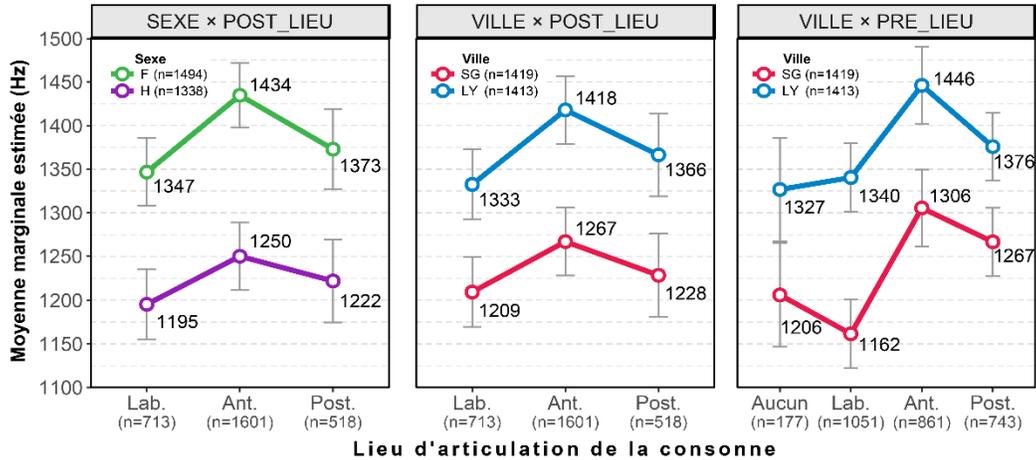


FIGURE 2 – Moyennes marginales estimées de F₂ (Hz) et intervalles de confiance à 95 % des trois interactions

Le modèle met également en exergue une tendance de l'effet de POST_LIEU à être modulé par VILLE ($F(2, 34,01)=3,29, p=0,049$). À Saguenay comme à Lyon, les consonnes labiales postposées sont associées à un F₂ significativement moins élevé que les antérieures ; en outre, dans les deux villes, les effets des consonnes labiales et postérieures ne se distinguent pas. L'interaction est causée par les consonnes postérieures, dont l'effet diffère de celui des antérieures à Lyon (F₂ est significativement moins élevé devant des postérieures), mais pas à Saguenay. Par ailleurs, la différence significative liée à la VILLE, sensiblement équivalente d'un contexte consonantique à l'autre, est manifeste.

Cette différence d'ordre géographique est plus marquée en ce qui concerne l'effet différencié de PRE_LIEU en fonction de VILLE ($F(3, 34,13)=16,08, p<0,001$). L'ordonnancement des effets du lieu d'articulation de la consonne antéposée est similaire dans les deux villes : F₂ est significativement plus élevé après les consonnes antérieures qu'après les labiales ou lorsqu'il n'y a pas de consonne initiale. L'effet de ces deux derniers contextes n'est pas différencié. La différence entre les villes, source de l'interaction, tient aux consonnes postérieures antéposées. À Lyon, F₂ dans ce contexte ne diffère pas de celui des voyelles précédées par des consonnes labiales ou sans consonne antéposée, mais est significativement différent de celui des voyelles précédées par des consonnes antérieures. À l'inverse, à Saguenay, l'effet des consonnes postérieures ne se distingue pas de celui des consonnes antérieures, mais se différencie statistiquement de celui des consonnes labiales.

5 Discussion et conclusion

L'antériorisation de /ɔ/ apparaît comme plus marquée à Lyon qu'à Saguenay. En moyennant l'effet de SEXE, PRE_LIEU et POST_LIEU, les occurrences des locuteurs lyonnais présentent un F₂ (MME=1372 Hz, IC à 95 % [1335, 1409]) plus élevé que celui des voyelles des locuteurs saguenéens (MME=1235 Hz, IC à 95 % [1198, 1272]). La variation diatopique de l'antériorisation de /ɔ/ entre le français québécois de Saguenay et le français hexagonal de Lyon est manifeste.

L'effet du lieu d'articulation des consonnes adjacentes sur le F₂ de /ɔ/ est manifeste et, dans l'ensemble, similaire d'une ville à l'autre et d'une position à l'autre. En position antéposée comme postposée, les consonnes antérieures favorisent un F₂ plus élevé, tout comme Woehrling et Boula de Mareuil (2007) et Mooney (2016) le mentionnent. Par contre, nos résultats se dissocient de la littérature antérieure concernant les consonnes labiales. Dans la présente étude, elles sont associées au F₂ moyen le plus bas dans les deux positions. L'hypothèse articulatoire proposée par Mooney (2016) concernant un « rétrécissement antérieur des consonnes labiales et antérieures » ne

peut s'appliquer aux présents résultats. Comme le suggèrent pour leur part Armstrong et Low (2008), le mouvement de la langue impliqué dans l'articulation des consonnes pourrait être responsable du patron observé. Les consonnes labiales, tout comme l'absence de consonne initiale, n'impliquent pas d'intervention de la masse linguale, cette dernière pouvant rester en position postérieure lors de l'articulation vocalique. Si tel est le cas, l'effet des consonnes postérieures à Saguenay demeure difficile à expliquer : elles devraient être associées à un F_2 significativement plus bas que les consonnes antérieures, ce qui n'est le cas dans aucune des deux positions. Il est aussi possible que d'autres gestes articulatoires interviennent, notamment l'arrondissement labial. Armstrong et Low (2008) remarquent à cet égard que les occurrences de /ɔ/ perçues plus arrondies ont généralement un F_2 plus bas. L'analyse des effets consonantiques sur F_1 et F_3 pourrait fournir quelques pistes de réponse, mais comme le mentionnent Armstrong et Low, seules des études articulatoires permettraient d'obtenir des conclusions robustes.

Par ailleurs, la présente étude comporte trois limites principales. Premièrement, non-mots et mots n'ont pas été distingués. S'il n'est pas exclu que leur traitement relève de processus cognitifs différents, l'ajout du statut lexical comme facteur fixe dans le modèle statistique indique toutefois que cette variable n'influence pas significativement F_2 . Deuxièmement, avec une valeur de p de 0,049 obtenue par ANOVA de type III, l'interaction POST_LIEU \times VILLE apparaît comme une tendance. Afin d'évaluer la robustesse de cet effet, un bootstrap paramétrique reposant sur la construction de 1000 échantillons simulés de données dont la distribution correspond à celle des données originales a été utilisé. Pour chaque échantillon, un *LR-test* visant à tester la significativité de la différence de déviance entre le modèle complet et le modèle n'incluant pas cette interaction a été effectué. La valeur de p empirique équivaut à la proportion des valeurs de LR plus grandes ou égales à la valeur de LR observée sur les seules données originales ; elle s'établit à $p=0,043$. L'interaction POST_LIEU \times VILLE est donc relativement robuste. Troisièmement, le regroupement des lieux d'articulation des consonnes sous trois étiquettes n'offre qu'un portrait global des effets des contextes consonantiques adjacents et mériterait d'être affiné. Par exemple, Armstrong et Low (2008 : 440) mentionnent qu'un /m/ postposé favoriserait l'antériorisation de /ɔ/, à la différence de /p/ ou /f/ par exemple ; l'étiquetage des consonnes adjacentes selon leur lieu d'articulation ne permet pas de confirmer ou d'infirmer un tel effet. Par ailleurs, comme illustré dans la FIGURE 3, les modes conditionnels de l'effet aléatoire MOT, qui rendent compte de l'impact de chaque mot sur la valeur moyenne prédite de F_2 , révèlent des ajustements inférieurs à -100 Hz pour les 4 mots débutant par /ʁ/ (*roches, robes, rote, roc*). Cette observation *a posteriori* soulève la question d'un éventuel effet d'un /ʁ/ antéposé. En position postposée, l'effet de /ʁ/ n'est pas traité dans le cadre de cette contribution pour deux raisons : a) en français hexagonal, il reste controversé (Coveney, 2001 ; Armstrong et Low, 2008) et b) en français québécois, le /ʁ/ postposé en syllabe fermée induit une diphtongaison plutôt qu'une antériorisation de /ɔ/ (Arnaud et Riverin-Coutlée, 2016). Il reste que les résultats proposés dans la présente contribution indiquent que les consonnes antéposées, comme les consonnes postposées, influencent l'antériorisation de la voyelle

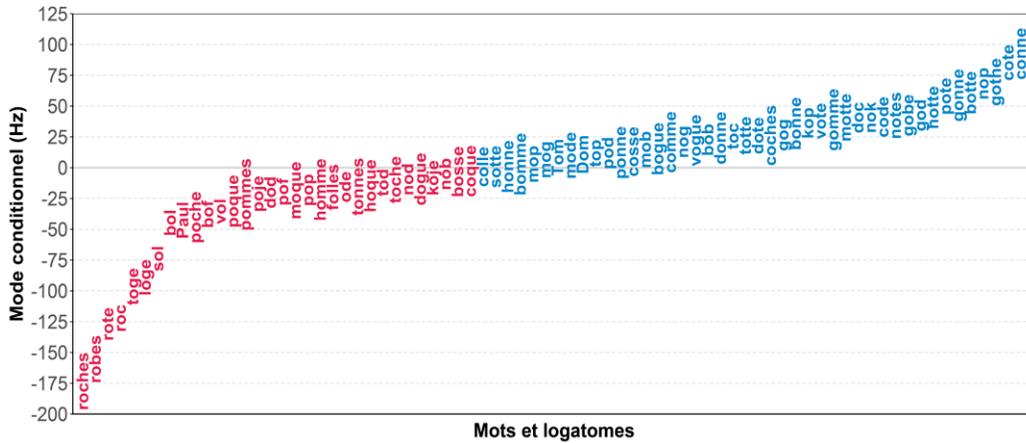


FIGURE 3 – Modes conditionnels de l'effet aléatoire mot par ordre croissant

En conclusion, certaines interrogations demeurent. Au plan acoustique, la différence prédite pour F_2 entre le /ɔ/ de Saguenay et de Lyon, sexes et lieux d'articulation des consonnes adjacentes confondus, est de 137 Hz. Cette différence substantielle est-elle perçue de la même manière de chaque côté de l'Atlantique ? Des études perceptives devront être menées pour explorer cette question. Par ailleurs, l'antériorisation de /ɔ/ reste à être examinée en synchronie à l'échelle d'autres régions françaises et québécoises, notamment dans les très grands centres urbains socialement hétérogènes que sont Québec et Montréal.

Remerciements

Cette recherche a été rendue possible grâce au soutien financier du Conseil de recherche en sciences humaines du Canada (CRSH), du Fonds de recherche du Québec – Société et culture (FRQ-SC), du Laboratoire Dynamique du Langage (UMR 5596 – CNRS Université Lyon 2) et du LABEX ASLAN (ANR-10-LABX-0081) de l'Université de Lyon (ANR-11-IDEX-0007).

Références

- Armstrong N., Low J. (2008). C'est encœur plus jeuili, le Mareuc: Some evidence for the spread of /ɔ/-fronting in French. *Transactions of the Philological Society* 106(3), 432-455.
- Arnaud V., Riverin-Coutlée J. (2016). De l'acoustique à la perception : la confusion des voyelles /a/ et /ɔ/ en syllabe fermée par /ʁ/ en français québécois. *Association of French Language Studies Conference 2016*, Queen's University, Belfast.
- Barr D. J. (2013). Random effects structure for testing interactions in linear mixed-effects models. *Frontiers in Psychology* 4, 328.
- Bates D., Mächler M., Bolker B., Walker S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using *lme4*. *Journal of Statistical Software* 67, 1-48.
- Carton F. (2000). La prononciation. In Cerquiglini B., Antoine G. (éds.) *Histoire de la langue française 1945-2000*. Paris : CNRS, 25-60.

- Coveney A. (2001). *The Sounds of Contemporary French: Articulation and Diversity*. Exeter : Elm Bank Publications.
- Drager K., Hay J. (2012). Exploiting random intercepts: Two case studies in sociophonetics. *Language Variation and Change* 24, 59-78.
- Fónagy I. (1989). Le français change de visage ? *Revue romane* 24(2), 225-253.
- Hansen A. B., Juillard C. (2011). La phonologie parisienne à trente ans d'intervalle – Les voyelles à double timbre. *Journal of French Language Studies* 21, 313-359.
- HURLBERT S. H. (1984). Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54 (2), 187-211.
- Lamontagne J. (2015). A little forward in Laurentian French: A variationist analysis of vowel fronting in Laurentian French. *Congrès de l'Association canadienne de linguistique 2015*, 1-14.
- Lennig M. (1979). Une étude quantitative du changement linguistique dans le système vocalique parisien. In Lennig M., Thibault P. (éds.). *Le français parlé : études sociolinguistiques*. Edmonton : Edmonton Linguistic Research, 29-39.
- Malderez I. (1995). *Contribution à la synchronie dynamique du français : le cas des voyelles orales arrondies (perception et production)*. Thèse de doctorat : Université Paris VII.
- Martinet A. (1957). "C'est jeuli, le Mareuc !". *Romance Philology* 11, 345-355.
- Mooney D. (2016). 'C'est jeuli, la Gasceugne!': l'antériorisation du phonème /ɔ/ dans le français régional du Béarn. *French Studies: A Quarterly Review* 70, 61-81.
- Murtaugh P.A. (2014). In defense of *P* values. *Ecology* 95, 611-617.
- Nakagawa S., Schielzeth H. (2013). A general and simple method for obtaining R^2 from generalized linear mixed-effects models. *Methods in Ecology and Evolution* 4(2), 133-142.
- Paradis C. (1985). *An Acoustic Study of Variation and Change in the Vowel System of Chicoutimi-Jonquiere (Quebec)*. Thèse de doctorat : University of Pennsylvania.
- Pinheiro J., Bates D. (2006). *Mixed-effects models in S and S-PLUS*. Berlin : Springer.
- Walter H. (1976). *La dynamique des phonèmes dans le lexique du français contemporain*. Paris : Presses universitaires de France.
- Woehrling C. (2009). *Accents régionaux en français : perception, analyse et modélisation à partir de grands corpus*. Thèse de doctorat : Université Paris-Sud XI.
- Woehrling C., Boula de Mareüil P. (2007). Comparing Praat and Snack formant measurements on two large corpora of northern and southern French. *Interspeech 2007*, 1006-1009.
- Zuur A.F., Ieno E.N., Walker N.J., Saveliev A.A., Smith G.M. (2009). *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. Berlin : Springer.

Annexe 3 : Recrutement des participants

Courriel envoyé aux participants saguenéens

Bonjour,

Je vous remercie de votre intérêt pour mon projet. Mon étude porte sur les voyelles du français. Je travaille en sociophonétique: je m'intéresse aux différences d'accent entre différentes zones de la francophonie, dans ce cas-ci le Québec et la France. Je récolte donc du matériel sonore chez un échantillon de locuteurs de chaque endroit pour avoir une idée moyenne de leur façon de prononcer. J'isole ensuite leurs voyelles et j'effectue des analyses acoustiques grâce à des outils informatiques qui me permettent de "chiffrer" les accents.

La tâche consiste en la lecture à voix haute d'environ 670 phrases de cinq syllabes qui apparaissent sur un écran d'ordinateur. Une fois ces phrases lues, je fais semblant de ne pas avoir compris le dernier mot (l'interaction est donc simulée) afin que vous le répétiez de façon isolée. On passe ensuite à la phrase suivante, et ainsi de suite.

La première phase comprend deux répétitions de mots comme *peuple*, *pâte*, etc. Elle comprend une quarantaine de phrases. La deuxième phase comprend environ 90 phrases et est constituée de pseudo-mots comme *gug* ou *boub*. Ils sont toujours insérés dans la même phrase (*Tu dis les sons [MOT]*). La troisième phase, de loin la plus importante, comprend le reste des phrases, qui varient au lieu de rester identiques. C'est dans tous les cas toujours le mot final qui doit être répété.

On s'habitue rapidement à exécuter cette tâche, si bien que les temps d'enregistrement varient de 1h à 2h. Deux pauses sont prévues au cours de l'étude, et vous pouvez en prendre autant que vous le désirez en plus de celles-là. Une bouteille d'eau est fournie, parce que la tâche demande de parler longtemps et qu'il faut bien s'abreuver au cours de l'enregistrement.

Aucune compensation financière n'est prévue; je fais toutefois tirer un exemplaire du Petit Robert de la langue française 2016 (valeur de 80\$) parmi la vingtaine de participant-e-s. Votre anonymat est garanti pour la suite du traitement des données. Votre participation à l'étude présuppose que tu es en accord avec la réutilisation subséquente de l'enregistrement dans d'autres études (où vous serez identifié(e) par un pseudonyme). Enfin, quelques informations sociologiques (origine, emploi des parents, etc.) vous seront demandées au début de l'étude durant un bref questionnaire.

Souhaitez-vous toujours participer? Si tel est le cas, envoyez-moi quelques périodes de disponibilité pour que nous puissions fixer un rendez-vous. Si vous avez des questions, n'hésitez pas!

Salutations,

Xavier St-Gelais

Université du Québec à Chicoutimi

Courriel envoyé aux participants lyonnais

Bonjour,

Merci de votre intérêt pour cette étude phonétique. Mon intérêt se porte sur une voyelle en particulier du système vocalique du français contemporain (je ne vous dis pas laquelle pour éviter tout biais éventuel dans votre parole). J'enregistre des gens à Lyon après en avoir enregistré dans deux villes du Québec, Québec (la capitale) et Saguenay (la ville où se situe mon université). Mon projet cherche à quantifier les différences dans la prononciation de cette voyelle qui sont liées à l'origine géographique des locuteurs, à la fois à une échelle plutôt micro (Saguenay versus Québec, qui sont distantes de 200 km l'une de l'autre) et à une échelle macro (France versus Québec). On sait d'ores et déjà que les Français et les Québécois ne parlent pas de la même manière, mais l'intérêt de la recherche est de montrer à quoi tiennent les différences dans le cas de cette voyelle.

Grâce aux enregistrements, je suis en mesure d'isoler les diverses occurrences de cette voyelle, qui apparaît dans plusieurs contextes linguistiques différents. Je pourrai donc voir si l'effet des consonnes est le même sur cette voyelle d'un espace géographique à l'autre.

Ce projet s'inscrit dans un effort plus large de comparaison des systèmes vocaliques de la France et du Québec que mène mon directeur de recherche. Les données que je récolte actuellement à Lyon pourront donc être réutilisées lors d'analyses subséquentes, puisqu'elles concernent une multitude de voyelle et non seulement celle qui m'intéresse à titre personnel.

La tâche consiste donc en une séance d'enregistrement unique d'une durée allant de 1h à 1h30 au cours de laquelle vous serez appelé(e) à lire à haute voix des mots fictifs, comme *kiki*, ou réels, comme *guêpe*, qui seront insérés dans des phrases de 5 syllabes qui défileront à l'écran. Il y a une "simulation d'interaction", en ce sens que je suis présent pendant la séance et que je fais semblant de ne pas comprendre le dernier mot de chacune des phrases de manière à ce qu'il soit répété de façon isolée (seuls ces mots isolés sont analysés). L'enregistrement s'effectue à l'Institut des Sciences de l'Homme (Centre Berthelot - 14, avenue Berthelot, arrêt tram T2 "Centre Berthelot") en chambre sourde afin d'assurer une bonne qualité sonore. Au préalable, quelques renseignements sociologiques vous seront demandés (origine géographique et emploi des parents, âge, etc.). Votre anonymat sera toutefois préservé dans toutes les étapes subséquentes de cette étude.

Une bouteille d'eau est fournie lors de l'enregistrement et vous pourrez prendre autant de pauses que vous le désirez. Vous êtes également en droit de vous retirer de l'étude à tout moment si vous le désirez, et ce, même une fois l'enregistrement terminé.

La compensation prévue est un virement de 15 euros effectué par le CNRS à la fin de mes enregistrements, soit au début du mois de juin. Pour que ce virement fonctionne, il faudra, advenant le cas où vous seriez toujours intéressé(e), que vous apportiez avec vous un RIB et votre numéro de sécurité sociale le jour de l'expérience.

N'hésitez pas à me faire part de toute question que vous auriez quant au projet. Si vous n'en avez pas et si vous souhaitez toujours y participer, je vous invite à me fournir des plages de disponibilité de deux heures afin que nous puissions fixer une date pour l'enregistrement. Comme je vous le disais plus haut, la durée n'excède que très rarement 1h30, instructions incluses, mais je préfère ne pas prendre de risque. L'enregistrement peut commencer entre 9h et 15h30 les jours de semaine. [...]

J'attends donc de vos nouvelles pour réserver la salle.

Salutations,

Xavier St-Gelais

Université du Québec à Chicoutimi

Affiche de recrutement – Saguenay

Participant(e)s recherché(e)s pour une étude en phonétique

étude des sons de la
parole humaine

Qui?

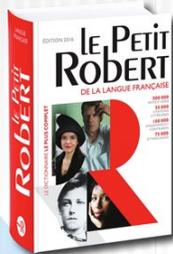
- Étudiant(e)s ou diplômé(e)s de l'UQAC
- Âgé(e)s de 20 à 29 ans
- Né(e)s au Saguenay (pas au Lac-St-Jean)
- Ayant passé toute leur vie dans cette région
(excluant une absence d'au plus un an)

Enregistrement de la parole du / de la
participant(e) lors d'une tâche de lecture
à haute voix de phrases ciblées.

Quoi?

Où, quand
et combien
de temps?

- À l'UQAC
- À un moment de disponibilité
commune avec l'enquêteur
- Environ 1 h 30

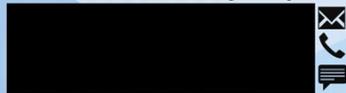


Une chance de gagner
un exemplaire du *Petit
Robert de la langue
française*, édition 2016
(valeur de 80 \$)
(et la reconnaissance éternelle
d'un étudiant de maîtrise)

En échange
de quoi?

Contact

Xavier ST-GELAIS
Maîtrise en linguistique



Superviseur de la recherche:
Vincent ARNAUD
Professeur agrégé de linguistique

Numéro de certificat éthique:
602-498-01

Affiche de recrutement – Lyon

Participant(e)s recherché(e)s pour une étude en **phonétique**

étude des sons de la
parole humaine

Qui?

- Étudiants (hommes) aux études supérieures (ou diplômés)
- Âgés de 20 à 29 ans
- Nés à Lyon ou dans sa périphérie **immédiate**
- Ayant passé toute leur vie dans cette ville
(excluant une absence d'un an maximum)

Enregistrement de la parole
lors d'une tâche de lecture
à haute voix de phrases ciblées.

Quoi?

Où, quand
et combien
de temps?

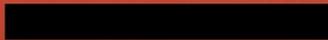
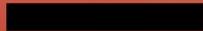
- À l'Institut des Sciences de l'Homme
(14, avenue Berthelot, bâtiment C)
- À un moment de disponibilité commune avec
l'enquêteur entre le 13 avril et le 2 juin
- Entre 1 h 15 et 1 h 30

15 € pour votre temps,
la **reconnaissance** d'un étudiant
et la chance de vous laisser
bercer par son **accent québécois**

En échange
de quoi?

Contact

Xavier SAINT-GELAIS



UQAC

Université du Québec
à Chicoutimi

Superviseurs de la recherche:

Vincent ARNAUD (UQAC)

Egidio MARSICO (CNRS-DDL)

Numéro de certificat éthique (UQAC): 602-498-01

Laboratoire Dynamique Du Langage - CNRS UMR 5596 Université Lumière Lyon 2 - 14 avenue Berthelot, 69007 Lyon

Annexe 4 : Fiche sociologique

Cette fiche a été utilisée pour noter les renseignements sociaux à propos de chacun des participants, tant pour le corpus C10-12 que pour le corpus C16-17.

Nom du locuteur	
Pseudonyme du locuteur	
Date d'enregistrement	
Âge	
Lieu de naissance	
Lieux de résidence successifs	
Niveau de scolarité	
Emploi(s) occupé(s)	
Origine géographique des parents	père :
	mère :
Niveau de scolarité des parents	père :
	mère :
Emploi(s) des parents	père :
	mère :

Annexe 5 : Tâche de lecture

1. Attends qu'on te nomme.
2. C'est la nouvelle mode.
3. C'est mon chat qui dort.
4. C'est son nouveau pot.
5. C'est son premier vol.
6. C'est sûrement un homme.
7. C'est un oeuf qu'il gobe.
8. C'est une chanson pop.
9. C'est une peinture gothe.
10. Ça touchait au sol.
11. Ce chien est un dogue.
12. Cette fille vaut de l'or.
13. Elle a trop de robes.
14. Elle aura mon vote.
15. Elle enlève son top.
16. Elle est vraiment conne.
17. Elle l'attend au port.
18. Elle lui jette un sort.
19. Elle parle haut et fort.
20. Elle portait une toge.
21. Elle s'est fait une bosse.
22. Elle termine son doc.
23. Elles deviendront folles.
24. Ève a une grosse poque.
25. Ève la trouve très sotte.
26. Fred achète des pommes.
27. Gertrude est une nonne.
28. Il actionne la hotte.
29. Il corrige un bogue.
30. Il découvre son corps.
31. Il enlève la cosse.
32. Il fallait qu'il rote.
33. Il faut qu'il la donne.
34. Il faut qu'on s'en dote.
35. Il reçoit des roches.
36. Il touchait les bords.
37. Ils en vendent des tonnes.
38. Ils sont très en vogue.
39. J'ai besoin du code.
40. J'ai perdu une botte.
41. J'assumerai mes torts.
42. J'en ai pris un bol.
43. J'entends toujours toc.
44. J'étais avec Tom.
45. J'utilise une colle.
46. Jacques écrit une ode.
47. Je joue avec Dom.
48. Je n'ai rien en poche.
49. Jean mâche de la gomme.
50. Jean-Paul a dit « bof ».
51. Jérémy s'en moque.
52. L'acteur a une loge.
53. L'oeuf n'a plus sa coque.
54. La soupe était bonne.
55. Mais c'était tout comme.
56. On a fait des coches.
57. On a pris des notes.
58. On martèle du roc.
59. Son prénom est Paul.
60. Tu connais sa cote.
61. Tu dis les sons bob.
62. Tu dis les sons bomme.
63. Tu dis les sons dod.
64. Tu dis les sons god.
65. Tu dis les sons gog.
66. Tu dis les sons gonne.
67. Tu dis les sons hok.
68. Tu dis les sons honne.
69. Tu dis les sons koje.
70. Tu dis les sons kop.
71. Tu dis les sons mob.
72. Tu dis les sons mog.
73. Tu dis les sons mom.
74. Tu dis les sons monne.
75. Tu dis les sons mop.
76. Tu dis les sons nob.
77. Tu dis les sons nod.
78. Tu dis les sons nog.
79. Tu dis les sons nok.
80. Tu dis les sons nop.
81. Tu dis les sons pod.
82. Tu dis les sons pof.
83. Tu dis les sons poje.
84. Tu dis les sons ponne.
85. Tu dis les sons toche.
86. Tu dis les sons tod.
87. Tu dis les sons totte.
88. Tu en prends une motte.

Annexe 6 : Scripts PRAAT pour la collecte des données et l'analyse du corpus

Scripts dans cette annexe

Script 1 : Affichage de la tâche de lecture.....	174
Script 2 : Préannotation des enregistrements.....	178
Script 3 : Alignement des annotations et des enregistrements.....	179
Script 4 : Extraction des mots cibles du corpus.....	183
Script 5 : Création des fichiers sonores d'analyse.....	184
Script 6 : Estimation semi-automatique des fréquences formantiques.....	185
Script 7 : Estimation manuelle des fréquences formantiques.....	190
Script 8 : Extraction et tabulation des résultats.....	195

Script 1 : Affichage de la tâche de lecture

Fonctionnement et prérequis

Ce script fonctionne avec trois fichiers au format texte comptant deux colonnes séparées par des tabulations : la première contient la phrase à afficher et la seconde, le mot cible à mettre en gras. C'est également le mot qui sera plus tard inséré dans la grille de préannotation. Voici un exemple du fichier `3_Mots.txt` :

PHRASE	MOT
Les ours aiment les baies.	baies
J'aimais bien cette race.	race
Elle a peur des ours.	ours
Il cueillait du gui.	gui

Après un bip sonore initial de 2 secondes destiné à synchroniser l'enregistrement et des mesures temporelles relevées à chaque clic de souris pour faciliter la préannotation subséquente, le script affiche chaque phrase sur un fond clair et indique également à l'utilisateur lorsqu'une pause doit être prise. Un compteur s'affiche en bas à droite de l'écran pour indiquer le nombre de phrases déjà lues. Après l'exécution, le script prépare génère un tableau qui indique l'ordre des phrases (puisque celui-ci est aléatoire pour chaque locuteur) et un autre tableau qui associe chaque mot au point temporel correspondant au clic de souris effectué pour passer au suivant. Ce tableau, sous le nom *log*, sera enregistré dans le même répertoire que le présent script. Un exemple de l'affichage obtenu (gauche) et du tableau de temps (droite) est reproduit dans la Figure 1.

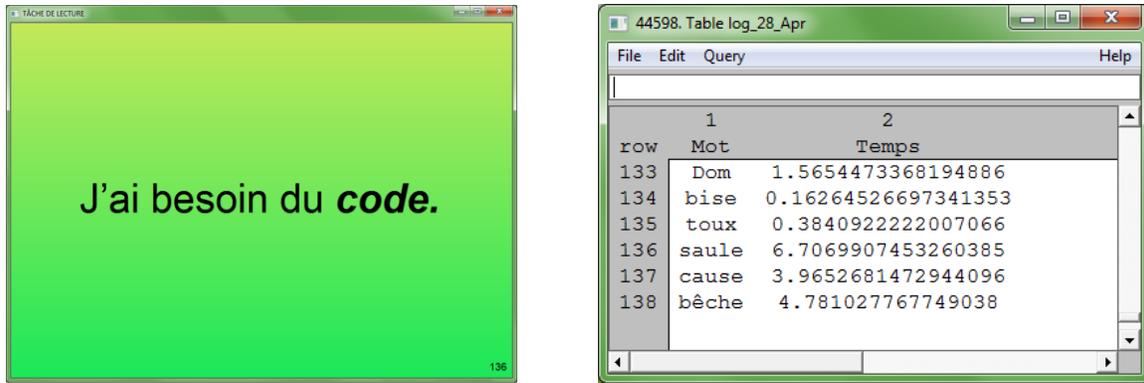


Figure 1 – Affichage des phrases (panneau de gauche) et fichier log correspondant

Script PRAAT

```

1  ## Script d'enregistrement: tâche de lecture
2  ## Ce script affiche les mots contenus dans les fichiers txt 1 Entraînement, 2 Logatomes et 3 Mots en randomisant l'ordre
3  ## des deux dernières listes de phrases. Il les montre dans la fenêtre Demo de Praat et enregistre les temps entre chaque
4  ## clic de la part de l'utilisateur pour permettre une première phase de segmentation automatique de la parole après
   l'enregistrement.
5
6  ## Le script doit se situer dans le répertoire où se trouvent les fichiers 1_Entraînement.txt, 2_Logatomes.txt et
   3_Mots.txt.
7
8  ## Xavier St-Gelais
9  ## Laboratoire de phonétique expérimentale de l'UQAC
10 ## 18 janvier 2016
11 ## Version 1
12 #####
13
14 #####
15 ## Variables globales à éditer si on travaille sur un écran différent d'un 15.6" de portable
16 tailleTextePhrases = 50
17 tailleTexteInstructions = 25
18 #####
19
20 #Formulaire à utiliser EN CAS DE PLANTAGE D'UNE EXPÉRIENCE EN COURS D'ENREGISTREMENT: si on coche "Post-plantage", le
   script
21 #recharge la dernière liste de phrases au lieu d'en générer une nouvelle, ce qui permet à l'enquêteur de se repositionner
   dans
22 #la présentation pour recommencer au bon endroit. Il faut toutefois dire adieu à la préannotation dans ce cas-là (les
   temps
23 #ne seront plus exacts).
24
25 beginPause("Plantage")
26   comment("Si le script a planté lors de la dernière exécution, cochez cette case. Le script rechargera la dernière
   liste de phrases.")
27   boolean("plantage", 0)
28 endPause("Cancel", "Continue", 0)
29
30 if plante == 1
31   dateEnregistrement$ = date$( )
32   jour$ = mid$(dateEnregistrement$, 9, 2)
33   mois$ = mid$(dateEnregistrement$, 5, 3)
34
35   Read from file... phrases_'jour$'_'mois$'.txt
36   Rename... phrases
37
38   #Récupération du nombre de phrases à afficher
39   nbPhrases = Get number of rows
40 else
41   #Ouverture du fichier contenant les instructions, la phase d'entraînement et les voyelles isolées
42   Read from file... 1_Entraînement.txt
43
44   #Ouverture du fichier contenant les logatomes, dont on va randomiser l'ordre avant d'ajouter les instructions
   initiales
45   Read from file... 2_Logatomes.txt
46   Randomize rows
47   Insert row... 1
48   Set string value... 1 PHRASE N'hésitez pas à prendre des pauses dès que vous le souhaitez.
49   Insert row... 1
50   Set string value... 1 PHRASE Attention aux accents ;-)!
51   Insert row... 1
52   Set string value... 1 PHRASE PHASE 2
53   Set string value... 1 MOT PHASE 2
54
55   #Ouverture du fichier contenant les mots, dont on va randomiser l'ordre avant d'ajouter les instructions initiales,
   médianes et finales
56   Read from file... 3_Mots.txt
57   Randomize rows
58   Insert row... 1

```

Annexe 6

```
59 Set string value... 1 PHRASE N'hésitez pas à prendre des pauses dès que vous le souhaitez.
60 Insert row... 1
61 Set string value... 1 PHRASE PHASE 2
62 Set string value... 1 MOT PHASE 2
63
64 #Deux pauses (1/3 de tâche, 2/3 de tâche)
65 Insert row... 93
66 Set string value... 93 PHRASE Il est temps de prendre une pause.
67 Insert row... 335
68 Set string value... 335 PHRASE Il est temps de prendre une pause (encore!).
69
70 #Récupération du nombre de phrases pour insérer les instructions finales
71 z = Get number of rows
72 Insert row... z+1
73 Set string value... z+1 PHRASE C'est ENFIN terminé! Merci d'avoir participé à notre recherche!
74
75 #Concaténation des trois tableaux en un seul
76 select all
77 Append
78
79 #On ne conserve que le grand tableau
80 select all
81 minus Table appended
82 Remove
83 select Table appended
84 Rename... phrases
85
86 #Récupération du nombre de phrases à afficher
87 nbPhrases = Get number of rows
88
89 #Récupération de la date courante
90 dateEnregistrement$ = date$()
91 jour$ = mid$(dateEnregistrement$, 9, 2)
92 mois$ = mid$(dateEnregistrement$, 5, 3)
93
94 #Enregistrement de l'ordre spécifique des phrases pour le locuteur qu'on enregistre dans un fichier texte.
95 listePhrases$ = List... 0
96
97 if fileReadable ("phrases_'jour$'_'mois$'.txt")
98 deleteFile ("phrases_'jour$'_'mois$'.txt")
99 endif
100
101 listePhrases$ = replace$(listePhrases$, "?", "VOID", 0)
102 listePhrases$ > phrases_'jour$'_'mois$'.txt
103 endif
104
105 #Création d'un fichier de log: on stockera les temps de chaque clic associé à chaque mot dans ce fichier.
106 entete$ = "Mot'tab$'Temps'newline$"
107
108 if fileReadable ("log_'jour$'_'mois$'.txt")
109 deleteFile ("log_'jour$'_'mois$'.txt")
110 endif
111
112 entete$ >> log_'jour$'_'mois$'.txt
113
114 #On affiche une pause sur laquelle il faut cliquer quand on est fin prêts à enregistrer le locuteur.
115 pause Appuyez sur Continue quand vous êtes prêts à commencer l'enregistrement.
116
117 #Son initial de synchronisation
118 #Pour un alignement acoustique de l'enregistrement.
119 #Doit être entendu sur l'enregistrement.
120 Create Sound as pure tone: "tone", 1, 0, 2.0, 44100, 442, 3, 0.01, 0.01
121
122 #... On fait jouer
123 stopwatch
124 asynchronous Play
125 Remove
126
127 #Sélection de la liste de phrases, qui est un objet Table dans Praat
128 select Table phrases
129
130 #Boucle principale
131 for i to nbPhrases
132 #Récupération de la phrase à afficher
133 string$ = Get value... i PHRASE
134 mot$ = Get value... i MOT
135
136
137 #Dessin de la fenêtre Demo
138 demoWindowTitle: "TÂCHE DE LECTURE"
139 demo Erase all
140 demo Select inner viewport: 0, 100, 0, 100
141 demo Axes: 0, 100, 0, 100
142 indiceCouleurPrec = 0
143 for indiceCouleur to 100
144 coulerActuelle = indiceCouleur/150 + 0.1
145 couleur$="('coulerActuelle',24,167)"
146 demo Paint rectangle: couleur$, 0, 100, indiceCouleurPrec, indiceCouleur
147 indiceCouleurPrec = indiceCouleur
148 endfor
149
150 #Ces lignes ajoutent des retours à la ligne dans les instructions, trop longues pour être affichées d'un bout à
l'autre
151 #par la fenêtre Demo de Praat. On insère un 'newline$' après le premier espace suivant chaque tranche de 70
caractères.
```

Annexe 6

```

152 longueur = length (string$)
153 if longueur > 32 or string$ == "Attention aux accents ;-)"
154     demo Colour... {0.3960,0.05098,0.364705}
155     demo Font_size... 'tailleTexteInstructions'
156
157
158     position = 0
159     for a to longueur div 70
160         chartest$ = "z"
161         position = position + 70
162
163         while (chartest$ != " " and position < longueur)
164             position = position + 1
165             chartest$ = mid$ (string$, position, 1)
166         endwhile
167
168         if position < longueur and chartest$ == " "
169             string2$ = left$ (string$, position)
170             string$ = mid$ (string$, position, longueur-position)
171             string$ = string2$ + newline$ + string$
172             #Technicalité qui permet au script de marcher. Il faut prendre en considération le nouveau caractère
173             inséré.
174              #(je ne comprends pas pourquoi +2 et non +1, mais... c'est ainsi que ça fonctionne)
175             longueur = longueur + 2
176         endif
177     endfor
178
179     #On rajoute un point final s'il a été tronqué dans le processus.
180     if endsWith (string$, ".")
181     else
182         string$ = string$ + "."
183     endif
184
185     #Procédure à suivre pour les phrases normales (plus grosses et affichées en blanc, sauf les PHASES, affichées, en
186     rouge)
187     else
188         demo Font_size... 'tailleTextePhrases'
189
190         if startsWith (string$, "PHASE")
191             demo Black
192
193             #On fait jouer un bip sonore à chaque début de phase
194             Create Sound as pure tone: "tone", 1, 0, 1.0, 44100,
195             ... randomGauss (1760, 100), 0.2, 0.01, 0.01
196             asynchronous Play
197             Remove
198             select Table phrases
199         else
200             demo Black
201         endif
202
203         #Si on a effectivement un mot, on va le mettre en gras-italique.
204         if mot$ != ""
205             string$ = replace_regex$ (string$, "'mot$'(.{1,3})$", "###%'mot$'\1%#", 0)
206         endif
207
208         #Écriture du texte au milieu de la fenêtre.
209         demo Text: 50, "centre", 50, "half", "'string$'"
210         #if startsWith (string$, "PHASE") or longueur > 32
211         # demo Green
212         # demo Text: 50.2, "centre", 50.2, "half", "'string$'"
213         endif
214
215         demo Black
216         demo Font_size... 13
217         demo Text: 97, "centre", 3, "half", "'i'"
218
219         #Attente d'un clic, d'un espace ou d'une flèche avant -
220         #Dans ces cas, on consigne le temps écoulé depuis le dernier événement
221         #dans le fichier de log pour la préannotation automatique par la suite.
222         while demoWaitForInput ( )
223             if demoClicked ( )
224                 temps = stopwatch
225                 @logTemps: mot$, temps, i
226                 goto FIN_BOUCLE
227             elseif demoKeyPressed ( )
228                 if demoKey$ ( ) = "-" or demoKey$ ( ) = " "
229                     temps = stopwatch
230                     @logTemps: mot$, temps, i
231                     goto FIN_BOUCLE
232                 elseif demoKey$ ( ) = "-"
233                     #Si retour arrière, on décrémente i de 2 pour réafficher la phrase précédente.
234                     if i > 1
235                         i = i - 2
236                     endif
237                     goto FIN_BOUCLE
238                 endif
239             endif
240         endwhile
241
242         label FIN_BOUCLE
243     endif
244

```

```

245 #Nettoyage de la fenêtre Demo
246 demo Erase all
247 demo Black
248
249 demo Text: 50, "centre", 50, "half", "Merci infiniment de votre participation!"
250 exit
251
252 #####
253
254 #Consigne du temps dans un fichier log.
255 procedure logTemps: .word$, .tmps, .numPhrase
256   if .numPhrase >= 2 and .numPhrase <= 13
257     .word$ = ""
258   endif
259   aEcrire$ = "'.word$'\tab$'\tmps'\newline$"
260   aEcrire$ >> log_'jour$'_ 'mois$'.txt
261 endproc

```

Script 2 : Préannotation des enregistrements

Fonctionnement et prérequis

À partir du tableau généré par le script Annexe 6, le script de préannotation des enregistrements génère une grille d'annotation pour un fichier sonore particulier. Celui-ci, au préalable, devra avoir été tronqué de façon à ce qu'il commence par le bip sonore de 2 secondes qui retentit au lancement de la tâche de lecture. De cette façon, les données temporelles du tableau et l'enregistrement seront synchronisés.

Comme mentionné plus bas, les valeurs d'ajustement des lignes 21 et 22 doivent être calibrées manuellement pour chaque locuteur. Ainsi, on les diminuera si le locuteur a eu tendance à laisser passer beaucoup de temps avant de cliquer après la production de chaque répétition de mot, ou on les augmentera dans le cas contraire. La préannotation peut être refaite très rapidement si on souhaite ajuster ces valeurs *a posteriori* : il suffit de supprimer la grille d'annotation précédemment générée.

Par défaut, cette grille d'annotation est enregistrée dans le même répertoire et sous le même nom que le fichier sonore correspondant.

Script PRAAT

```

1  ## À partir d'un fichier log (Tableau de valeurs temporelles généré lors de la tâche
2  ## de lecture), ce script crée une grille d'annotation établissant des frontières
3  ## autour de chacun des mots isolés répétés par les locuteurs. Comme certains sujets
4  ## appuient très rapidement sur la souris après chaque mot, il peut être bon d'utiliser
5  ## des valeurs d'ajustement (constantes ci-dessous) plus ou moins rapides pour mieux
6  ## calibrer le découpage automatique.
7
8  ## Les mots ne durent jamais plus d'une seconde, il est conseillé de conserver cet intervalle
9  ## entre les deux valeurs d'ajustement.
10
11  ## Xavier St-Gelais
12  ## Laboratoire de phonétique expérimentale de l'UQAC
13  ## 22 janvier 2016
14  ## Version 1
15  #####
16
17  ## CONSTANTES D'AJUSTEMENT
18  ## Des valeurs de -0.5 / -1.5 sont conseillées en général, mais
19  ## en fonction des résultats obtenus, la préannotation peut être
20  ## retentée avec des valeurs différentes.
21  ajustementFrontiereFinale = -0.5
22  ajustementFrontiereInitiale = -1.5
23  ## Pour reformuler, la frontière finale sera placée 0.5 seconde
24  ## avant le clic de la souris et la frontière initiale, 1.5 seconde
25  ## avant.
26  #####
27
28  #Ouverture des fichiers
29  #1: Fichier log
30  pause Choisissez le fichier log.
31  log$ = chooseReadFile$ ("Choisissez le fichier log.")
32  Read from file... 'log$'
33  Rename... log
34  nbFrontieres = Get number of rows
35
36  #2: Fichier sonore (ouvert comme Long Sound)
37  pause Choisissez le fichier sonore.
38  fichierSonore$ = chooseReadFile$ ("Choisissez le fichier sonore.")

```

```

39 Open long sound file... 'fichierSonore$'
40
41 To TextGrid... preannotation
42 Rename... textgrid
43
44 tempsTotal = 0
45
46 #Ajout des frontières une par une en tenant compte des valeurs d'ajustement.
47 for i to nbFrontieres
48   select Table log
49   mot$ = Get_value... i Mot
50   temps = Get_value... i Temps
51   select TextGrid textgrid
52   tempsTotal = tempsTotal + temps
53   Insert boundary... 1 tempsTotal+ajustementFrontiereFinale
54   Insert boundary... 1 tempsTotal+ajustementFrontiereInitiale
55   Set interval text... 1 i*2 'mot$'
56 endfor
57
58 #Enregistrement de la grille d'annotation dans le répertoire du fichier sonore, sous le même nom.
59 select TextGrid textgrid
60 fichierSonore$ = fichierSonore$ - ".wav"
61 fichierSonore$ = fichierSonore$ + ".TextGrid"
62 Save as text file... 'fichierSonore$'

```

Script 3 : Alignement des annotations et des enregistrements

Fonctionnement et prérequis

En partant de la grille d'annotation préalable générée par le script Script 2, ce script permet un ajustement relativement rapide (environ 40 à 45 minutes pour ajuster tous les mots) des frontières de chaque cible isolée enregistrée par les locuteurs. Un aperçu de la fenêtre d'ajustement est donné dans la Figure 2.

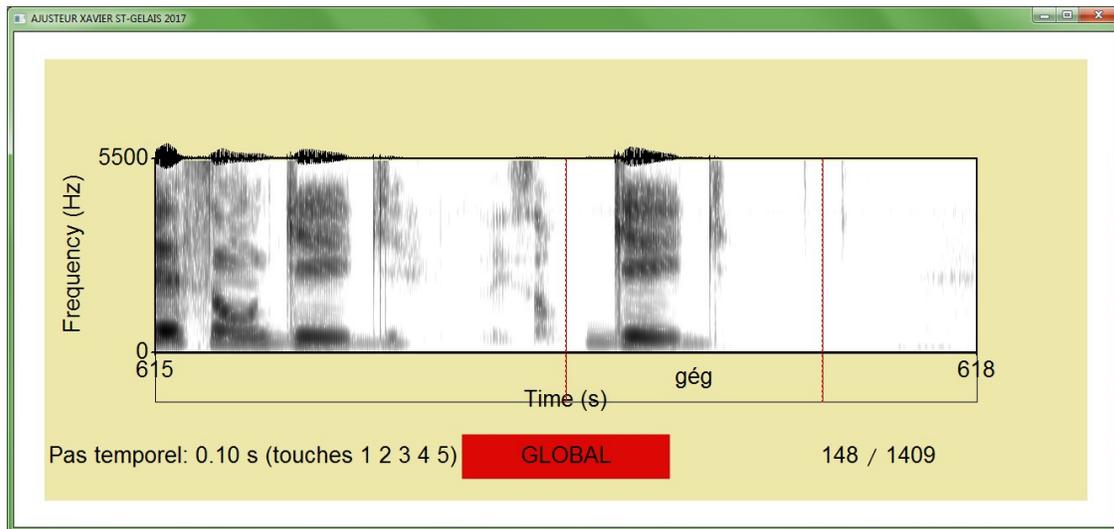


Figure 2 – Ajustement des frontières du pseudo-mot *gég* grâce au script d'alignement

À l'aide des touches du clavier, les frontières peuvent être déplacées, raccourcies ou rallongées, soit un par un, soit tous à la fois. Ce processus permet d'obtenir une grille d'annotation où la durée complète de chaque mot cible est incluse dans les intervalles annotés, facilitant l'extraction subséquente des extraits sonores.

Script PRAAT

```

1 ## Script d'alignement
2 ## À partir de la grille de préannotation, ce script
3 ## permet d'ajuster rapidement, à l'aide de touches du
4 ## clavier, les frontières posées autour de chaque mot
5 ## isolé répété par le locuteur. Isoler les quelque 650

```

Annexe 6

```
6  ## cibles prend environ 40 à 45 minutes à un bon rythme.
7
8  ## Xavier St-Gelais
9  ## Laboratoire de phonétique expérimentale de l'UQAC
10 ## 29 mars 2017
11 #####
12
13 #Récupération du nom de fichier
14 grille$ = chooseReadFile$: "Charger la TextGrid"
15 Read from file... 'grille$'
16 nomGrille$ = selected$("TextGrid")
17 idGrille = selected()
18 repertoire$ = grille$ - ".TextGrid"
19 repertoire$ = repertoire$ - nomGrille$ - "\"
20
21 if fileReadable("'"repertoire$\derniermot.txt")
22 motDebut$ < 'repertoire$\derniermot.txt
23 else
24 motDebut$ = ""
25 endif
26
27 #Indiquer ici un mot en particulier où débiter
28 #l'alignement (pour une reprise après une pause).
29 beginPause("Mot de départ?")
30 word("motdebut", "motDebut$")
31 endPause("Continue", 1)
32
33 #Récupération du nombre d'intervalles dans la grille
34 #et ouverture du fichier sonore correspondant.
35 nInt = Get number of intervals... 1
36 enregistrement$ = grille$ - ".TextGrid" + ".wav"
37 Open long sound file... 'enregistrement$'
38 idEnregistrement = selected()
39
40 select idGrille
41
42 #Ajustement pour d'éventuels problèmes
43 if motDebut$ <> ""
44 Down to Table... 0 1 0 1
45 motDebut$ = replace_regex$(motDebut$, "(.)", "\\L1", 0)
46 intActuel = Search column: "text", motDebut$
47 if intActuel = 0
48 intActuel = 2
49 endif
50 Remove
51 else
52 intActuel = 2
53 endif
54
55 #Paramètres globaux de départ:
56
57 #Contraste du spectrogramme
58 dynamiqueVisible = 50
59 #Pas temporel des ajustements
60 t=0.1
61 #Taille de la police
62 demo Font size... 20
63
64
65 #DÉBUT DE L'ANALYSE
66 label ANALYSE
67 while intActuel <= nInt
68 #Affichage de la fenêtre d'ajustement et des boutons qui la composent
69 demoWindowTitle("AJUSTEUR XAVIER ST-GELAIS 2017")
70 demo Erase all
71 demo Axes... 0 100 0 100
72 demo Select inner viewport... 0 100 0 100
73 demo Paint rectangle... "[0.933333,0.909804,0.666667]" 0 100 0 100
74 demo Black
75 demo Text... 80 Centre 10 Half 'intActuel' / 'nInt'
76 demo Text... 20 Centre 10 Half Pas temporel: 't:2' s (touches 1 2 3 4 5)
77
78 demo Paint rectangle... red 40 60 5 15
79 demo Text... 50 Centre 10 Half GLOBAL
80
81 #Extraction d'un extrait audio correspondant à l'occurrence ±1,5 seconde
82 select idGrille
83 label$ = Get label of interval... 1 intActuel
84 debut = Get start time of interval... 1 intActuel
85 fin = Get end time of interval... 1 intActuel
86 duree = fin-debut
87 debutContexte = debut-1.5
88 finContexte = debut+1.5
89 Extract part... debutContexte finContexte 1
90 idGrilleContexte = selected()
91
92 #Lecture du son délimité et extraction pour la suite
93 select idEnregistrement
94 Extract part... debut fin 1
95 idSound = selected()
96 asynchronous Play
97 select idEnregistrement
98 Extract part... debutContexte finContexte 1
99 idContexte = selected()
100
```

Annexe 6

```

101 #Affichage du spectrogramme et de repères temporels
102 To Spectrogram... 0.005 5500 0.002 20 Gaussian
103 idSpectrogram = selected()
104 demo Select inner viewport... 10 90 30 80
105 demo Paint... 0 0 0 0 100 1 dynamiqueVisible 6 0 1
106
107 a$ = demo Picture info
108 xmin = extractNumber(a$, "Axis left:")
109 xmax = extractNumber(a$, "Axis right:")
110 ymin = extractNumber(a$, "Axis bottom:")
111 ymax = extractNumber(a$, "Axis top:")
112
113 select idContexte
114 demo Axes... 0 100 0 100
115 demo Select inner viewport... 10 90 70 80
116 demo Colour... Black
117 demo Draw... 0 0 0 0 0 Curve
118
119 demo Line width... 1
120 demo Colour... Black
121 demo Select inner viewport... 10 90 20 80
122 select idGrilleContexte
123 demo Draw... 0 0 1 1 0
124 demo Colour... Red
125 a$ = demo Picture info
126 demo Line width... 5
127 demo Dotted line
128 demo Axes... xmin xmax ymin ymax
129
130 demo Draw line... debut 0 debut 5500
131 demo Draw line... fin 0 fin 5500
132
133 demo Line width... 1
134 demo Solid line
135 demo Select inner viewport... 0 100 0 30
136 demo Axes... 0 100 0 30
137
138 #Interaction de l'utilisateur avec l'aligneur
139 while demoWaitForInput()
140     if demoKeyPressed()
141         #Reculer les frontières de 1 pas temporel
142         if demoKey$() = "a"
143             select idGrille
144             Set interval text... 1 intActuel
145             Remove boundary at time... 1 debut
146             Remove boundary at time... 1 fin
147             Insert boundary... 1 debut-t
148             Insert boundary... 1 fin-t
149             Set interval text... 1 intActuel 'label$'
150             goto NEXT
151         #Avancer les frontières de 1 pas temporel
152         elseif demoKey$() = "<"
153             select idGrille
154             Set interval text... 1 intActuel
155             Remove boundary at time... 1 debut
156             Remove boundary at time... 1 fin
157             Insert boundary... 1 debut+t
158             Insert boundary... 1 fin+t
159             Set interval text... 1 intActuel 'label$'
160             goto NEXT
161         #Lire le son tel que délimité
162         elseif demoKey$() = " "
163             select idSound
164             asynchronous Play
165         #Passer à l'intervalle suivant
166         elseif demoKey$() = "."
167             intActuel+= 2
168             if intActuel > nInt
169                 intActuel = nInt
170             endif
171             goto NEXT
172         #Passer à l'intervalle précédent
173         elseif demoKey$() = ","
174             intActuel-= 2
175             if intActuel < 2
176                 intActuel = 2
177             endif
178             goto NEXT
179         #Quitter
180         elseif demoKey$() = "q"
181             goto END
182         #Diminuer le contraste du spectrogramme
183         elseif demoKey$ ( ) = "-"
184             dynamiqueVisible = dynamiqueVisible + 5
185             goto NEXT
186         #Augmenter le contraste du spectrogramme
187         elseif demoKey$ ( ) = "+"
188             dynamiqueVisible = dynamiqueVisible - 5
189             if dynamiqueVisible <= 0
190                 dynamiqueVisible = 5
191             endif
192             goto NEXT
193         #Retirer l'intervalle et passer au suivant
194         elseif demoKey$ ( ) = "x"
195             select idGrille

```

Annexe 6

```

196      Set interval text... 1 intActuel
197      Remove boundary at time... 1 debut
198      Remove boundary at time... 1 fin
199      intActuel+= 2
200      nInt-= 2
201      if intActuel > nInt
202          intActuel = nInt
203      endif
204      goto NEXT
205      #Augmenter ou diminuer le pas temporel (échelle de 1 à 5 * 50ms)
206      elseif demoKey$ ( ) = "1" or demoKey$ ( ) = "2" or demoKey$ ( ) = "3" or demoKey$ ( ) = "4" or demoKey$ ( ) =
207      "5"
208          t = 0.05*number(demoKey$())
209          goto NEXT
210      #Raccourcir l'intervalle délimité
211      elseif demoKey$ ( ) = "-"
212          select idGrille
213              Set interval text... 1 intActuel
214              Remove boundary at time... 1 debut
215              Remove boundary at time... 1 fin
216              Insert boundary... 1 debut
217              Insert boundary... 1 fin+0.1
218              Set interval text... 1 intActuel 'label$'
219              goto NEXT
220          #Allonger l'intervalle délimité
221          elseif demoKey$ ( ) = "+"
222              select idGrille
223                  Set interval text... 1 intActuel
224                  Remove boundary at time... 1 debut
225                  Remove boundary at time... 1 fin
226                  Insert boundary... 1 debut
227                  Insert boundary... 1 fin+0.1
228                  Set interval text... 1 intActuel 'label$'
229                  goto NEXT
230              endif
231          #Mode "ajustement global", s'il paraît évident que toutes les frontières
232          #ont besoin d'un ajustement équivalent.
233          elseif demoClicked()
234              if demoClickedIn(40,60,5,15)
235                  goto GLOBAL
236              endif
237          endif
238      endwhile
239
240      #Ajustement global de toutes les frontières
241      label GLOBAL
242      demo Erase all
243      demo Axes... 0 100 0 100
244      demo Select inner viewport... 0 100 0 100
245      demo Text... 50 Centre 50 Half OPTION GLOBALE: tout ajuster après l'intervalle 'intActuel'
246      demo Text... 50 Centre 30 Half Choisissez l'empan temporel avec 1-2-3-4-5 (*0.05) (q = abandon option globale)
247
248      #Choix du pas temporel
249      while demoWaitForInput()
250          if demoKeyPressed()
251              if demoKey$ ( ) = "1" or demoKey$ ( ) = "2" or demoKey$ ( ) = "3" or demoKey$ ( ) = "4" or demoKey$ ( ) = "5"
252                  t = 0.05*number(demoKey$())
253                  goto GLOBAL_SUITE
254              elseif demoKey$ ( ) = "q"
255                  goto NEXT
256              endif
257          endif
258      endwhile
259
260      label GLOBAL_SUITE
261
262      #Choix de la direction de l'ajustement (reculer, avancer)
263      demo Erase all
264      demo Axes... 0 100 0 100
265      demo Select inner viewport... 0 100 0 100
266      demo Text... 50 Centre 50 Half Choisissez - ou + pour le sens de l'ajustement (q=quitter)
267
268      while demoWaitForInput()
269          if demoKeyPressed()
270              if demoKey$ ( ) = "-"
271                  t = t*-1
272              elseif demoKey$ ( ) = "q"
273                  goto NEXT
274              endif
275              goto GLOBAL_SUITE2
276          endif
277      endwhile
278
279      label GLOBAL_SUITE2
280
281      #Ajustement de toutes les frontières, puis retour à l'intervalle
282      #actuel.
283      select idGrille
284      for i from intActuel to nInt-1
285          select idGrille
286          label$ = Get label of interval... 1 i
287          debut = Get start time of interval... 1 i
288          fin = Get end time of interval... 1 i
289          Set interval text... 1 i

```

```

290 Remove boundary at time... 1 debut
291 Remove boundary at time... 1 fin
292 Insert boundary... 1 debut+t
293 Insert boundary... 1 fin+t
294 Set interval text... 1 i 'label$'
295 i+=1
296 endfor
297
298 goto NEXT
299
300
301
302 #Enregistrement de la grille d'annotation.
303 label NEXT
304 select idGrille
305 Save as text file... 'grille$'
306
307 #Enregistrement du dernier mot traité (pour suite éventuelle)
308 label$ > 'repertoire$\derniermot.txt
309 select all
310 minus idGrille
311 minus idEnregistrement
312 Remove
313 endwhile
314
315 #Fin du script: nettoyage de la fenêtre et message à l'utilisateur.
316 label END
317 demo Erase all
318 demo Axes... 0 100 0 100
319 demo Select inner viewport... 0 100 0 100
320 demo Paint rectangle... Cyan 0 100 0 100
321 demo Text... 50 Centre 50 Half TERMINE! MERCI
322 select all
323 Remove
324 exit

```

Script 4 : Extraction des mots cibles du corpus

Fonctionnement et prérequis

À partir de l'enregistrement et de la grille d'annotation alignée manuellement (Script 3), ce script extrait les intervalles contenant les mots cibles du corpus et les enregistre dans un dossier propre au locuteur. Il est nécessaire d'avoir ouvert dans PRAAT un enregistrement (au format LongSound) et la grille d'annotation qui y correspond avant de lancer ce script.

Script PRAAT

```

1  ## Script d'extraction des cibles
2  ## Ce script vis à enregistrer les mots alignés
3  ## manuellement dans des répertoires individuels
4  ## pour faciliter la manipulation ultérieure.
5
6  ## Xavier St-Gelais
7  ## Laboratoire de phonétique expérimentale de l'UQAC
8  ## 18 avril 2017
9  #####
10
11 #Il est nécessaire d'avoir ouvert l'enregistrement (au format
12 #LongSound) et la grille d'annotation dans Praat avant
13 #d'exécuter ce script.
14
15 nomLocuteur$ = selected$ ("TextGrid")
16 nInt = Get number of intervals... 1
17 plus LongSound 'nomLocuteur$'
18
19 #Affichage du son et de son annotation
20 View & Edit
21 editor TextGrid 'nomLocuteur$'
22
23 #Boucle passant à travers tous les intervalles
24 #et enregistrant ceux qui ne sont pas vides.
25 Move cursor to... 0.0
26 for i from 0 to nInt
27   Select next interval
28   texte$ = Get label of interval
29   #Si l'intervalle est vide ou constitue le nom d'une des trois phases...
30   if texte$ = "" or startsWith (texte$, "PHASE")
31     #Il ne se passe rien.
32   #Sinon, le script enregistre un fichier wav au nom du mot, suivi d'un indice.
33   else
34     texte$ = replace$ (texte$, newline$, "", 0)
35     createDirectory("D:\Xavier\Fichiers sonores\2 - Découpés\nomLocuteur$\")
36     Save selected sound as WAV file... D:\Xavier\Fichiers sonores\2 - Découpés\nomLocuteur$\texte$_i.wav

```

```

37 endif
38
39 endfor
40
41 Close
42 endeditor
43
44 #Fin du script et message à l'utilisateur.
45 echo TERMINÉ!

```

Script 5 : Création des fichiers sonores d'analyse

Fonctionnement et prérequis

Ce script concatène, pour un locuteur donné, les différents fichiers sonores (Script 4) contenant des mots cibles pour /ɔ/ en un seul fichier, utilisé par la suite pour la segmentation manuelle des voyelles et l'estimation des fréquences formantiques.

Script PRAAT

```

1  ## Script pour créer un seul fichier sonore contenant
2  ## toutes les occurrences de /O/.
3
4  ## Xavier St-Gelais
5  ## Laboratoire de phonétique expérimentale de l'UQAC
6  ## 22 avril 2017
7  #####
8
9  form Locuteur et chemin du répertoire
10 sentence Répertoire
11 sentence RépertoireSauvegarde
12 word Locuteur
13 endform
14
15 #Lecture d'une liste des mots cibles pour /O/ dans le corpus
16 Read Strings from raw text file... D:\Xavier\Fichiers sonores\mots.txt
17
18 #Pour chaque mot cible, création d'une liste contenant le nom
19 #du fichier sonore.
20 for i from 1 to 88
21 select Strings mots
22 motActuel$ = Get string... i
23 Create Strings as file list... 'motActuel$' 'repertoire$\locuteur$\motActuel$' '*.wav'
24
25 #Vérification des éventuels doublons; s'il y a
26 #plus d'un fichier sonore pour un cible, l'utilisateur
27 #en est averti.
28 nbOccurrence = Get number of strings
29 if nbOccurrence > 1
30     printline 'locuteur$' : 'motActuel$' : 'nbOccurrence'
31 endif
32 endfor
33
34 #Ménage des objets et création d'une liste globale des fichiers
35 #à ouvrir.
36 select Strings mots
37 Remove
38
39 select all
40 Append
41 select all
42 minus Strings appended
43 Remove
44
45 select Strings appended
46 Rename... aOuvrir
47
48 nbMots = Get number of strings
49 id = selected ("Strings")
50
51 #Ouverture des fichiers
52 for i from 1 to nbMots
53 select Strings aOuvrir
54 fichier$ = Get string... i
55
56 #Création d'une grille d'annotation identifiant le mot
57 Read from file... 'repertoire$\locuteur$\fichier$'
58 To TextGrid... "phone mot commentaire"
59 nomSon$ = fichier$ - ".wav"
60 Set interval text... 2 1 'nomSon$'
61
62 #Création d'un silence pour séparer les cibles
63 Create Sound from formula... silence 1 0 0.2 44100 0
64 To TextGrid... "phone mot commentaire"

```

```

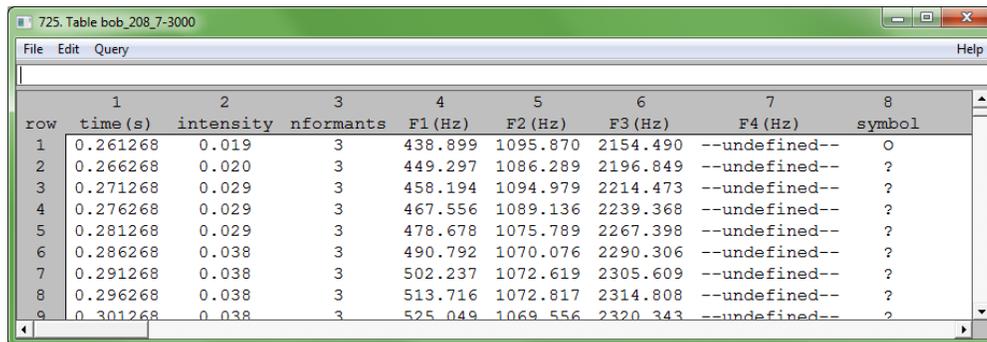
65 endfor
66
67 select Strings aOuvrir
68 Remove
69
70 #Création d'un tableau à partir des identifiants
71 #d'objet de tous les sons.
72 select all
73 n = numberOfSelected ("Sound")
74 for i to n
75     sound [i] = selected ("Sound", i)
76 endfor
77
78 #Sélection de tous les mots et concaténation
79 select id+1
80 for i from 2 to n
81     plus sound [i]
82 endfor
83
84 Concatenate
85 #Sauvegarde dans le répertoire du locuteur
86 Save as WAV file... 'repertoireSauvegarde$\'\locuteur$\motsO.wav
87
88 #Procédure identique pour les grilles d'annotation.
89 select all
90 n = numberOfSelected ("TextGrid")
91 for i to n
92     grilles [i] = selected ("TextGrid", i)
93 endfor
94
95 select id+2
96
97 for i from 2 to n
98     plus grilles [i]
99 endfor
100
101 Concatenate
102 Save as text file... 'repertoireSauvegarde$\'\locuteur$\motsO.TextGrid
103
104 select all
105 Remove

```

Script 6 : Estimation semi-automatique des fréquences formantiques

Fonctionnement et prérequis

Ce script, fondé sur le travail d'Emmanuel Ferragne (<https://moodlesupd.script.univ-paris-diderot.fr/mod/page/view.php?id=49768> – script *cp_formants*), permet d'effectuer une analyse semi-automatique des voyelles préalablement segmentées dans les fichiers sonores d'analyse (Script 5). Le script affiche, pour chaque voyelle, un spectrogramme au-dessus duquel les courbes de suivi formantique de PRAAT sont affichées. L'utilisateur peut alors ajuster les paramètres de détection (nombre de formants et fréquence maximale de détection) et observer, en direct, l'effet de ces ajustements sur les courbes de suivi formantique. Un aperçu de la fenêtre d'analyse est montré dans la Figure 10 du Chapitre 2. Si les courbes obtenues sont satisfaisantes, les fréquences formantiques estimées par Praat peuvent être enregistrées. Autrement, la voyelle peut être rejetée pour être analysée manuellement dans une étape subséquente. Les résultats obtenus sont dans un format long, dont la Figure 3 donne un exemple.



row	time (s)	intensity	nformants	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)	F4 (Hz)	symbol
1	0.261268	0.019	3	438.899	1095.870	2154.490	--undefined--	O
2	0.266268	0.020	3	449.297	1086.289	2196.849	--undefined--	?
3	0.271268	0.029	3	458.194	1094.979	2214.473	--undefined--	?
4	0.276268	0.029	3	467.556	1089.136	2239.368	--undefined--	?
5	0.281268	0.029	3	478.678	1075.789	2267.398	--undefined--	?
6	0.286268	0.038	3	490.792	1070.076	2290.306	--undefined--	?
7	0.291268	0.038	3	502.237	1072.619	2305.609	--undefined--	?
8	0.296268	0.038	3	513.716	1072.817	2314.808	--undefined--	?
9	0.301268	0.038	3	525.049	1069.556	2320.343	--undefined--	?

Figure 3 – Tableau de résultats après l'analyse semi-automatique du mot *bob*

Praat effectue une estimation pour chacun des formants par pas de 25 ms. Les tableaux de résultats peuvent être utilisés, par la suite, pour représenter les courbes formantiques entières, ce qui permettrait éventuellement de calculer des DCT ou d'utiliser ces courbes dans un GAMM. Toutefois, pour obtenir trois séries d'estimations (de F₁, F₂ et F₃) à 25, 50 et 75 % de la durée, le recours au Script 8 est nécessaire.

Script PRAAT

```

1  ## Script d'estimation semi-automatique des fréquences formantiques
2
3  ## Ce script s'inspire largement du travail d'Emmanuel Ferragne,
4  ## disponible à l'adresse suivante: https://moodlesupd.script.univ-paris-diderot.fr/mod/page/view.php?id=49768
5  ## À partir du fichier concaténé contenant tous les mots cibles pour /O/ pour un locuteur,
6  ## ce script permet l'ajustement des paramètres de détection des formants pour l'obtention
7  ## de la meilleure estimation possible de leur fréquence centrale.
8  ## Les occurrences qui ne se prêtent pas à une estimation automatique peuvent être écartées
9  ## pour un examen manuel subséquent.
10
11 ## Une estimation de chacun des formants effectuée à intervalles de 0,025s
12 ## est effectuée et enregistrée. On peut se servir des fichiers obtenus
13 ## pour afficher la courbe de chaque formant; une étape subséquente est nécessaire
14 ## pour obtenir 3 mesures seulement (25, 50, 75%).
15
16 ## Xavier St-Gelais
17 ## Laboratoire de phonétique expérimentale de l'UQAC
18 ## 15 mai 2017
19 #####
20
21 demoWindowTitle("FORMANTS XAVIER ST-GELAIS 2017 (idée E. Ferragne)")
22 demo Erase_all
23
24 #Paramètres globaux
25 #Limite d'affichage du spectrogramme (Hz)
26 spectroLimiteSup = 5500
27 #Intervalle de départ
28 intActuel = 2
29 #Degré de contraste du spectrogramme
30 dynamiqueVisible = 50
31 #Fréquence maximale pour un formant
32 maxForm=3500
33 #Nombre de formants à détecter
34 nbFormants=3.5
35 #Taille d'affichage de la police
36 demo Font_size... 20
37
38 #Variables d'ajustement
39 afficherMesures=0
40 #####
41
42 #Affichage du premier écran pour chargement du fichier sonore
43 demo Select_inner_viewport: 0, 100, 0, 100
44 demo Axes: 0, 100, 0, 100
45 demo Font_size: 20
46 demo Paint_rectangle: "{0,1,0.6}", 25, 75, 50, 70
47 demo Text: 50, "centre", 60, "half", "Cliquer - ouvrir fichier sonore"
48 while demoWaitForInput()
49   if demoClickedIn (25, 75, 50, 70)
50     goto CHARGERSON
51   endif
52 endwhile
53
54 #Chargement du fichier sonore choisi par l'utilisateur
55 label CHARGERSON
56 fichier$ = chooseReadFile$: "Choisir le fichier sonore"
57 indSlash = rindex(fichier$,"\")
58 if indSlash = 0
59   indSlash = rindex(fichier$,"/")
60 endif
61 repertoireSortie$ = left$(fichier$,indSlash) + "estimations/"
62 createDirectory: repertoireSortie$
63
64 #Création du fichier pour les rejets, s'il n'existe pas déjà
65 if fileReadable(repertoireSortie$ + "voyellesRejetees.txt") = 0
66   writeFile: repertoireSortie$ + "voyellesRejetees.txt"
67   writeFileLine: repertoireSortie$ + "voyellesRejetees.txt", "fichier_sonore", tab$, "num_palier", tab$, "num_interv",
68   tab$, "symbole"
69   endif
70
71 #Ouverture du fichier sonore et de la grille d'annotation
72 Read from file: fichier$
73 Read from file: fichier$ - ".wav" + ".TextGrid"
74
75 #Récupération du nom du fichier sonore
76 nomGrille$ = selected$("TextGrid")
77
78 #Boucle pour passer à travers tous les intervalles
79 nInt = Get number of intervals: 1
80 while intActuel <= nInt

```

Annexe 6

```

80 selectObject: "TextGrid " + nomGrille$
81 label$ = Get label of interval: 1, intActuel
82 #Si on trouve une voyelle:
83 if label$ = "O"
84 #Récupération de repères temporels (début, fin, 25, 50, 75%) et de métadonnées
85 intPrecedent = intActuel
86 debut = Get starting point: 1, intActuel
87 fin = Get end point: 1, intActuel
88 milieu = debut + ((fin-debut)/2)
89 duree = fin-debut
90 p1=(0.25*duree)+debut
91 p2=(0.50*duree)+debut
92 p3=(0.75*duree)+debut
93 intMot = Get interval at time: 2, milieu
94 mot$ = Get label of interval: 2, intMot
95 symbolePhon$ = Get label of interval: 1, intActuel
96 selectObject: "Sound " + nomGrille$
97 #Extraction d'un contexte dans le fichier sonore pour l'affichage du spectrogramme
98 #et préparation du spectrogramme
99 Extract part: debut - 0.025, fin + 0.025, "rectangular", 1, "yes"
100 Rename: "contexteSon"
101 noprogress To Spectrogram: 0.005, 5500, 0.001, 20, "Gaussian"
102
103 #Fenêtre principale - Affichage de l'écran d'analyse
104 label FORMANTSSCREEN
105 demo Erase all
106 demo Font size: 12
107 demo Axes... 0 100 0 100
108 demo Select inner viewport... 0 100 0 100
109 demo Paint rectangle... "{0.6,1,0.6}" 0 100 0 100
110 #Affichage du spectrogramme et des points de repère
111 selectObject: "Spectrogram contexteSon"
112 demo Select inner viewport: 15, 60, 25, 70
113 demo Paint: 0, 0, 0, 100, "yes", dynamiqueVisible, 6, 0, "yes"
114 demo Marks left every: 1, 500, "yes", "yes", "no"
115 demo Colour... Blue
116 demo Line width... 1
117 demo Dashed line
118 demo Draw line... debut 0 debut 5500
119 demo Draw line... p1 0 p1 5500
120 demo Draw line... p2 0 p2 5500
121 demo Draw line... p3 0 p3 5500
122 demo Draw line... fin 0 fin 5500
123 demo Colour... Black
124 demo Solid line
125
126 #Estimations formantiques avec les paramètres actuels
127 selectObject: "Sound contexteSon"
128 noprogress To Formant (burg): 0.005, nbFormants, maxForm,0.025, 50
129 demo Colour: "Red"
130 demo Line width: 2
131 demo Draw tracks: 0, 0, 5500, "no"
132 demo Line width: 1
133 demo Colour: "Black"
134
135 #Affichage du formant maximal sur le spectrogramme
136 demo Green
137 demo Line width... 3
138 demo Dotted line
139 demo Draw line... debut-0.025 maxForm fin+0.025 maxForm
140 demo Solid line
141 demo Line width... 1
142 demo Black
143
144 #Estimations formantiques
145 f125 = Get value at time... 1 p1 Hertz Linear
146 f225 = Get value at time... 2 p1 Hertz Linear
147 f325 = Get value at time... 3 p1 Hertz Linear
148 f150 = Get value at time... 1 p2 Hertz Linear
149 f250 = Get value at time... 2 p2 Hertz Linear
150 f350 = Get value at time... 3 p2 Hertz Linear
151 f175 = Get value at time... 1 p3 Hertz Linear
152 f275 = Get value at time... 2 p3 Hertz Linear
153 f375 = Get value at time... 3 p3 Hertz Linear
154
155 #Affichage des mesures sur le spectrogramme si l'utilisateur le demande
156 if afficherMesures
157 demo Line width... 5
158 demo Colour... {0,1,0.6}
159 demo Draw line... p1 f125 p2 f150
160 demo Draw line... p2 f150 p3 f175
161 demo Draw line... p1 f225 p2 f250
162 demo Draw line... p2 f250 p3 f275
163 demo Draw line... p1 f325 p2 f350
164 demo Draw line... p2 f350 p3 f375
165 demo Line width... 1
166 demo Black
167 demo Font size... 14
168 demo Text... p1 Centre f125 Half #'f125:0'
169 demo Text... p1 Centre f225 Half #'f225:0'
170 demo Text... p1 Centre f325 Half #'f325:0'
171 demo Text... p2 Centre f150 Half #'f150:0'
172 demo Text... p2 Centre f250 Half #'f250:0'
173 demo Text... p2 Centre f350 Half #'f350:0'
174 demo Text... p3 Centre f175 Half #'f175:0'

```

Annexe 6

```

175 demo Text... p3 Centre f275 Half #'f275:0'
176 demo Text... p3 Centre f375 Half #'f375:0'
177
178 demo White
179 demo Text... p1+0.001 Centre f125+5 Half #'f125:0'
180 demo Text... p1+0.001 Centre f225+5 Half #'f225:0'
181 demo Text... p1+0.001 Centre f325+5 Half #'f325:0'
182 demo Text... p2+0.001 Centre f150+5 Half #'f150:0'
183 demo Text... p2+0.001 Centre f250+5 Half #'f250:0'
184 demo Text... p2+0.001 Centre f350+5 Half #'f350:0'
185 demo Text... p3+0.001 Centre f175+5 Half #'f175:0'
186 demo Text... p3+0.001 Centre f275+5 Half #'f275:0'
187 demo Text... p3+0.001 Centre f375+5 Half #'f375:0'
188
189 demo Font size... 12
190 demo Black
191 endif
192
193 #Affichage du numéro de chaque formant
194 nombreForm = Get number of formants: 1
195 tFrl = Get time from frame number: 1
196 for iFNum to nombreForm
197 currentFVal = Get value at time: iFNum, tFrl, "Hertz", "Linear"
198 if currentFVal < 5500
199 demo Text: tFrl, "Centre", currentFVal, "Half", "F"+string$(iFNum)
200 endif
201 endfor
202 demo Select inner viewport: 0, 100, 0, 100
203
204 #Affichage du menu des paramètres
205 demo Axes: 0, 100, 0, 100
206 demo Font size: 24
207 demo Text: 35, "centre", 80, "half", "[ + symbolePhon$ + " ]"
208 demo Text: 35, "centre", 90, "half", mot$
209 demo Font size: 12
210 demo Text: 80, "centre", 92, "half", "Intervalle " + string$(intActuel) + " / " + string$(nInt)
211 demo Font size: 16
212 demo Text: 80, "centre", 85, "half", "nombre de formants"
213 demo Text: 80, "centre", 80, "half", string$(nbFormants)
214 demo Paint rectangle: "{0,1,0.6}", 70, 75, 78.5, 82.5
215 demo Text: 72.5, "centre", 80, "half", "<"
216 demo Paint rectangle: "{0,1,0.6}", 85, 90, 78.5, 82.5
217 demo Text: 87.5, "centre", 80, "half", ">"
218 demo Text: 80, "centre", 70, "half", "fréquence maximale (Hz)"
219 demo Text: 80, "centre", 65, "half", string$(maxForm)
220 demo Paint rectangle: "{0,1,0.6}", 70, 75, 62.5, 67.5
221 demo Text: 72.5, "centre", 65, "half", "<"
222 demo Paint rectangle: "{0,1,0.6}", 85, 90, 62.5, 67.5
223 demo Text: 87.5, "centre", 65, "half", ">"
224
225 demo Paint rectangle: "{0,1,0.6}", 75, 85, 45, 55
226 demo Text: 80, "centre", 50, "half", "LIKE"
227 demo Paint rectangle: "{0,1,0.6}", 75, 85, 30, 40
228 demo Text: 80, "centre", 35, "half", "ENREG."
229 demo Paint rectangle: "{0,1,0.6}", 75, 85, 15, 25
230 demo Text: 80, "centre", 20, "half", "REJET"
231 demo Paint rectangle: "{0,1,0.6}", 75, 85, 0, 10
232 demo Text: 80, "centre", 5, "half", "ARRÊT"
233
234 #Interaction utilisateur
235 choix = 0
236 while choix = 0
237 demoWaitForInput()
238 #Boutons d'ajustement des paramètres de détection formantique
239 #Diminuer le nombre de formants détectés
240 if demoClickedIn(70, 75, 78.5, 82.5)
241 nbFormants = nbFormants - 0.5
242 goto FORMANTSSCREEN
243 #Augmenter le nombre de formants détectés
244 elseif demoClickedIn(85, 90, 78.5, 82.5)
245 nbFormants = nbFormants + 0.5
246 goto FORMANTSSCREEN
247 #Diminuer le formant maximal à détecter
248 elseif demoClickedIn(70, 75, 62.5, 67.5)
249 maxForm = maxForm - 100
250 goto FORMANTSSCREEN
251 #Augmenter le formant maximal à détecter
252 elseif demoClickedIn(85, 90, 62.5, 67.5)
253 maxForm = maxForm + 100
254 goto FORMANTSSCREEN
255 elseif demoKeyPressed()
256 #Augmenter le formant maximal à détecter
257 if demoKey$() = "_"
258 maxForm = maxForm + 100
259 goto FORMANTSSCREEN
260 #Diminuer le formant maximal à détecter
261 elseif demoKey$() = "-"
262 maxForm = maxForm - 100
263 goto FORMANTSSCREEN
264 #Diminuer le nombre de formants détectés
265 elseif demoKey$() = "i"
266 nbFormants = nbFormants - 0.5
267 goto FORMANTSSCREEN
268 #Augmenter le nombre de formants détectés
269 elseif demoKey$() = "I"

```

Annexe 6

```

270         nbFormants = nbFormants + 0.5
271         goto FORMANTSSCREEN
272     #Lecture du son
273     elseif demoKey$() = " " or demoKey$() = " "
274         selectObject: "Sound contexteSon"
275         asynchronous Play
276     #Rejet
277     elseif demoKey$() = "r"
278         @zeroPadding
279         appendFileLine: repertoireSortie$ + "voyellesRejetees.txt", fichier$, tab$, 1, tab$, intActuel,
tab$, symbolePhon$
280         choix = 1
281     #Quitter le script
282     elseif demoKey$() = "q"
283         goto FIN
284     #Affichage (ou non) des estimations formatniques
285     elseif demoKey$() = "c"
286         if afficherMesures=0
287             afficherMesures=1
288         else
289             afficherMesures=0
290         endif
291         goto FORMANTSSCREEN
292     #Augmenter le contraste du spectrogramme
293     elseif demoKey$() = "-"
294         dynamiqueVisible-=5
295         goto FORMANTSSCREEN
296     #Diminuer le contraste du spectrogramme
297     elseif demoKey$() = "+"
298         dynamiqueVisible+=5
299         goto FORMANTSSCREEN
300     #Enregistrer les estimations formatniques affichées
301     elseif demoKey$() = "s"
302         @zeroPadding
303         selectObject: "Formant contexteSon"
304         Down to Table: "no", "yes", 6, "yes", 3, "yes", 3, "no"
305         Append column: "symbol"
306         nbPoles = nbFormants * 2
307         Set string value: 1, "symbol", symbolePhon$
308         Save as tab-separated file: repertoireSortie$ + mot$ + "_" + "nbPoles!-'maxForm'.txt"
309         choix = 1
310     endif
311     #L'utilisateur peut aussi cliquer sur les boutons
312     #Lecture de la voyelle
313     elseif demoClickedIn(75, 85, 45, 55)
314         selectObject: "Sound contexteSon"
315         asynchronous Play
316     #Enregistrement
317     elseif demoClickedIn(75, 85, 30, 40)
318         @zeroPadding
319         selectObject: "Formant contexteSon"
320         Down to Table: "no", "yes", 6, "yes", 3, "yes", 3, "no"
321         Append column: "symbol"
322         Set string value: 1, "symbol", symbolePhon$
323         a = nbFormants * 2
324         Save as tab-separated file: repertoireSortie$ + mot$ + "_" + "a!-'maxForm'.txt"
325         choix = 1
326     #Rejet
327     elseif demoClickedIn(75, 85, 15, 25)
328         @zeroPadding
329         appendFileLine: repertoireSortie$ + "voyellesRejetees.txt", fichier$, tab$, 1, tab$, intActuel, tab$,
symbolePhon$
330         choix = 1
331     #Fin du script
332     elseif demoClickedIn(75, 85, 0, 10)
333         goto FIN
334     endif
335 endwhile
336 endif
337 intActuel = intActuel + 1
338 endwhile
339 select all
340 Remove
341
342 label FIN
343 #Fin et message à l'utilisateur.
344 demo Erase all
345 demo Text: 50, "centre", 60, "half", "All the files in the list have been processed"
346
347 #####
348 #cette procédure ajoute des zéros pour le numéro
349 #d'intervalle qui sera dans le fichier
350 #ici, le numéro d'intervalle peut aller jusqu'à 999
351 #si vous avez plus de 999 intervalles à analyser dans un seul
352 #fichier, il faut : while myLength < 4
353 procedure zeroPadding
354     stringInter$ = string$(intActuel)
355     myLength = length(stringInter$)
356     while myLength < 3
357         stringInter$ = "0" + stringInter$
358         myLength = myLength + 1
359     endwhile
360 endproc

```

Script 7 : Estimation manuelle des fréquences formantiques

Fonctionnement et prérequis

Ce script, fondé sur le travail d'Emmanuel Ferragne (<https://moodlesupd.script.univ-paris-diderot.fr/mod/page/view.php?id=49768> – script *cp_byHandFormants*), permet d'effectuer une analyse manuelle des voyelles pour lesquelles l'analyse semi-automatique n'a pas été efficace et qui ont été rejetées lors de l'exécution du Script 6.

Grâce à la liste des rejets, le script affiche les occurrences problématiques une par une sur un écran qui rappelle celui du script d'analyse semi-automatique. La vue initiale est présentée dans la Figure 4. Cette fois, l'interface est minimaliste, ce script ne devant pas être utilisé aussi souvent que le précédent.

Les fines lignes grises qui sont superposées au spectrogramme sont les formants détectés par PRAAT avec des paramètres que l'utilisateur peut ajuster à l'aide du clavier. Elles servent de guide pour le traçage manuel subséquent, qui s'effectue formant par formant. L'utilisateur doit alors cliquer sur le spectrogramme en suivant le formant à l'aide de repères visuels. Il peut placer jusqu'à 15 points (Figure 5). Ces points sont ensuite interpolés pour obtenir une courbe formantique (Figure 6). Les résultats peuvent alors être enregistrés au même format que ceux obtenus lors de l'analyse semi-automatique. Les voyelles qui ne peuvent pas non plus être analysées manuellement sont notées dans une liste finale de rejets.

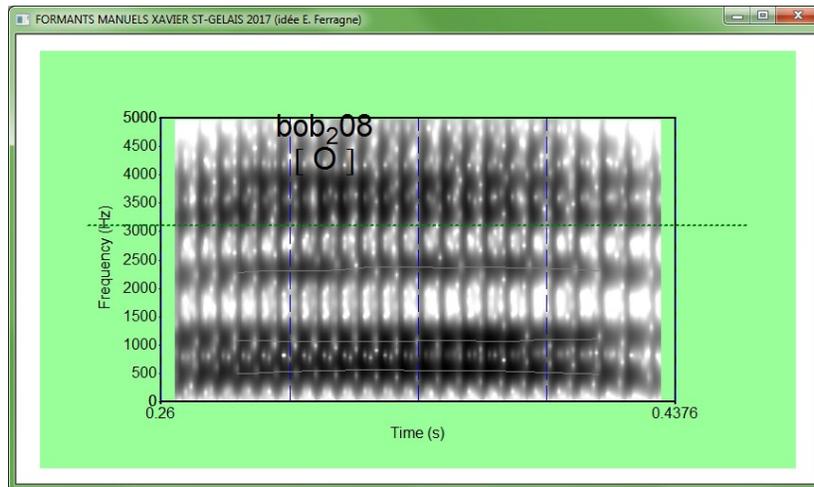


Figure 4 – Vue initiale d'une occurrence dans le script d'estimation manuelle des fréquences formantiques

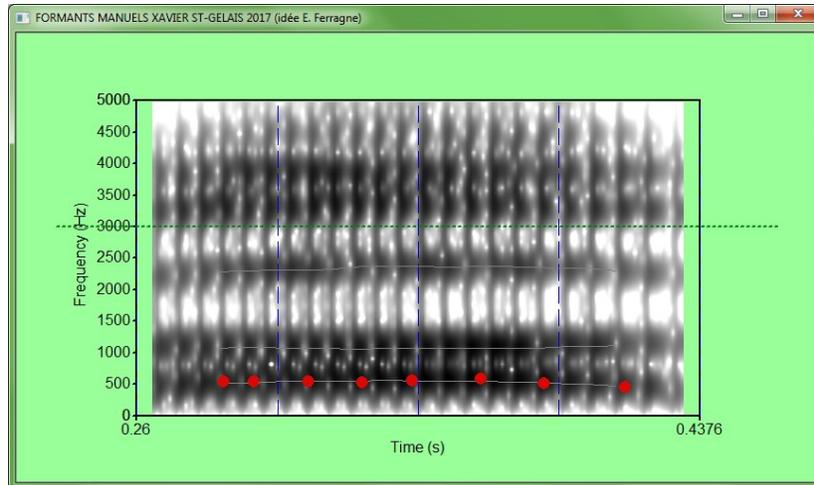


Figure 5 – Traçage manuel d’une courbe formantique à l’aide de points placés sur le spectrogramme avec la souris

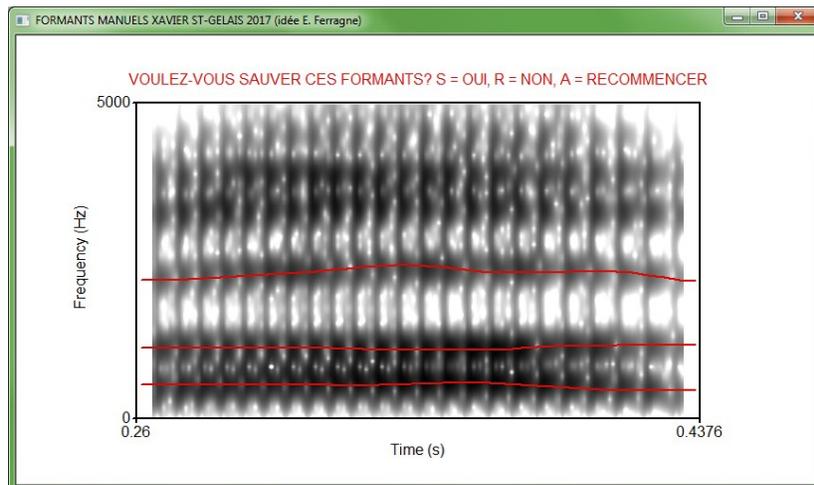


Figure 6 – Courbes formantiques interpolées à partir des points placés manuellement par l’utilisateur

Script PRAAT

```

1  ## Script d'estimation manuelle des fréquences formantiques
2
3  ## Ce script s'inspire largement du travail d'Emmanuel Ferragne,
4  ## disponible à l'adresse suivante: https://moodle.supd.script.univ-paris-diderot.fr/mod/page/view.php?id=49768
5  ## À partir de la liste des voyelles rejetées lors de l'analyse semi-automatique,
6  ## ce script permet le traçage manuel des formants. Des points sont placés
7  ## manuellement sur le spectrogramme par l'utilisateur, puis sont interpolés
8  ## pour obtenir des courbes.
9
10 ## Xavier St-Gelais
11 ## Laboratoire de phonétique expérimentale de l'UQAC
12 ## 25 mai 2017
13 #####
14
15 demoWindowTitle("FORMANTS MANUELS XAVIER ST-GELAIS 2017 (idée E. Ferragne)")
16 demo Erase all
17
18 #Paramètres globaux
19 #Limite d'affichage du spectrogramme (Hz)
20 spectroLimiteSup = 5500
21 #Intervalle de départ
22 intActuel = 2
23 #Degré de contraste du spectrogramme

```

Annexe 6

```

24 dynamiqueVisible = 50
25 #Fréquence maximale pour un formant
26 maxForm=3500
27 #Nombre de formants à détecter
28 nbFormants=3.5
29 #Taille d'affichage de la police
30 demo Font size... 20
31
32 #Variables d'ajustement
33 afficherMesures=0
34 #####
35
36 #Paramètres initiaux décidés par l'utilisateur
37 form cp_byHandFormants v. 0.02 Ferragne 2016
38 comment Nombre de points par formant:
39 positive maxPoints 15
40 comment Nombre de formants: (2 to 5)
41 positive nbFormantsTracer 3
42 endform
43
44 #Chargement de la liste des voyelles rejetées
45 demo Erase all
46 demo Colour: "Black"
47 demo Select inner viewport: 0, 100, 0, 100
48 demo Axes: 0, 100, 0, 100
49 demo Font size: 20
50 demo Paint rectangle: "{0.6,1,0.6}", 25, 75, 50, 70
51 demo Text: 50, "centre", 60, "half", "Cliquer pour charger les voyelles"
52 demoShow()
53 while demoWaitForInput()
54     if demoClickedIn (25, 75, 50, 70)
55         goto CHARGERFICHIER
56     endif
57 endwhile
58
59 #Ouverture de la liste
60 label CHARGERFICHIER
61 fichier$ = chooseReadFile$: "Choisir la liste des rejets"
62 indSlash = rindex(fichier$,"\")
63 if indSlash = 0
64     indSlash = rindex(fichier$,"/")
65 endif
66 Read Table from tab-separated file: fichier$
67
68 repertoireSortie$ = left$(fichier$,indSlash) + "estimationsManuelles/"
69 createDirectory: repertoireSortie$
70
71 #Création du fichier pour les rejets finaux, s'il n'existe pas déjà
72 if fileReadable(repertoireSortie$ + "voyellesNonAnalysees.txt") = 0
73     writeFile: repertoireSortie$ + "voyellesNonAnalysees.txt"
74     writeFileLine: repertoireSortie$ + "voyellesNonAnalysees.txt", "fichier_sonore", tab$, "num_palier", tab$,
"num_interv", tab$, "symbole"
75 endif
76
77 Read Table from tab-separated file: fichier$
78 Rename: "listeVoyelles"
79
80 nbFichiers = Get number of rows
81
82 #Boucle pour toutes les voyelles
83 for iFichier from 1 to nbFichiers
84     selectObject: "Table listeVoyelles"
85     #Ouverture du fichier sonore et de la grille d'annotation pour le fichier
86     fichierSonore$ = Get value: iFichier, "fichier_sonore"
87     palier = Get value: iFichier, "num_palier"
88     intActuel = Get value: iFichier, "num_interv"
89     symbolePhonétique$ = Get value: iFichier, "symbole"
90     Read from file: fichierSonore$
91
92     #Récupération des repères temporels et des métadonnées
93     nomFichier$ = selected$("Sound")
94     Read from file: fichierSonore$ - "wav" + "TextGrid"
95     debut = Get starting point: palier, intActuel
96     fin = Get end point: palier, intActuel
97     duree=fin-debut
98     p1=(0.25*duree)+debut
99     p2=(0.50*duree)+debut
100    p3=(0.75*duree)+debut
101    intervalleDuMot = Get interval at time... 2 debut+0.00021
102    mot$ = Get label of interval: 2, intervalleDuMot
103
104    #Extraction d'un contexte sonore
105    selectObject: "Sound " + nomFichier$
106    Extract part: debut, fin, "rectangular", 1, "yes"
107
108    #Création du spectrogramme pour le contexte sonore
109    Rename: "contexteSonore"
110    To Spectrogram: 0.005, spectroLimiteSup, 0.001, 10, "Gaussian"
111    Rename: "spectrogramme"
112
113    #Fenêtre principale - Affichage de l'écran d'analyse
114    label FORMANTSSCREEN
115
116    demo Erase all
117    demo Font size: 12

```

Annexe 6

```

118 demo Axes... 0 100 0 100
119 demo Select inner viewport... 0 100 0 100
120 demo Paint rectangle... "{0.6,1,0.6}" 0 100 0 100
121
122 #Affichage du spectrogramme et des points de repère
123 select Spectrogram spectrogramme
124 demo Select inner viewport: 15, 85, 15, 85
125 demo Paint: 0, 0, 0, 0, 100, "yes", dynamiqueVisible, 6, 0, "yes"
126 demo Marks left every: 1, 500, "yes", "yes", "no"
127 demo Colour... Blue
128 demo Line width... 1
129 demo Dashed line
130 demo Draw line... debut 0 debut spectroLimiteSup
131 demo Draw line... p1 0 p1 spectroLimiteSup
132 demo Draw line... p2 0 p2 spectroLimiteSup
133 demo Draw line... p3 0 p3 spectroLimiteSup
134 demo Draw line... fin 0 fin spectroLimiteSup
135 demo Colour... Black
136 demo Solid line
137
138 #Estimations formantiques avec les paramètres automatiques actuels
139 #(pour affichage de lignes "directrices" aidant l'utilisateur)
140 selectObject: "Sound contexteSonore"
141 noprogess To Formant (burg): 0.005, nbFormants, maxForm,0.025, 50
142 demo Colour: "Grey"
143 demo Line width: 1
144 demo Draw tracks: 0, 0, spectroLimiteSup, "no"
145 demo Line width: 1
146 demo Colour: "Black"
147
148 #Affichage du formant maximal sur le spectrogramme
149 demo Green
150 demo Line width... 3
151 demo Dotted line
152 demo Draw line... debut-0.025 maxForm fin+0.025 maxForm
153 demo Solid line
154 demo Line width... 1
155 demo Black
156
157 #Affichage du mot et de la voyelle
158 demo Select inner viewport: 0, 100, 0, 100
159 demo Axes: 0, 100, 0, 100
160 demo Font size: 24
161 demo Text: 35, "centre", 80, "half", "[ " + symbolePhonétique$ + " ]"
162 demo Text: 35, "centre", 90, "half", mot$
163 demo Font size: 12
164
165 #L'utilisateur peut ajuster les paramètres de détection automatique au clavier
166 choix = 0
167 while demoWaitForInput()
168   if demoKeyPressed()
169     #Augmenter le formant maximal à détecter
170     if demoKey$() = "_"
171       maxForm = maxForm + 100
172       goto FORMANTSSCREEN
173     #Diminuer le formant maximal à détecter
174     elsif demoKey$() = "-"
175       maxForm = maxForm - 100
176       goto FORMANTSSCREEN
177     #Diminuer le nombre de formants détectés
178     elsif demoKey$() = ";"
179       nbFormants = nbFormants - 0.5
180       goto FORMANTSSCREEN
181     #Augmenter le nombre de formants détectés
182     elsif demoKey$() = ","
183       nbFormants = nbFormants + 0.5
184       goto FORMANTSSCREEN
185     #Rejet définitif de la voyelle
186     elsif demoKey$() = "r"
187       choice = 0
188       goto finBOUCLE
189     #Début du traçage manuel des formants
190     elsif demoKey$() = "e"
191       goto TRACAGEMANUEL
192     #Augmenter le contraste du spectrogramme
193     elsif demoKey$() = "="
194       dynamiqueVisible-=5
195       goto FORMANTSSCREEN
196     #Diminuer le contraste du spectrogramme
197     elsif demoKey$() = "+"
198       dynamiqueVisible+=5
199       goto FORMANTSSCREEN
200   endif
201 endif
202 endwhile
203
204 #Traçage manuel des formants, un par un, sur le spectrogramme
205 label TRACAGEMANUEL
206
207 #Affichage de l'écran de traçage manuel
208 demo Erase all
209 demo Font size: 12
210 demo Axes... 0 100 0 100
211 demo Select inner viewport... 0 100 0 100
212 demo Paint rectangle... "{0.6,1,0.6}" 0 100 0 100

```

Annexe 6

```

213 select Spectrogram spectrogramme
214 demo Select inner viewport: 15, 85 , 15, 85
215 demo Paint: 0, 0, 0, 0, 100, "yes", dynamiqueVisible, 6, 0, "yes"
216 demo Marks left every: 1, 500, "yes", "yes", "no"
217
218 #Affichage de points de repère
219 demo Colour... Blue
220 demo Line width... 1
221 demo Dashed line
222 demo Draw line... debut 0 debut spectroLimiteSup
223 demo Draw line... p1 0 p1 spectroLimiteSup
224 demo Draw line... p2 0 p2 spectroLimiteSup
225 demo Draw line... p3 0 p3 spectroLimiteSup
226 demo Draw line... fin 0 fin spectroLimiteSup
227 demo Colour... Black
228 demo Solid line
229
230 #Affichage des estimations formantiques de Praat
231 #comme lignes directrices pour le traçage manuel
232 selectObject: "Sound contexteSonore"
233 noprogess To Formant (burg): 0.005, nbFormants, maxForm,0.025, 50
234 demo Colour: "Grey"
235 demo Line width: 1
236 demo Draw tracks: 0, 0, spectroLimiteSup, "no"
237 demo Line width: 1
238 demo Colour: "Black"
239
240 #Affichage du formant maximal détecté
241 demo Green
242 demo Line width... 3
243 demo Dotted line
244 demo Draw line... debut-0.025 maxForm fin+0.025 maxForm
245 demo Solid line
246 demo Line width... 1
247 demo Black
248
249 #Création d'un objet FormantGrid pour stocker
250 #les coordonnées des clics de l'utilisateur (Hz, s)
251 Create FormantGrid: "myFormants", debut, fin, 4, 500, 500, 10, 10
252 for i from 1 to 4
253 Remove formant points between: i, debut, fin
254 endfor
255
256 #Traçage de chaque formant par ajout de points sur le spectrogramme
257 termine = 0
258 formantActuel = 1
259 nbPoints = 0
260 while termine = 0
261 demoWaitForInput ()
262 #Chaque clic ajoute un point dans la FormantGrid et l'affiche en rouge
263 #sur le spectrogramme.
264 if demoClicked()
265 nbPoints += 1
266 xCoord = demoX()
267 yCoord = demoY()
268 demo Paint circle (mm): "red", xCoord, yCoord, 3
269 selectObject: "FormantGrid myFormants"
270 Add formant point: formantActuel, xCoord, yCoord
271 elsif demoKeyPressed()
272 #La touche s passe au formant suivant.
273 if demoKey$() = "s"
274 demo Text... 50 Centre 5 Half Formant 'formantActuel' sauvé
275 formantActuel = formantActuel + 1
276 if formantActuel = nbFormantsTracer + 1
277 termine = 1
278 endif
279 #La touche r recommence le traçage du formant actuel
280 elsif demoKey$() = "r"
281 select FormantGrid myFormants
282 Remove formant points between: formantActuel, debut, fin
283 selectObject: "Spectrogram spectrogramme"
284 demo Select inner viewport: 15, 85 , 15, 85
285 demo Paint: 0, 0, 0, 0, 100, "yes", dynamiqueVisible, 6, 0, "yes"
286 selectObject: "Sound contexteSonore"
287 noprogess To Formant (burg): 0.005, nbFormants, maxForm,0.025, 50
288 demo Colour: "Grey"
289 demo Line width: 1
290 demo Draw tracks: 0, 0, spectroLimiteSup, "no"
291 demo Line width: 1
292 demo Colour: "Black"
293
294 demo Green
295 demo Line width... 3
296 demo Dotted line
297 demo Draw line... myStart-0.025 maxForm myEnd+0.025 maxForm
298 demo Solid line
299 demo Line width... 1
300 demo Black
301 endif
302 endif
303 endwhile
304
305 #Affichage des courbes tracées manuellement
306 demo Erase all
307 To Formant: 0.005, 0.1

```

Annexe 6

```
308 selectObject: "Spectrogram spectrogramme"
309 demo Select inner viewport: 15, 85 , 15, 85
310 demo Paint: 0, 0, 0, 0, 100, "yes", dynamiqueVisible, 6, 0, "yes"
311 selectObject: "Formant myFormants"
312 demo Line width: 2
313 demo Colour: "Red"
314 demo Draw tracks: 0, 0, spectroLimiteSup, "no"
315 demo Select inner viewport: 0, 100, 0, 100
316 demo Axes... 0 100 0 100
317 demo Text... 50 Centre 90 Half VOULEZ-VOUS SAUVER CES FORMANTS? S = OUI, R = NON, A = RECOMMENCER
318
319 choix = 0
320
321 #L'utilisateur choisit s'il veut sauvegarder, rejeter ou recommencer.
322 label debutBOUCLE
323 while demoWaitForInput()
324     if demoKeyPressed()
325         #Enregistrement des courbes manuelles
326         if demoKey$() = "s" or demoKey$() = "S"
327             choix = 1
328             goto finBOUCLE
329         #Recommencer le traçage manuel
330         elseif demoKey$() = "a" or demoKey$() = "A"
331             goto TRACAGEMANUEL
332         #Rejet définitif de la voyelle
333         elseif demoKey$() = "r" or demoKey$() = "R"
334             choix = 0
335             goto finBOUCLE
336         else
337             goto debutBOUCLE
338         endif
339     endif
340 endwhile
341
342 label finBOUCLE
343 #Procédure d'enregistrement des résultats
344 if choix = 1
345     @zeroPadding
346     Down to Table: "no", "yes", 6, "yes", 3, "yes", 3, "no"
347     Append column: "symbol"
348     Set string value: 1, "symbol", symbolePhonetique$
349     Save as tab-separated file: repertoireSortie$ + mot$ + ".txt"
350 else
351     @discardProc
352     endif
353
354 #Passage à la voyelle suivante
355 demo Erase all
356 select all
357 minusObject: "Table listeVoyelles"
358 Remove
359 endfor
360
361 #Fin et message à l'utilisateur.
362 Erase all
363 demo Colour: "Black"
364 demo Font size: 14
365 demo Axes: 0, 100, 0, 100
366 demo Text: 50, "centre", 60, "half", "Fin du programme."
367 demoShow()
368
369 #####
370 #cette procédure ajoute des zéros pour le numéro
371 #d'intervalle qui sera dans le fichier
372 #ici, le numéro d'intervalle peut aller jusqu'à 999
373 #si vous avez plus de 999 intervalles à analyser dans un seul
374 #fichier, il faut : while myLength < 4
375 procedure zeroPadding
376     stringInter$ = string$(intActuel)
377     myLength = length(stringInter$)
378     while myLength < 3
379         stringInter$ = "0" + stringInter$
380         myLength = myLength + 1
381     endwhile
382 endproc
383
384 #Procédure d'enregistrement des voyelles rejetées définitivement
385 procedure discardProc
386 appendFileLine: repertoireSortie$ + "voyellesNonAnalysees.txt", fichierSonore$, tab$, palier, tab$, intActuel, tab$,
symbolePhonetique$
387 endproc
```

Script 8 : Extraction et tabulation des résultats

Fonctionnement et prérequis

Ce script utilise les tableaux générés par les procédures d'estimation semi-automatique et manuelle des fréquences formantiques (Script 6 et Script 7) pour extraire la fréquence centrale de F₁, F₂ et F₃ à

25, 50 et 75 % de la durée vocalique et pour créer un tableau de résultats pour chaque locuteur (Figure 7), incluant les variables indépendantes comme le lieu d'articulation des consonnes adjacentes, la ville et le sexe, récupérées dans un tableau externe, *infoMots.txt* (Figure 8). Il génère également un tableau global de résultats, qui est ensuite exploitable dans R pour les statistiques.

row	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	POST	POST MODE	POST LIEU	POST LIEU2	POST VOIX	DUREE	F1 25	F2 25	F3 25	F1 50	F2 50	F3
1	l	L	A	A	V	200.00	572	1201	2585	578	1287	257
2	m	N	L	L	V	200.00	546	1442	2713	574	1335	265
3	b	O	L	L	V	200.00	525	1168	2600	518	1214	261
4	f	F	L	L	D	200.00	533	1159	2638	532	1218	266
5	g	O	P	P	V	200.00	553	1208	2522	521	1209	255
6	l	L	A	A	V	200.00	516	1186	2669	513	1241	263
7	m	N	L	L	V	200.00	477	1127	2615	522	1119	267
8	n	N	A	A	V	200.00	525	1297	2623	541	1322	261
9	r	F	R	P	V	200.00	750	1232	2823	725	1157	286
10	s	F	A	A	D	200.00	501	1235	2615	535	1265	266
11	k	O	P	P	D	200.00	526	1300	2578	590	1409	256
12	d	O	A	A	V	200.00	561	1367	2704	557	1367	275
13	l	L	A	A	V	200.00	519	1351	2493	563	1367	266
14	m	N	L	L	V	200.00	520	1330	2554	539	1316	257
15	n	N	A	A	V	200.00	555	1404	2511	558	1385	257
16	k	O	P	P	D	200.00	540	1280	2545	559	1297	250
17	r	F	R	P	V	200.00	780	1295	2637	720	1159	274
18	s	F	A	A	D	200.00	565	1414	2563	578	1366	266
19	t	O	A	A	D	200.00	533	1366	2546	565	1415	263
20	k	O	P	P	D	200.00	504	1645	2680	571	1548	264
21	d	O	A	A	V	200.00	500	1390	2655	515	1327	270
22	g	O	P	P	V	200.00	527	1293	2680	502	1242	266
23	n	N	A	A	V	200.00	531	1482	2701	549	1409	270
24	r	F	R	P	V	200.00	717	1285	2908	751	1169	295

Figure 7 – Aperçu du tableau de résultats pour la locutrice CFACC

row	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	MOT	PRE	PRE MODE	PRE LIEU	PRE LIEU2	PRE VOIX	POST	POST MODE	POST LIEU	POST LIEU2	POST VOIX
1	bob	b	O	L	L	V	b	O	L	L	V
2	gobe	g	O	P	P	V	b	O	L	L	V
3	mob	m	N	L	L	V	b	O	L	L	V
4	nob	n	N	A	A	V	b	O	L	L	V
5	rob	r	F	R	P	V	b	O	L	L	V
6	ode	-	-	-	-	-	d	O	A	A	V
7	dod	d	O	A	A	V	d	O	A	A	V
8	god	g	O	P	P	V	d	O	A	A	V
9	code	k	O	P	P	D	d	O	A	A	V

Figure 8 – Aperçu du tableau *infoMots.txt*

Script PRAAT

```

1  ## Script de tabulation des résultats
2
3  ## Ce script utilise les tableaux générés par les scripts d'estimation semi-automatique
4  ## et manuelle des fréquences formantiques pour extraire 10 variables dépendantes (F1, F2 et F3 à
5  ## 25, 50 et 75% de la durée vocalique et la durée elle-même) et les stocker sous forme de tableau
6  ## pour chacun des locuteurs, avant de générer un tableau global de résultats pouvant être
7  ## utilisé dans un logiciel statistique comme R.
8
9  ## Xavier St-Gelais
10 ## Laboratoire de phonétique expérimentale de l'UQAC
11 ## 29 mai 2017
12 #####
13
14 #répertoire de travail:
15 repertoire$ = "E:\Université\Maitrise\Fichiers sonores\3 - Regroupés"
16 #Création d'une liste des locuteurs, qui ont chacun un répertoire
17 Create Strings as directory list... Locuteurs 'repertoire$'
18 nbLoc = Get number of strings
19

```

Annexe 6

```

20 #Boucle pour chaque locuteur
21 for locuteurActuel to nbLoc
22 #Création d'une liste des occurrences pour le locuteur
23 select Strings Locuteurs
24 locuteur$ = Get string... locuteurActuel
25 Create Strings as file list... FichiersManuels 'repertoire$\locuteur$\estimations\estimationsManuelles
26 nbFichiersManuels = Get number of strings
27 Create Strings as file list... FichiersSemiAuto 'repertoire$\locuteur$\estimations\
28 nbFichiersSemiAuto = Get number of strings
29
30 #Création du fichier de résultats pour le locuteur
31 entete$ = "PSEUDO VILLE SEXE GROUPE FICHIER MOT PRE PRE_MODE PRE_LIEU PRE_LIEU2 PRE_VOIX VOYELLE POST POST_MODE
POST_LIEU POST_LIEU2 POST_VOIX DUREE F1_25 F2_25 F3_25 F1_50 F2_50 F3_50 F1_75 F2_75 F3_75"
32 entete$ = replace$(entete$, " ", tab$, 0)
33 entete$ = entete$ + newline$
34 sortie$ = "repertoire$\locuteur$_résultats.txt"
35
36 #Suppression de tout fichier de résultats préexistant
37 if fileReadable(sortie$)
38 deleteFile(sortie$)
39 endif
40 entete$ >> 'sortie$'
41
42 totFichier = 0
43 #Ouverture de toutes les estimations semi-automatiques
44 for b to nbFichiersSemiAuto
45 select Strings FichiersSemiAuto
46 fichier$ = Get string... b
47 #On s'assure de ne pas ouvrir la liste des voyelles analysées manuellement
48 if fichier$ <> "voyellesRejetees.txt"
49 #Ouverture de chaque fichier
50 Read from file... 'repertoire$\locuteur$\estimations\fichier$'
51 nom$ = selected$("Table")
52 suite$ = fichier$ - ".txt"
53 fmax = extractNumber(suite$, "-")
54 suite$ = suite$ - "-"fmax"
55 nbform = number(right$(suite$, 1))
56 suite$ = suite$ - "_"nbform"
57 Rename... 'suite$'
58 totFichier = totFichier + 1
59 idFinal = selected ("Table")
60 endif
61 endfor
62 select Strings FichiersSemiAuto
63 Remove
64 select Strings FichiersManuels
65
66 #Ouverture de toutes les estimations manuelles
67 for b to nbFichiersManuels
68 select Strings FichiersManuels
69 fichier$ = Get string... b
70 #On s'assure de ne pas ouvrir la liste des voyelles rejetées pour de bon
71 if fichier$ <> "voyellesNonAnalysees.txt"
72 #Ouverture de chaque fichier
73 Read from file... 'repertoire$\locuteur$\estimations\estimationsManuelles\fichier$'
74 totFichier = totFichier + 1
75 endif
76 idFinal = selected ("Table")
77 endfor
78 select Strings FichiersManuels
79 Remove
80
81 #Traitement de chaque tableau
82 for b from idFinal-totFichier+1 to idFinal
83 select b
84 #Récupération des métadonnées liées au pseudonyme du locuteur
85 ville$ = left$(locuteur$, 1)
86 sexe$ = right$(left$(locuteur$, 2), 1)
87 groupe$ = "ville$sexe$"
88
89 #Récupération des métadonnées liées au mot
90 voyelle$ = "O"
91 nom$ = selected$("Table")
92 suite$ = string$(extractNumber(nom$, "-"))
93 mot$ = nom$ - "_"suite$"
94
95 #Récupération, dans un tableau externe, des informations sur
96 #les consonnes antéposée et postposée
97 Read from file... 'repertoire$\infosMots.txt
98 rangee = Search column: "MOT", mot$
99 if rangee > 0
100 col1$ = Get value... rangee PRE
101 col2$ = Get value... rangee PRE_MODE
102 col3$ = Get value... rangee PRE_LIEU
103 col4$ = Get value... rangee PRE_LIEU2
104 col5$ = Get value... rangee PRE_VOIX
105 col6$ = Get value... rangee POST
106 col7$ = Get value... rangee POST_MODE
107 col8$ = Get value... rangee POST_LIEU
108 col9$ = Get value... rangee POST_LIEU2
109 col10$ = Get value... rangee POST_VOIX
110 else
111 exit ERREUR: MOT NON TROUVÉ ('mot$') DANS LA LISTE INFOSMOTS.TXT
112 endif
113

```

Annexe 6

```

114 #Effacement du tableau d'informations sur les consonnes
115 Remove
116
117 #Retour aux résultats pour le mot courant
118 select Table 'nom$'
119 n = Get number of rows
120
121 #Extraction du temps de début et de fin de la voyelle
122 t1 = Get value... 1 time(s)
123 t2 = Get value... n time(s)
124
125 #Création d'une nouvelle FormantGrid à partir des données du tableau
126 for j to 3
127   Create FormantGrid: nom$, t1, t2, 3, 500, 500, 10, 10
128   for z from 1 to 3
129     Remove formant points between: z, t1, t2
130   endfor
131   for i to n
132     select Table 'nom$'
133     t = Get value... i time(s)
134     f = Get value... i F'j'(Hz)
135     select FormantGrid 'nom$'
136     Add formant point... j t f
137   endfor
138
139   #Calcul des points temporels
140   duree = t2-t1
141   p1 = t1+(duree*0.25)
142   p2 = t1+(duree*0.5)
143   p3 = t1+(duree*0.75)
144
145   #Estimation des fréquences formantiques aux points temporels précisés
146   To Formant... 0.001 0.1
147   f'j'a = Get value at time... j p1 Hertz Linear
148   f'j'b = Get value at time... j p2 Hertz Linear
149   f'j'c = Get value at time... j p3 Hertz Linear
150
151   idCurr = selected("Formant")
152   plus idCurr-1
153   Remove
154   select Table 'nom$'
155 endfor
156
157 #Ouverture du fichier sonore origianl pour récupérer les vraies durées
158 Read from file... 'repertoire$\locuteur$\mots0.TextGrid
159 Down to Table... 0 6 1 0
160 repere = Search column: "text", nom$
161
162 if repere = 0
163   printline 'locuteur$' / 'nom$' : PAS TROUVÉ DANS LA TEXTGRID
164   duree = 0
165 else
166   t1 = Get value... repere tmin
167   Remove
168   select TextGrid mots0
169   View & Edit alone
170   editor TextGrid mots0
171   Select next tier
172   Move cursor to... t1+0.000002
173   Select previous tier
174   Select next interval
175   t1 = Get start of selection
176   t2 = Get end of selection
177   Close
178   endeditor
179
180   duree = t2 - t1
181   duree = duree * 1000
182 endif
183
184 Remove
185
186 ligne$ = "'locuteur$' 'ville$' 'sexe$' 'groupe$' 'nom$' 'mot$' 'col1$' 'col2$' 'col3$' 'col4$' 'col5$' 'voyelle$'
'col6$' 'col7$' 'col8$' 'col9$' 'col10$' 'duree:2' 'f1a:0' 'f2a:0' 'f3a:0' 'f1b:0' 'f2b:0' 'f3b:0' 'f1c:0' 'f2c:0'
'f3c:0'"
187
188 ligne$ = replace$(ligne$, " ", tab$, 0)
189 ligne$ = ligne$ + newline$
190 ligne$ >> 'sortie$'
191 endif
192 endfor
193
194 select Table 'nom$'
195 Remove
196 endfor
197
198 #Création du tableau de résultats final
199 select all
200 minus Strings Locuteurs
201 Remove
202
203 #Ouverture des tableaux de résultats individuels
204 for i to nbLoc
205   select Strings Locuteurs
206   locuteur$ = Get string... i

```

Annexe 6

```
207 Read from file... 'repertoire$\locuteur$\locuteur'_résultats.txt
208 endfor
209
210 select Strings Locuteurs
211 Remove
212 select all
213 Append
214 Save as tab-separated file... 'repertoire$\Résultats.txt
215 select all
216 Remove
217
218 #Message à l'utilisateur
219 echo Les résultats ont été enregistrés!
```

Annexe 7 : Code R pour calculer l'étendue des ellipses de dispersion

Fonctionnement et prérequis

Ce script utilise un objet de type *ggplot2* contenant un diagramme bifonantique quelconque, puis extrait et affiche l'aire, en kHz², de chacune des 4 ellipses que celui-ci contient.

Code R

```
1 #Script pour trouver l'aire, en kHz2, des ellipses de dispersion.
2 #Adapté de:
3 #https://stackoverflow.com/questions/38782051/how-to-calculate-the-area-of-ellipse-drawn-by-ggplot2
4
5 require(MASS)
6 require(ggplot2)
7
8 #Le graphique doit avoir été réalisé à l'aide d'un script approprié.
9 #Par exemple, pour Flx2 à 25%:
10 graphique<-flf2.25
11
12 #Récupération des données du graphique ggplot2.
13 donnees = ggplot_build(graphique)
14 ellipse = donnees$data[[2]][c("colour", "x","y")]
15
16 #Récupération des données de chacune des ellipses en fonction
17 #de sa couleur.
18 ellipse.noire<-ellipse[which(ellipse$colour=="black"),c("x", "y")]
19 ellipse.jaune<-ellipse[which(ellipse$colour=="#dc9b00"),c("x", "y")]
20 ellipse.rouge<-ellipse[which(ellipse$colour=="#e6194b"),c("x", "y")]
21 ellipse.bleue<-ellipse[which(ellipse$colour=="#0061e6"),c("x", "y")]
22
23 #Noire
24 centre = cov.trob(ellipse.noire)$center
25 distancesCentre <- sqrt(rowSums((t(ellipse.noire)-centre))^2)
26 #Affichage
27 paste0("Aire ellipse noire - ", round(pi*min(distancesCentre)*max(distancesCentre)/1000, 1), " kHz2")
28
29 #Jaune
30 centre = cov.trob(ellipse.jaune)$center
31 distancesCentre <- sqrt(rowSums((t(ellipse.jaune)-centre))^2)
32 #Affichage
33 paste0("Aire ellipse jaune - ", round(pi*min(distancesCentre)*max(distancesCentre)/1000, 1), " kHz2")
34
35 #Rouge
36 centre = cov.trob(ellipse.rouge)$center
37 distancesCentre <- sqrt(rowSums((t(ellipse.rouge)-centre))^2)
38 #Affichage
39 paste0("Aire ellipse rouge - ", round(pi*min(distancesCentre)*max(distancesCentre)/1000, 1), " kHz2")
40
41 #Bleue
42 centre = cov.trob(ellipse.bleue)$center
43 distancesCentre <- sqrt(rowSums((t(ellipse.bleue)-centre))^2)
44 #Affichage
45 paste0("Aire ellipse bleue - ", round(pi*min(distancesCentre)*max(distancesCentre)/1000, 1), " kHz2")
```

Annexe 8 : Compléments aux résultats descriptifs pour le corpus C10-12

Groupe	Point de mesure	Formant	Moyenne (Hz)	Écart-type (Hz)	Minimum (Hz)	Maximum (Hz)	Étendue (Hz)
SG/F	25%	F ₁	577	56	424	769	345
		F ₂	1260	170	939	1663	724
		F ₃	2697	206	2172	3161	989
	50%	F ₁	609	55	452	782	330
		F ₂	1311	150	963	1621	658
		F ₃	2684	204	2102	3108	1006
	75%	F ₁	597	58	434	742	308
		F ₂	1428	151	1046	1802	756
		F ₃	2647	214	2016	3166	1150
QC/F	25%	F ₁	609	44	482	719	237
		F ₂	1397	159	1094	1780	686
		F ₃	2683	169	2343	3288	945
	50%	F ₁	627	44	516	738	222
		F ₂	1429	124	1149	1816	667
		F ₃	2673	158	2280	3156	876
	75%	F ₁	594	52	439	726	287
		F ₂	1523	135	1140	1887	747
		F ₃	2682	167	2105	3142	1037
SG/M	25%	F ₁	495	32	422	585	163
		F ₂	1071	131	805	1406	601
		F ₃	2471	168	2053	2900	847
	50%	F ₁	512	37	436	615	179
		F ₂	1088	112	788	1407	619
		F ₃	2463	170	1973	2910	937
	75%	F ₁	503	49	376	677	301
		F ₂	1178	120	828	1475	647
		F ₃	2424	188	1903	2901	998
QC/M	25%	F ₁	523	35	449	625	176
		F ₂	1185	119	806	1454	648
		F ₃	2393	196	1913	2863	950
	50%	F ₁	538	43	434	661	227
		F ₂	1211	101	820	1459	639
		F ₃	2389	192	1944	2811	867
	75%	F ₁	515	54	387	645	258
		F ₂	1295	132	950	1859	909
		F ₃	2373	197	1893	2860	967

Tableau 1 – Valeurs moyennes et dispersion de F₁, F₂ et F₃ à 25, 50 et 75 % de la durée vocalique en fonction de chaque combinaison des facteurs VILLE et de SEXE - Corpus C10-12

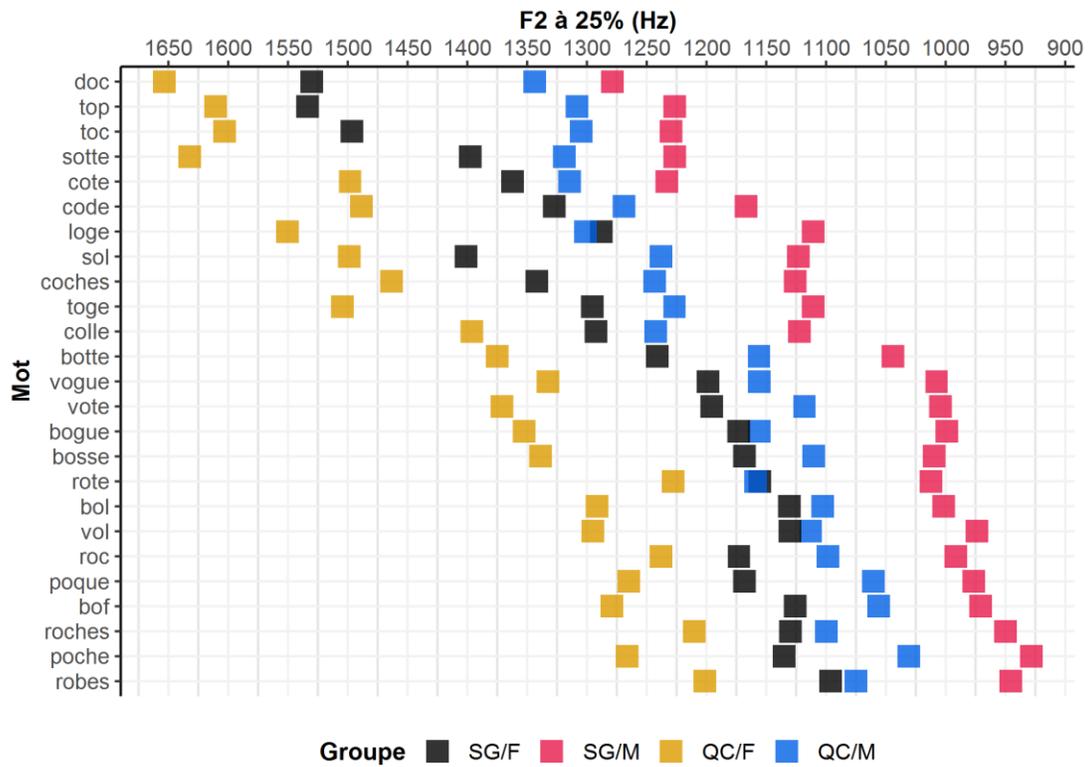


Figure 1 – Valeurs moyennes de F₂ à 25 % de la durée vocalique pour chacun des groupes constitués des croisements des facteurs VILLE et SEXE en fonction du mot - Corpus C10-12
 L'ordre des mots est déterminé par le F₂ moyen à 25 % qui caractérise chacun d'eux, sans égard au groupe.

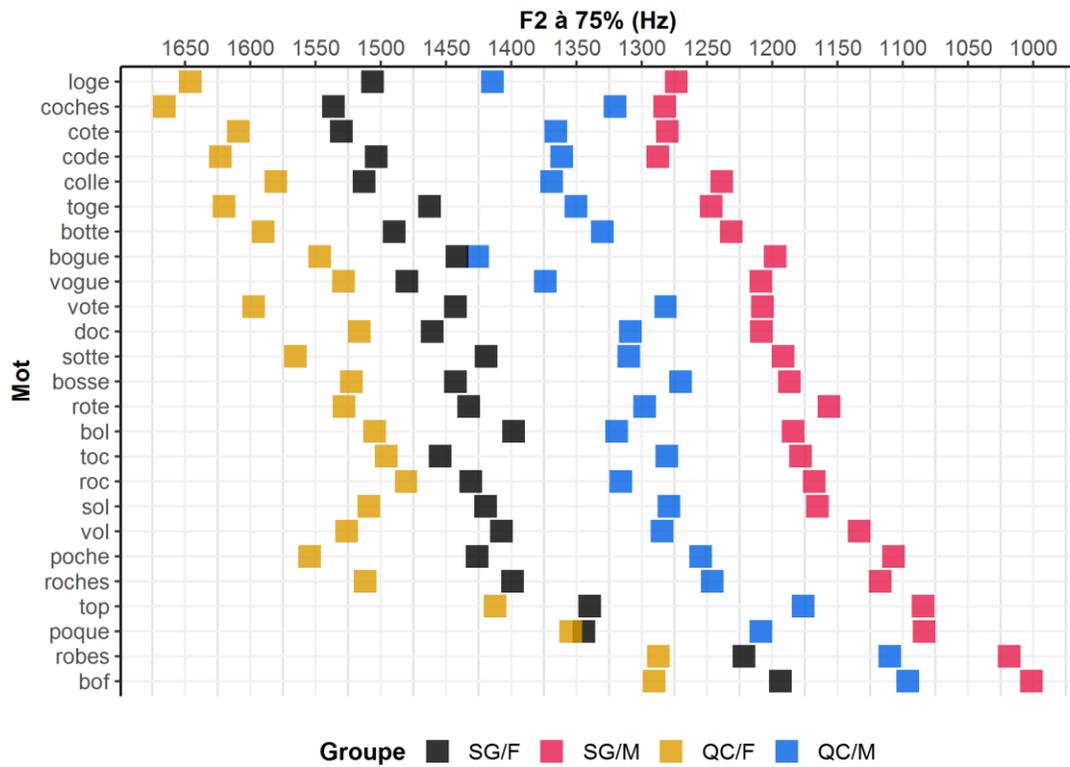


Figure 2 – Valeurs moyennes de F₂ à 75 % de la durée vocalique pour chacun des groupes constitués des croisements des facteurs VILLE et SEXE en fonction du mot - Corpus C10-12

L'ordre des mots est déterminé par le F₂ moyen à 75 % qui caractérise chacun d'eux, sans égard au groupe.

Annexe 9 : Résultats statistiques détaillés pour le corpus C10-12

Rappel des abréviations

- > SG : Saguenay
- > QC : Québec
- > H : Hommes
- > F : Femmes
- > A : Antérieur
- > L : Labial
- > P : Postérieur

Analyses dans cette annexe

F₁	204
25 %.....	204
50 %.....	206
75 %.....	208
F₂	210
25 %.....	210
50 %.....	212
75 %.....	213
F₃	215
25 %.....	215
50 %.....	216
75 %.....	217

F₁

25 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard	Formule :
(Constante de référence)	594,8	[575,2 – 614,5]	10	F1_25 ~ VILLE + SEXE + PRE_LIEU + SEXE:PRE_LIEU + (1+PRE_LIEU LOCUTEUR) + (1 MOT)
VILLE_QC	28,8	[11,4 – 46,2]	8,9	
SEX_H	-91,3	[-112,0 – -70,6]	10,6	Références : SEXE = F VILLE = SG PRE_LIEU = P
PRE_LIEU_A	-8,3	[-22,8 – 6,2]	7,4	
PRE_LIEU_L	-34,2	[-47,8 – -20,5]	7	R² marginal : 0,56 R² conditionnel : 0,82
SEX_H:PRE_LIEU_A	2,2	[-6,6 – 11,2]	4,5	
SEX_H:PRE_LIEU_L	15,5	[6,1 – 24,8]	4,8	

Tableau 1 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₁ à 25 % - Corpus C10-12

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de F	Valeur de p
VILLE	6603	6603	1	36,999	9,49	0,004
SEXE	57433	57433	1	37,028	82,56	< 0,001
PRE_LIEU	12486	6243	2	22,994	8,97	0,001
SEXE:PRE_LIEU	8257	4128	2	37,001	5,93	0,006

Tableau 2 – Valeurs de p calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F_1 à 25 % - Corpus C10-12
Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

VILLE	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	538	7,12	49,70	[524 – 552]
QC	567	7,10	49,76	[553 – 581]

Tableau 3 – Moyennes marginales estimées de F_1 à 25 % pour chaque niveau du facteur VILLE - Corpus C10-12

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
SG – QC	-29	9,35	37	-3,08	0,004

Tableau 4 – Comparaisons par paires des différences de F_1 à 25 % en fonction du facteur VILLE - Corpus C10-12

SEXE	PRE_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
F	P	609	8,89	53,90	[591 – 627]
H	P	518	8,57	54,46	[501 – 535]
F	A	601	8,33	54,98	[584 – 618]
H	A	512	8,06	54,69	[496 – 528]
F	L	575	7,87	53,96	[559 – 591]
H	L	499	7,59	54,51	[484 – 514]

Tableau 5 – Moyennes marginales estimées de F_1 à 25 % pour chaque combinaison des facteurs SEXE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
F,P – H,P	91	10,57	37,12	8,64	< 0,001
F,P – F,A	8	7,37	27,13	1,13	0,54
F,P – H,A	97	12	58,61	8,11	< 0,001
F,P – F,L	34	6,97	30	4,91	< 0,001
F,P – H,L	110	11,69	58,7	9,41	< 0,001
H,P – F,A	-83	11,95	58,73	-6,94	< 0,001
H,P – H,A	6	7,3	26,21	0,83	0,54
H,P – F,L	-57	11,63	58,85	-4,91	< 0,001
H,P – H,L	19	6,88	28,89	2,72	0,044
F,A – H,A	89	9,38	37,03	9,5	< 0,001
F,A – F,L	26	7,14	28,72	3,62	0,006
F,A – H,L	102	11,27	59,83	9,02	< 0,001

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
H,A – F,L	-63	11,26	59,78	-5,61	< 0,001
H,A – H,L	13	7,06	27,67	1,79	0,253
F,L – H,L	76	9,32	37,02	8,13	< 0,001

Tableau 6 – Comparaisons par paires des différences de F₁ à 25 % en fonction des facteurs SEXE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

50 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard	Formule :
(Constante de référence)	625,7	[604,2 – 647,2]	11,0	F1_50 ~ VILLE + SEXE + PRE_LIEU + SEXE:PRE_LIEU + VILLE:PRE_LIEU + (1+PRE_LIEU LOCUTEUR) + (1 MOT)
VILLE_QC	21,5	[1,1 – 41,9]	10,4	
SEXE_H	-101,1	[-121,5 – -80,7]	10,4	
PRE_LIEU_A	-17	[-36,2 – 2,2]	9,8	Références : SEXE = F VILLE = SG PRE_LIEU = P
PRE_LIEU_L	-34,5	[-51,5 – -17,4]	8,7	
SEXE_H:PRE_LIEU_A	5,6	[-5,1 – 16,4]	5,5	R² marginal : 0,56
SEXE_H:PRE_LIEU_L	14,7	[6,1 – 23,3]	4,4	R² conditionnel : 0,84
VILLE_QC:PRE_LIEU_A	-5,8	[-16,5 – 4,9]	5,5	
VILLE_QC:PRE_LIEU_L	5,3	[-3,3 – 13,9]	4,4	

Tableau 7 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₁ à 50 % - Corpus C10-12

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de F	Valeur de <i>p</i>
VILLE	3282	3282	1	37	4,53	0,040
SEXE	64053	64053	1	37	88,429	< 0,001
PRE_LIEU	6774	3387	2	22,687	4,676	0,020
SEXE:PRE_LIEU	8906	4453	2	35,997	6,147	0,005
VILLE:PRE_LIEU	4434	2217	2	35,994	3,061	0,059

Tableau 8 – Valeurs de *p* calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₁ à 50 % - Corpus C10-12

Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

SEXE	PRE_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
F	P	636	9,50	56,09	[617 – 655]
M	P	535	9,21	55,61	[517 – 554]
F	A	617	9,85	55,65	[597 – 636]
M	A	521	9,56	54,85	[502 – 540]
F	L	605	9,06	56,23	[587 – 623]
M	L	518	8,76	56,30	[501 – 536]

Tableau 9 – Moyennes marginales estimées de F₁ à 50 % pour chaque combinaison des facteurs SEXE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
F,P – M,P	101	10,4	37	9,73	< 0,001
F,P – F,A	20	9,36	27,97	2,12	0,213
F,P – M,A	115	13,48	59,75	8,56	< 0,001
F,P – F,L	32	8,39	25,86	3,79	0,005
F,P – M,L	118	12,93	59,34	9,15	< 0,001
M,P – F,A	-81	13,49	59,77	-6,02	< 0,001
M,P – M,A	14	9,28	27,11	1,53	0,41
M,P – F,L	-69	12,92	59,33	-5,36	< 0,001
M,P – M,L	17	8,34	25,24	2,05	0,213
F,A – M,A	95	10,58	37	9,03	< 0,001
F,A – F,L	12	8,73	25,97	1,37	0,41
F,A – M,L	98	13,19	59,24	7,46	< 0,001
M,A – F,L	-84	13,18	59,2	-6,34	< 0,001
M,A – M,L	3	8,67	25,32	0,33	0,742
F,L – M,L	86	10,26	37	8,42	< 0,001

Tableau 10 – Comparaisons par paires des différences de F₁ à 50 % en fonction des facteurs SEXE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

VILLE	PRE_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	P	575	9,36	55,90	[556 – 594]
QC	P	597	9,35	55,87	[578 – 615]
SG	A	561	9,71	55,27	[542 – 580]
QC	A	577	9,70	55,28	[557 – 596]
SG	L	548	8,92	56,28	[530 – 566]
QC	L	575	8,90	56,31	[557 – 593]

Tableau 11 – Moyennes marginales estimées de F₁ à 50 % pour chaque combinaison des facteurs VILLE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
SG,P – QC,P	-22	10,38	37	-2,07	0,37
SG,P – SG,A	14	9,32	27,54	1,52	0,982
SG,P – QC,A	-2	13,48	59,77	-0,11	1
SG,P – SG,L	27	8,36	25,55	3,24	0,046
SG,P – QC,L	0	12,92	59,35	0,02	1
QC,P – SG,A	36	13,48	59,74	2,65	0,135
QC,P – QC,A	20	9,32	27,52	2,14	0,37
QC,P – SG,L	49	12,92	59,34	3,76	0,006
QC,P – QC,L	22	8,36	25,53	2,61	0,165
SG,A – QC,A	-16	10,56	37	-1,49	0,982
SG,A – SG,L	13	8,7	25,63	1,49	0,982
SG,A – QC,L	-14	13,17	59,21	-1,05	1
QC,A – SG,L	29	13,17	59,23	2,17	0,337
QC,A – QC,L	2	8,7	25,64	0,21	1
SG,L – QC,L	-27	10,25	37	-2,62	0,154

Tableau 12 – Comparaisons par paires des différences de F₁ à 50 % en fonction des facteurs VILLE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

75 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard	Formule :
(Constante de référence)	583,5	[552,0 – 615,0]	16,1	$F1_{75} \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{POST_LIEU} + \text{VILLE:SEXE} + \text{SEXE:POST_LIEU} + \text{VILLE:POST_LIEU} + \text{VILLE:SEXE:POST_LIEU} + (1+\text{POST_LIEU} \text{LOCUTEUR}) + (1 \text{MOT})$
VILLE_QC	9,3	[-26,3 – 44,9]	18,2	
SEXE_H	-92,5	[-127,4 – -57,7]	17,8	
POST_LIEU_A	20,2	[-4,1 – 44,6]	12,4	
POST_LIEU_L	26,9	[-8,5 – 62,2]	18	
VILLE_QC:SEXE_H	-4,8	[-53,9 – 44,3]	25,1	
SEXE_H:POST_LIEU_A	-4,4	[-20,8 – 12,0]	8,4	
SEXE_H:POST_LIEU_L	-8,4	[-30,8 – 14,1]	11,5	
VILLE_QC:POST_LIEU_A	-20,5	[-37,2 – -3,7]	8,6	
VILLE_QC:POST_LIEU_L	-13,3	[-36,3 – 9,7]	11,7	
VILLE_QC:SEXE_H:POST_LIEU_A	29,5	[6,4 – 52,5]	11,8	
VILLE_QC:SEXE_H:POST_LIEU_L	21,7	[-9,8 – 53,3]	16,1	

Références : SEXE = F | VILLE = SG | PRE_LIEU = P | POST_LIEU = P

R² marginal : 0,42

R² conditionnel : 0,76

Tableau 13 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₁ à 75 % - Corpus C10-12

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de F	Valeur de p
VILLE	156	156	1	36,007	0,13	0,717
SEXE	73633	73633	1	36,007	62,91	< 0,001
POST_LIEU	2806	1403	2	22,327	1,20	0,320
VILLE:SEXE	338	338	1	36,012	0,29	0,594
SEXE:POST_LIEU	4114	2057	2	34,945	1,76	0,187
VILLE:POST_LIEU	1146	573	2	34,939	0,49	0,617
VILLE:SEXE:POST_LIEU	7126	3563	2	34,973	3,04	0,060

Tableau 14 – Valeurs de p calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₁ à 75 % - Corpus C10-12

Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

VILLE	SEXE	POST_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	F	P	583	16,07	55,82	[551 – 616]
QC	F	P	593	15,49	55,58	[562 – 624]
SG	M	P	491	15,01	55,34	[461 – 521]
QC	M	P	495	15,49	55,58	[464 – 527]
SG	F	A	604	12,73	50,08	[578 – 629]
QC	F	A	593	12,21	51,14	[568 – 617]
SG	M	A	507	11,76	52,02	[483 – 530]
QC	M	A	520	12,21	51,11	[496 – 545]
SG	F	L	610	18,79	52,52	[573 – 648]
QC	F	L	606	18,23	50,42	[570 – 643]
SG	M	L	509	17,81	48,88	[474 – 545]
QC	M	L	522	18,23	50,42	[486 – 559]

Tableau 15 – Moyennes marginales estimées de F₁ à 75 % pour chaque combinaison des facteurs VILLE, SEXE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

Annexe 9

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
SG,F,A – QC,M,L	81	22,24	59,71	3,66	0,02
SG,F,P – QC,M,A	63	20,18	59,62	3,13	0,092
SG,F,P – QC,M,L	61	24,3	59,74	2,51	0,455
SG,M,A – QC,F,L	-100	21,7	58,54	-4,59	0,001
SG,M,P – QC,F,A	-102	19,35	59,81	-5,25	< 0,001
SG,M,P – QC,F,L	-115	23,62	57,86	-4,88	< 0,001
QC,F,A – SG,M,L	83	21,6	58,46	3,85	0,012
QC,F,P – SG,M,A	86	19,45	59,72	4,42	0,002
QC,F,P – SG,M,L	83	23,61	57,89	3,53	0,03
QC,M,A – SG,F,L	-90	22,41	60,19	-4,02	0,007
QC,M,P – SG,F,A	-108	20,05	59,57	-5,4	< 0,001
QC,M,P – SG,F,L	-115	24,35	59,96	-4,72	< 0,001
SG,F,A – QC,M,A	83	15,76	35,99	5,29	< 0,001
SG,F,L – QC,M,L	88	18,71	36,18	4,7	0,002
SG,F,P – QC,M,P	88	18,18	36,17	4,84	0,001
QC,F,A – SG,M,A	86	14,99	36,01	5,72	< 0,001
QC,F,L – SG,M,L	97	17,73	35,77	5,46	< 0,001
QC,F,P – SG,M,P	102	17,25	35,88	5,9	< 0,001
SG,F,A – QC,F,L	-3	22,24	59,71	-0,12	1
SG,F,P – QC,F,A	-9	20,18	59,63	-0,45	1
SG,F,P – QC,F,L	-23	24,3	59,74	-0,94	1
SG,M,A – QC,M,L	-16	21,7	58,54	-0,72	1
SG,M,P – QC,M,A	-29	19,35	59,79	-1,52	1
SG,M,P – QC,M,L	-31	23,62	57,86	-1,33	1
QC,F,A – SG,F,L	-18	22,41	60,2	-0,8	1
QC,F,P – SG,F,A	-11	20,05	59,57	-0,55	1
QC,F,P – SG,F,L	-18	24,35	59,96	-0,72	1
QC,M,A – SG,M,L	11	21,6	58,45	0,5	1
QC,M,P – SG,M,A	-11	19,45	59,72	-0,58	1
QC,M,P – SG,M,L	-14	23,61	57,89	-0,59	1
SG,F,A – QC,F,A	11	15,76	36,01	0,71	1
SG,F,L – QC,F,L	4	18,71	36,21	0,22	1
SG,F,P – QC,F,P	-9	18,18	36,16	-0,51	1
SG,M,A – QC,M,A	-14	14,99	35,99	-0,9	1
SG,M,L – QC,M,L	-13	17,73	35,77	-0,73	1
SG,M,P – QC,M,P	-5	17,25	35,88	-0,26	1
SG,F,A – SG,M,L	94	21,9	59,12	4,3	0,003
SG,F,P – SG,M,A	77	19,92	59,68	3,85	0,012
SG,F,P – SG,M,L	74	23,99	58,99	3,09	0,102
SG,M,A – SG,F,L	-104	22,17	59,7	-4,67	< 0,001
SG,M,P – SG,F,A	-113	19,69	59,7	-5,73	< 0,001
SG,M,P – SG,F,L	-119	24,05	59,18	-4,97	< 0,001
QC,F,A – QC,M,L	70	21,95	59,12	3,2	0,078
QC,F,P – QC,M,A	72	19,72	59,68	3,67	0,02
QC,F,P – QC,M,L	70	23,92	58,71	2,94	0,149
QC,M,A – QC,F,L	-86	21,94	59,11	-3,92	0,01
QC,M,P – QC,F,A	-97	19,72	59,7	-4,92	< 0,001
QC,M,P – QC,F,L	-111	23,92	58,71	-4,63	0,001
SG,F,A – SG,M,A	97	15,42	35,99	6,29	< 0,001
SG,F,L – SG,M,L	101	18,3	36,21	5,51	< 0,001
SG,F,P – SG,M,P	93	17,77	36,1	5,21	< 0,001
QC,F,A – QC,M,A	72	15,34	36,01	4,71	0,002
QC,F,L – QC,M,L	84	18,15	35,8	4,62	0,002
QC,F,P – QC,M,P	97	17,67	35,96	5,51	< 0,001
SG,F,A – SG,F,L	-7	15,99	30,96	-0,42	1

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
SG,F,P – SG,F,A	-20	12,43	33,18	-1,63	1
SG,F,P – SG,F,L	-27	18,05	31,45	-1,49	1
SG,M,A – SG,M,L	-3	15,6	28,49	-0,17	1
SG,M,P – SG,M,A	-16	12,09	30,31	-1,31	1
SG,M,P – SG,M,L	-19	17,58	28,75	-1,05	1
QC,F,A – QC,F,L	-14	15,75	29,41	-0,87	1
QC,F,P – QC,F,A	0	12,23	31,52	0,02	1
QC,F,P – QC,F,L	-14	17,76	29,75	-0,76	1
QC,M,A – QC,M,L	-2	15,74	29,4	-0,13	1
QC,M,P – QC,M,A	-25	12,23	31,5	-2,03	1
QC,M,P – QC,M,L	-27	17,76	29,73	-1,52	1

Tableau 16 – Comparaisons par paires des différences de F₁ à 75 % en fonction des facteurs VILLE, SEXE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

F₂

25 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard	Formule :
(Constante de référence)	1241,9	[1152,9 – 1330,8]	45,4	F2_25 ~ VILLE + SEXE + PRE_LIEU + POST_LIEU + SEXE:PRE_LIEU + VILLE:POST_LIEU + (1+PRE_LIEU+POST_LIEU LOCUTEUR) + (1 MOT)
VILLE_QC	108,2	[64,4 – 152,0]	22,3	
SEXE_H	-155,8	[-196,2 – -115,4]	20,6	
PRE_LIEU_A	215,2	[135,2 – 295,2]	40,8	
PRE_LIEU_L	-45,2	[-118,0 – -27,7]	37,2	
POST_LIEU_A	-18,4	[-90,7 – 54,0]	36,9	
POST_LIEU_L	-48,5	[-154,4 – 57,3]	54	
SEXE_H:PRE_LIEU_A	-105,6	[-137,3 – -74,0]	16,2	
SEXE_H:PRE_LIEU_L	-38,2	[-64,2 – -12,2]	13,3	
VILLE_QC:POST_LIEU_A	24,5	[5,8 – 43,2]	9,6	
VILLE_QC:POST_LIEU_L	2,3	[-26,7 – 31,3]	14,8	

Références : SEXE = F | VILLE = SG | PRE_LIEU = P | POST_LIEU = P

R² marginal : 0,64
R² conditionnel : 0,90

Tableau 17 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₂ à 25 % - Corpus C10-12

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de F	Valeur de p
VILLE	119484	119484	1	37,026	33,54	< 0,001
SEXE	390129	390129	1	37,005	109,50	< 0,001
PRE_LIEU	133019	66509	2	20,972	18,67	< 0,001
POST_LIEU	3150	1575	2	20,128	0,44	0,649
SEXE:PRE_LIEU	136039	68019	2	36,867	19,09	< 0,001
VILLE:POST_LIEU	26693	13346	2	36,829	3,746	0,033

Tableau 18 – Valeurs de p calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₂ à 25 % - Corpus C10-12

Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

SEXE	PRE_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
F	P	1278	33,51	30,03	[1210 – 1347]
M	P	1122	33,16	29,08	[1055 – 1190]
F	A	1493	33,35	29,32	[1425 – 1562]
M	A	1232	33,02	28,42	[1164 – 1299]
F	L	1233	30,26	32,31	[1171 – 1295]
M	L	1039	29,90	31,19	[978 – 1100]

Tableau 19 – Moyennes marginales estimées de F₂ à 25 % pour chaque combinaison des facteurs SEXE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
F,P – M,P	156	21,68	37,06	7,19	< 0,001
F,P – F,A	-215	40,91	23,14	-5,26	< 0,001
F,P – M,A	46	44,48	30,66	1,04	0,714
F,P – F,L	45	37,24	22,32	1,21	0,714
F,P – M,L	239	41,85	32,8	5,72	< 0,001
M,P – F,A	-371	44,46	30,63	-8,34	< 0,001
M,P – M,A	-110	40,73	22,79	-2,69	0,075
M,P – F,L	-111	41,84	32,76	-2,65	0,075
M,P – M,L	83	37,12	22,06	2,25	0,14
F,A – M,A	261	21,01	37,04	12,44	< 0,001
F,A – F,L	260	38,26	22,52	6,81	< 0,001
F,A – M,L	454	42,4	31,72	10,72	< 0,001
M,A – F,L	-1	42,4	31,7	-0,03	0,979
M,A – M,L	193	38,11	22,22	5,06	< 0,001
F,L – M,L	194	21,49	37,06	9,03	< 0,001

Tableau 20 – Comparaisons par paires des différences de F₂ à 25 % en fonction des facteurs SEXE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

VILLE	POST_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	P	1197	34,98	29,75	[1125 – 1268]
QC	P	1305	34,97	29,72	[1233 – 1376]
SG	A	1178	23,74	40,55	[1130 – 1226]
QC	A	1311	23,72	40,48	[1263 – 1359]
SG	L	1148	45,21	23,36	[1055 – 1242]
QC	L	1259	45,23	23,39	[1165 – 1352]

Tableau 21 – Moyennes marginales estimées de F₂ à 25 % pour chaque combinaison des facteurs VILLE et POST_LIEU - Corpus C10-12

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
SG,P – QC,P	-108	23,53	37,14	-4,6	< 0,001
SG,P – SG,A	18	36,95	20,77	0,5	1
SG,P – QC,A	-114	42,56	33,04	-2,69	0,112
SG,P – SG,L	49	54,06	20,9	0,9	1
SG,P – QC,L	-62	57,32	25,63	-1,08	1
QC,P – SG,A	127	42,56	33,05	2,98	0,06
QC,P – QC,A	-6	36,96	20,78	-0,17	1
QC,P – SG,L	157	57,3	25,59	2,74	0,112

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
QC,P – QC,L	46	54,09	20,94	0,85	1
SG,A – QC,A	-133	20,94	37,04	-6,34	< 0,001
SG,A – SG,L	30	47,85	20,85	0,63	1
SG,A – QC,L	-80	51,25	26,45	-1,57	1
QC,A – SG,L	163	51,23	26,41	3,18	0,045
QC,A – QC,L	52	47,87	20,89	1,09	1
SG,L – QC,L	-111	20,25	37,05	-5,46	< 0,001

Tableau 22 – Comparaisons par paires des différences de F₁ à 25 % en fonction des facteurs VILLE et POST_LIEU - Corpus C10-12

50 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard	Formule :
(Constante de référence)	1307,3	[1245,9 – 1368,6]	31,3	F2_50 ~ VILLE + SEXE + PRE_LIEU + SEXE:PRE_LIEU + (1+PRE_LIEU LOCUTEUR) + (1 MOT)
VILLE_QC	120,3	[74,9 – 165,6]	23,1	
SEXE_H	-207,5	[-255,1 – -159,8]	24,3	Références : SEXE = F VILLE = SG PRE_LIEU = P
PRE_LIEU_A	87,2	[18,8 – 155,7]	34,9	
PRE_LIEU_L	-53,9	[-116,1 – 8,2]	31,7	R ² marginal : 0,59
SEXE_H:PRE_LIEU_A	-44,6	[-71,4 – -17,8]	13,7	
SEXE_H:PRE_LIEU_L	-3,5	[-25,2 – 18,2]	11,1	R ² conditionnel : 0,88

Tableau 23 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₂ à 50 % - Corpus C10-12

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de F	Valeur de p
VILLE	350901	350901	1	37,00	92,87	< 0,001
SEXE	52243	26121	2	22,63	6,91	0,005
PRE_LIEU	92216	92216	1	37,00	24,41	< 0,001
SEXE:PRE_LIEU	47054	23527	2	37,00	6,23	0,005

Tableau 24 – Valeurs de p calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₂ à 50 % - Corpus C10-12

Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

VILLE	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	1207	21,31	57,90	[1164 – 1249]
QC	1327	21,27	57,90	[1284 – 1369]

Tableau 25 – Moyennes marginales estimées de F₂ à 50 % pour chaque niveau du facteur VILLE - Corpus C10-12

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
SG – QC	-120	24,35	37	-4,94	< 0,001

Tableau 26 – Comparaisons par paires des différences de F₂ à 50 % en fonction du facteur VILLE - Corpus C10-12

SEXE	PRE_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. I.	Intervalle de confiance
F	P	1367	28,86	44,48	[1309 – 1426]
M	P	1160	28,34	42,67	[1103 – 1217]
F	A	1455	30,33	42,79	[1393 – 1516]
M	A	1203	29,82	41,02	[1142 – 1263]
F	L	1313	26,73	47,74	[1260 – 1367]
M	L	1102	26,20	45,90	[1050 – 1155]

Tableau 27 – Moyennes marginales estimées de F₂ à 50 % pour chaque combinaison des facteurs SEXE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. I.	Valeur de t	Valeur de p
F,P – M,P	207	24,31	37,02	8,53	< 0,001
F,P – F,A	-87	34,91	24,78	-2,5	0,078
F,P – M,A	165	41,51	43,59	3,97	0,002
F,P – F,L	54	31,71	23,95	1,7	0,246
F,P – M,L	265	38,99	45,96	6,8	< 0,001
M,P – F,A	-295	41,53	43,63	-7,1	< 0,001
M,P – M,A	-43	34,77	24,41	-1,23	0,246
M,P – F,L	-154	38,97	45,91	-3,94	0,002
M,P – M,L	57	31,62	23,67	1,82	0,246
F,A – M,A	252	24,8	37,04	10,17	< 0,001
F,A – F,L	141	33,18	24,6	4,26	0,002
F,A – M,L	352	40,09	45,06	8,78	< 0,001
M,A – F,L	-111	40,05	44,96	-2,77	0,041
M,A – M,L	100	33,05	24,25	3,03	0,035
F,L – M,L	211	23,76	37,01	8,88	< 0,001

Tableau 28 – Comparaisons par paires des différences de F₁ à 25 % en fonction des facteurs VILLE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

75 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard	Formule :
(Constante de référence)	1413	[1344,7 – 1481,2]	34,8	F2_75 ~ VILLE + SEXE + POST_LIEU + SEXE:POST_LIEU + (1+POST_LIEU LOCUTEUR) + (1 MOT)
VILLE_QC	94,2	[56,7 – 131,8]	19,2	
SEXE_H	-214,8	[-286,2 – -143,4]	36,4	Références : SEXE = F VILLE = SG POST_LIEU = P
POST_LIEU_A	55,6	[-3,8 – 115,0]	30,3	
POST_LIEU_L	-169,6	[-249,6 – -89,7]	40,8	
SEXE_H:POST_LIEU_A	-40,5	[-91,0 – 10,0]	25,8	R ² marginal : 0,59
SEXE_H:POST_LIEU_L	3,6	[-51,8 – 58,9]	28,3	R ² conditionnel : 0,84

Tableau 29 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₂ à 75 % - Corpus C10-12

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de F	Valeur de <i>p</i>
VILLE	126517	126517	1	37,01	21,81	< 0,001
SEXE	532262	532262	1	37,16	91,73	< 0,001
POST_LIEU	225947	112973	2	26,48	19,47	< 0,001
SEXE:POST_LIEU	44193	22097	2	36,96	3,81	0,031

Tableau 30 – Valeurs de *p* calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₂ à 75 % - Corpus C10-12
Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

VILLE	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	1261	19,95	61,42	[1222 – 1301]
QC	1356	19,94	61,46	[1316 – 1396]

Tableau 31 – Moyennes marginales estimées de F₂ à 75 % pour chaque niveau du facteur VILLE - Corpus C10-12

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
SG – QC	-94	20,18	37,01	-4,67	< 0,001

Tableau 32 – Comparaisons par paires des différences de F₂ à 75 % en fonction du facteur VILLE - Corpus C10-12

SEXE	POST_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
F	P	1460	33,33	56,94	[1393 – 1527]
M	P	1245	32,32	56,45	[1181 – 1310]
F	A	1516	20,69	56,67	[1474 – 1557]
M	A	1260	20,05	56,31	[1220 – 1301]
F	L	1290	32,46	30,45	[1224 – 1357]
M	L	1079	32,15	29,52	[1014 – 1145]

Tableau 33 – Moyennes marginales estimées de F₂ à 75 % pour chaque combinaison des facteurs SEXE et POST_LIEU - Corpus C10-12

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
F,P – M,P	215	36,41	37,55	5,9	< 0,001
F,P – F,A	-56	30,32	42,71	-1,84	0,294
F,P – M,A	200	38,9	63,96	5,13	< 0,001
F,P – F,L	170	40,78	33,11	4,16	0,001
F,P – M,L	381	46,32	47,91	8,22	< 0,001
M,P – F,A	-270	38,38	64,15	-7,05	< 0,001
M,P – M,A	-15	29,76	40,87	-0,51	0,987
M,P – F,L	-45	45,81	46,88	-0,99	0,987
M,P – M,L	166	40,31	31,92	4,12	0,001
F,A – M,A	255	22,79	37,12	11,2	< 0,001
F,A – F,L	225	33,77	25,95	6,67	< 0,001
F,A – M,L	436	38,24	39,58	11,41	< 0,001

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
M,A – F,L	-30	38,16	39,32	-0,79	0,987
M,A – M,L	181	33,57	25,4	5,4	< 0,001
F,L – M,L	211	20,68	37,02	10,22	< 0,001

Tableau 34 – Comparaisons par paires des différences de F₂ à 75 % en fonction des facteurs SEXE et POST_LIEU - Corpus C10-12

F₃

25 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard	Formule :
(Constante de référence)	2657,9	[2574,4 – 2741,5]	42,6	F3_25 ~ SEXE + PRE_LIEU + SEXE:PRE_LIEU + (1+PRE_LIEU LOCUTEUR) + (1 MOT)
SEXE_H	-277	[-373,5 – -180,5]	49,2	
PRE_LIEU_A	53,9	[-17,8 – 125,6]	36,6	
PRE_LIEU_L	13,2	[-54,8 – 81,3]	34,7	
SEXE_H:PRE_LIEU_A	16,8	[-18,5 – 52,1]	18	
SEXE_H:PRE_LIEU_L	54,8	[14,2 – 95,4]	20,7	

Références : SEXE = F | PRE_LIEU = P
R² marginal : 0,32
R² conditionnel : 0,85

Tableau 35 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₃ à 25 % - Corpus C10-12

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de F	Valeur de <i>p</i>
SEXE	234325	234325	1	38,00	30,964	< 0,001
PRE_LIEU	31656	15828	2	24,28	2,092	0,145
SEXE:PRE_LIEU	196782	98391	2	37,00	13,002	< 0,001

Tableau 36 – Valeurs de *p* calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₃ à 25 % - Corpus C10-12

Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

SEXE	PRE_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
F	P	2686	44,27	58,33	[2597 – 2774]
M	P	2375	42,83	58,46	[2289 – 2460]
F	A	2734	43,79	58,20	[2646 – 2821]
M	A	2482	42,48	57,63	[2397 – 2567]
F	L	2665	41,13	57,91	[2583 – 2748]
M	L	2448	39,74	58,30	[2368 – 2527]

Tableau 37 – Moyennes marginales estimées de F₃ à 25 % pour chaque combinaison des facteurs SEXE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
F,P – M,P	311	50,11	38	6,2	< 0,001
F,P – F,A	-48	39,65	26,42	-1,21	0,71
F,P – M,A	203	61,36	61,16	3,32	0,012
F,P – F,L	20	36,94	28,03	0,55	0,779

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
F,P – M,L	238	59,5	61,66	4	0,002
M,P – F,A	-359	61,26	61,18	-5,86	< 0,001
M,P – M,A	-107	39,41	25,83	-2,73	0,068
M,P – F,L	-291	59,38	61,71	-4,9	< 0,001
M,P – M,L	-73	36,67	27,3	-1,99	0,281
F,A – M,A	251	47,49	38	5,3	< 0,001
F,A – F,L	68	39,66	31,37	1,72	0,383
F,A – M,L	286	59,14	63,63	4,83	< 0,001
M,A – F,L	-183	59,13	63,62	-3,1	0,02
M,A – M,L	34	39,26	30,32	0,87	0,779
F,L – M,L	218	47,37	38	4,59	< 0,001

Tableau 38 – Comparaisons par paires des différences de F₃ à 25 % en fonction des facteurs SEXE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

50 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard	Formule :
(Constante de référence)	2657,9	[2574,4 – 2741,5]	42,6	F3_50 ~ SEXE + PRE_LIEU + SEXE:PRE_LIEU + (1+PRE_LIEU LOCUTEUR) + (1 MOT)
SEXE_H	-277	[-373,5 – -180,5]	49,2	
PRE_LIEU_A	53,9	[-17,8 – 125,6]	36,6	
PRE_LIEU_L	13,2	[-54,8 – 81,3]	34,7	
SEXE_H:PRE_LIEU_A	16,8	[-18,5 – 52,1]	18	
SEXE_H:PRE_LIEU_L	54,8	[14,2 – 95,4]	20,7	

Références : SEXE = F | PRE_LIEU = P

R² marginal : 0,34

R² conditionnel : 0,86

Tableau 39 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₃ à 50 % - Corpus C10-12

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de F	Valeur de <i>p</i>
SEXE	219854	219854,00	1,00	38,00	29,13	< 0,001
PRE_LIEU	24785	12392,00	2,00	24,38	1,6418	0,214
SEXE:PRE_LIEU	51570	25785,00	2,00	37,00	3,42	0,044

Tableau 40 – Valeurs de *p* calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₃ à 50 % - Corpus C10-12

Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

SEXE	PRE_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
F	P	2658	42,63	57,63	[2573 – 2743]
M	P	2381	41,18	58,03	[2298 – 2463]
F	A	2712	43,23	58,17	[2625 – 2798]
M	A	2452	41,83	58,17	[2368 – 2535]
F	L	2671	40,09	56,75	[2591 – 2751]
M	L	2449	38,68	57,42	[2371 – 2526]

Tableau 41 – Moyennes marginales estimées de F₃ à 50 % pour chaque combinaison des facteurs SEXE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
F,P – M,P	277	49,23	38	5,63	< 0,001
F,P – F,A	-54	36,57	26,25	-1,47	0,61
F,P – M,A	206	59,72	60,84	3,46	0,007
F,P – F,L	-13	34,72	29,73	-0,38	1
F,P – M,L	209	57,56	61,54	3,63	0,005
M,P – F,A	-331	59,7	60,86	-5,54	< 0,001
M,P – M,A	-71	36,34	25,65	-1,94	0,347
M,P – F,L	-290	57,48	61,58	-5,05	< 0,001
M,P – M,L	-68	34,41	28,83	-1,98	0,347
F,A – M,A	260	48,72	38	5,34	< 0,001
F,A – F,L	41	36,6	31,22	1,11	0,826
F,A – M,L	263	58,01	62,83	4,53	< 0,001
M,A – F,L	-220	57,94	62,84	-3,79	0,003
M,A – M,L	3	36,23	30,17	0,07	1
F,L – M,L	222	47,25	38	4,7	< 0,001

Tableau 42 – Comparaisons par paires des différences de F₃ à 50 % en fonction des facteurs SEXE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

75 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard	Formule :
(Constante de référence)	2594,7	[2478,7 – 2710,7]	59,2	$F3_{75} \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{PRE_LIEU} + \text{POST_LIEU} + \text{SEXE}:\text{PRE_LIEU} + \text{VILLE}:\text{POST_LIEU} + (1+\text{PRE_LIEU}+\text{POST_LIEU} \text{LOCUTEUR}) + (1 \text{MOT})$
VILLE_QC	-26,8	[-114,8 – 61,2]	44,9	
SEXE_H	-281,9	[-377,8 – -186,1]	48,9	
PRE_LIEU_A	27,3	[-53,3 – 107,9]	41,1	
PRE_LIEU_L	7,6	[-66,0 – 81,3]	37,6	
POST_LIEU_A	64,2	[-13,7 – 142,1]	39,8	
POST_LIEU_L	143,8	[35,0 – 252,6]	55,5	
SEXE_H:PRE_LIEU_A	13	[-22,5 – 48,5]	18,1	
SEXE_H:PRE_LIEU_L	53,7	[23,0 – 84,5]	15,7	
VILLE_QC:POST_LIEU_A	38,5	[-6,6 – 83,6]	23	
VILLE_QC:POST_LIEU_L	-25,2	[-71,9 – 21,6]	23,9	

Références : SEXE = F | VILLE = SG | PRE_LIEU = P | POST_LIEU = P

R² marginal : 0,34
R² conditionnel : 0,84

Tableau 43 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₃ à 75 % - Corpus C10-12

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de F	Valeur de <i>p</i>
VILLE	2103	2103	1	37,01	0,23	0,634
SEXE	268212	268212	1	37,022	29,3948	< 0,001
PRE_LIEU	9706	4853	2	20,61	0,5319	0,595
POST_LIEU	64941	32470	2	21,205	3,5586	0,046
SEXE:PRE_LIEU	96464	48232	2	36,945	5,286	0,010
VILLE:POST_LIEU	72737	36369	2	36,811	3,9858	0,027

Tableau 44 – Valeurs de *p* calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₃ à 75 % - Corpus C10-12

Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

SEXE	PRE_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
F	P	2653	47,00	54,31	[2559 – 2747]
M	P	2371	45,58	53,32	[2280 – 2462]
F	A	2680	45,21	52,96	[2589 – 2771]
M	A	2411	43,94	51,64	[2323 – 2499]
F	L	2660	42,79	55,02	[2575 – 2746]
M	L	2432	41,43	54,27	[2349 – 2515]

Tableau 45 – Moyennes marginales estimées de F₃ à 75 % pour chaque combinaison des facteurs SEXE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
F,P – M,P	282	51,47	37,07	5,48	< 0,001
F,P – F,A	-27	41,24	22,79	-0,66	1
F,P – M,A	242	63,18	56,28	3,83	0,003
F,P – F,L	-8	37,66	22,23	-0,2	1
F,P – M,L	221	61,26	56,94	3,6	0,005
M,P – F,A	-309	63,03	56,22	-4,91	< 0,001
M,P – M,A	-40	41,02	22,37	-0,98	1
M,P – F,L	-290	61,12	56,96	-4,74	< 0,001
M,P – M,L	-61	37,48	21,87	-1,64	0,695
F,A – M,A	269	47,91	37,03	5,61	< 0,001
F,A – F,L	20	39,45	24,06	0,5	1
F,A – M,L	248	60,24	57,25	4,11	0,001
M,A – F,L	-249	60,26	57,3	-4,14	0,001
M,A – M,L	-21	39,18	23,51	-0,54	1
F,L – M,L	228	47,83	37,02	4,77	< 0,001

Tableau 46 – Comparaisons par paires des différences de F₃ à 75 % en fonction des facteurs SEXE et PRE_LIEU - Corpus C10-12

VILLE	POST_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	P	2476	45,51	51,71	[2385 – 2568]
QC	P	2450	45,45	51,64	[2358 – 2541]
SG	A	2541	40,01	54,52	[2460 – 2621]
QC	A	2552	39,94	54,50	[2472 – 2632]
SG	L	2620	54,47	39,55	[2510 – 2730]
QC	L	2568	54,52	39,72	[2458 – 2679]

Tableau 47 – Moyennes marginales estimées de F₃ à 75 % pour chaque combinaison des facteurs VILLE et POST_LIEU - Corpus C10-12

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
SG,P – QC,P	27	47,27	37,01	0,57	1
SG,P – SG,A	-64	39,95	26,28	-1,61	1
SG,P – QC,A	-76	60,71	58,89	-1,25	1
SG,P – SG,L	-144	55,65	22,24	-2,58	0,242
SG,P – QC,L	-92	71,14	45,02	-1,29	1
QC,P – SG,A	-91	60,71	58,92	-1,5	1
QC,P – QC,A	-103	39,95	26,27	-2,57	0,242

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
QC,P – SG,L	-171	71,06	44,82	-2,4	0,268
QC,P – QC,L	-119	55,74	22,38	-2,13	0,534
SG,A – QC,A	-12	50,32	37,05	-0,23	1
SG,A – SG,L	-80	49,31	22,28	-1,61	1
SG,A – QC,L	-28	67,88	50,93	-0,41	1
QC,A – SG,L	-68	67,79	50,66	-1	1
QC,A – QC,L	-16	49,41	22,44	-0,32	1
SG,L – QC,L	52	48,01	37,04	1,08	1

Tableau 48 – Comparaisons par paires des différences de F₃ à 75 % en fonction des facteurs VILLE et POST_LIEU - Corpus C10-12

Annexe 10 : Compléments aux résultats descriptifs pour le corpus C16-17

Groupe	Point de mesure	Formant	Moyenne (Hz)	Écart-type (Hz)	Minimum (Hz)	Maximum (Hz)	Étendue (Hz)
SG/F	25%	F ₁	583	60	417	755	338
		F ₂	1318	180	952	1839	887
		F ₃	2814	228	2188	3462	1274
	50%	F ₁	616	55	448	813	365
		F ₂	1337	152	1015	1783	768
		F ₃	2811	222	2170	3360	1190
	75%	F ₁	607	61	374	810	436
		F ₂	1429	165	1023	2042	1019
		F ₃	2802	229	2160	3349	1189
LY/F	25%	F ₁	613	53	428	781	353
		F ₂	1464	154	1036	1822	786
		F ₃	2683	177	2187	3201	1014
	50%	F ₁	620	47	446	813	367
		F ₂	1490	132	1093	1855	762
		F ₃	2671	165	2212	3150	938
	75%	F ₁	580	49	429	768	339
		F ₂	1558	159	1093	1959	866
		F ₃	2689	171	2209	3200	991
SG/M	25%	F ₁	513	47	341	732	391
		F ₂	1155	150	845	1550	705
		F ₃	2449	149	2005	3286	1281
	50%	F ₁	538	47	381	794	413
		F ₂	1153	107	889	1521	632
		F ₃	2461	133	2050	3160	1110
	75%	F ₁	528	52	344	717	373
		F ₂	1226	120	869	1656	787
		F ₃	2466	151	1967	3064	1097
LY/M	25%	F ₁	494	42	354	621	267
		F ₂	1278	141	867	1676	809
		F ₃	2277	147	1797	2786	989
	50%	F ₁	499	38	382	611	229
		F ₂	1300	113	927	1645	718
		F ₃	2278	131	1748	2732	984
	75%	F ₁	466	43	315	589	274
		F ₂	1369	132	920	1847	927
		F ₃	2284	137	1733	2770	1037

Tableau 1 – Valeurs moyennes et dispersion de F₁, F₂ et F₃ à 25, 50 et 75 % de la durée vocalique en fonction de chaque combinaison des facteurs VILLE et SEXE - Corpus C16-17

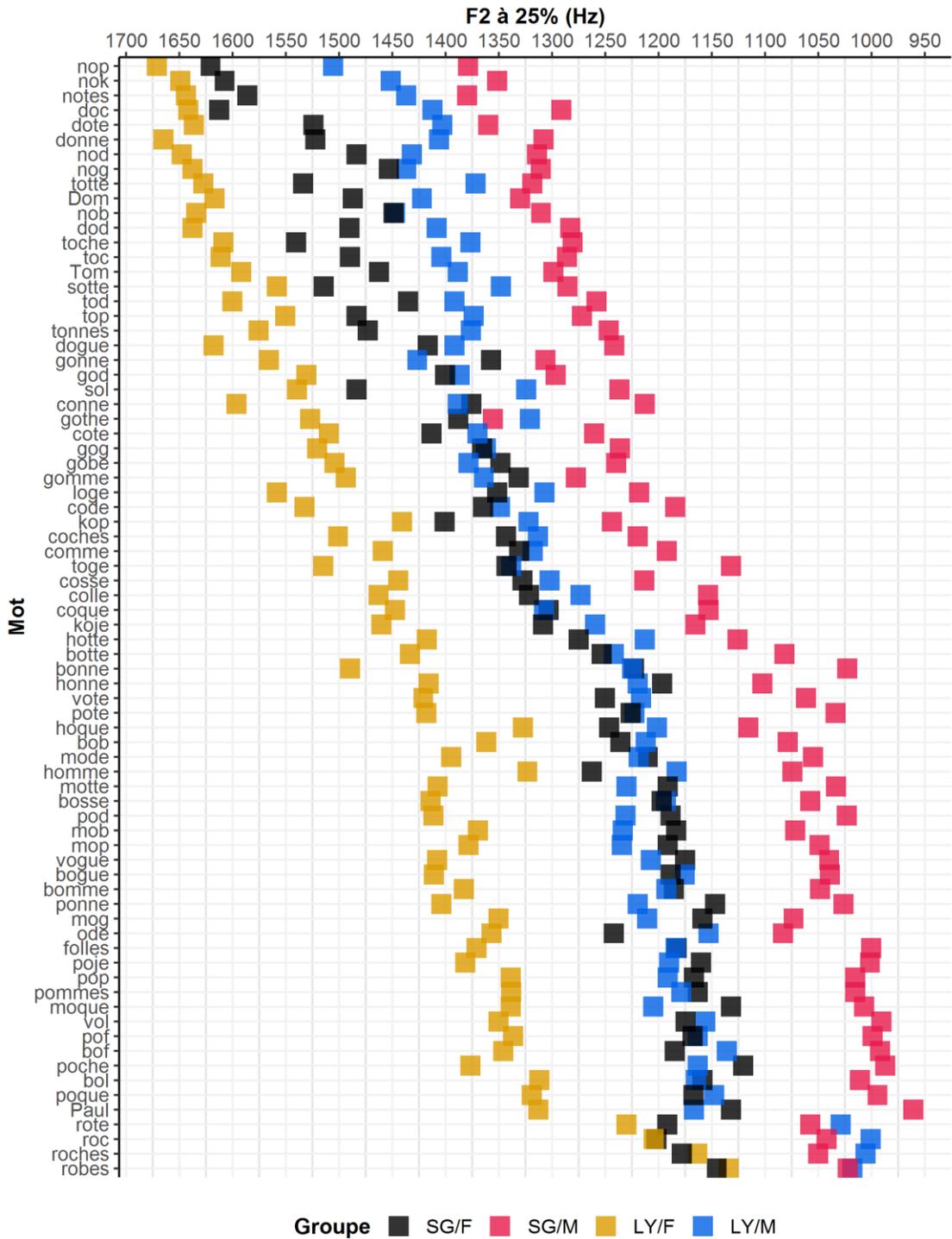


Figure 1 – Valeurs moyennes de F₂ à 25 % de la durée vocalique pour chacun des groupes constitués des croisements des facteurs VILLE et SEXE en fonction du mot - Corpus C16-17
 L'ordre des mots est déterminé par le F₂ moyen à 25 % qui caractérise chacun d'eux, sans égard au groupe.

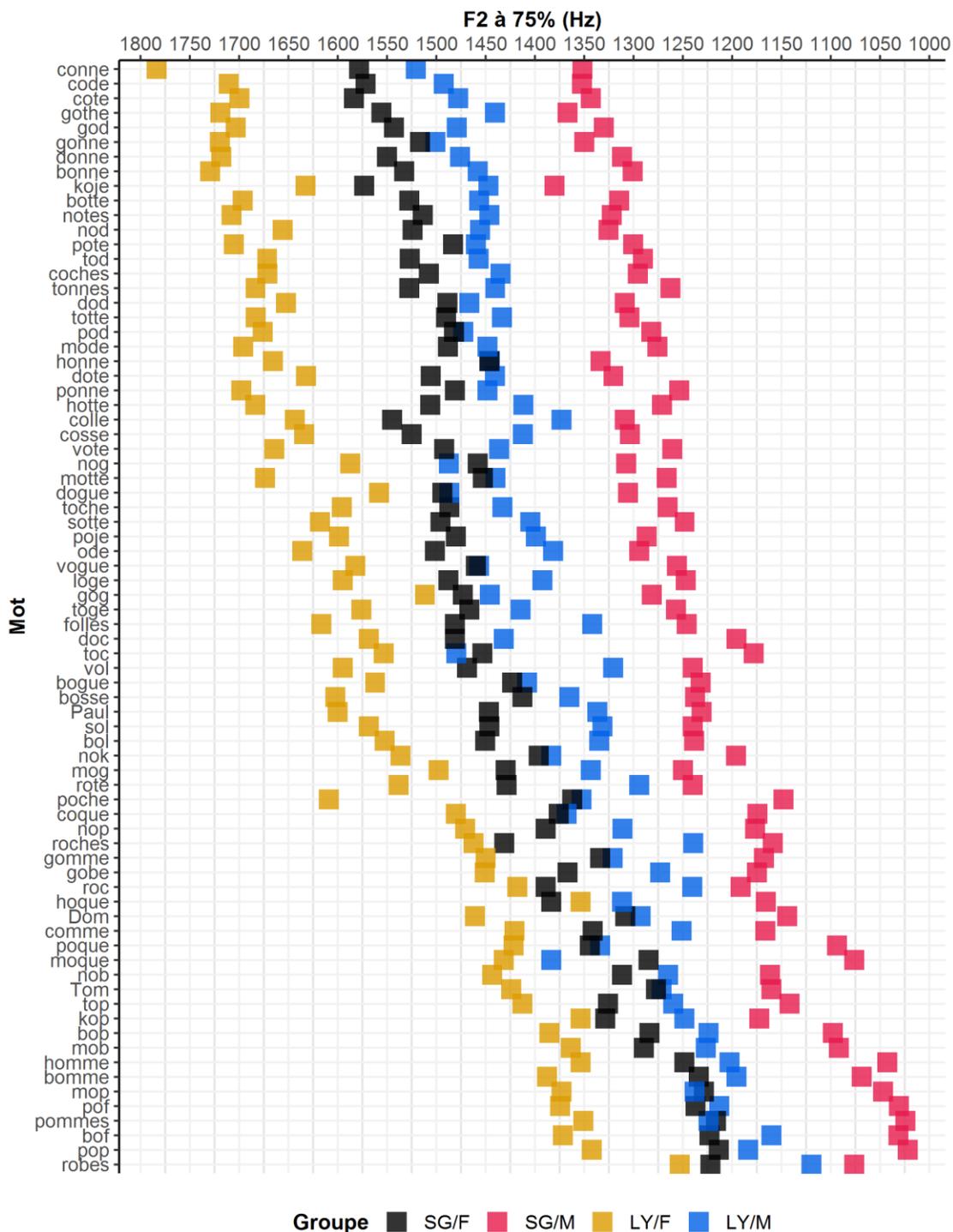


Figure 2 – Valeurs moyennes de F₂ à 75 % de la durée vocalique pour chacun des groupes constitués des croisements des facteurs VILLE et SEXE en fonction du mot - Corpus C16-17
 L'ordre des mots est déterminé par le F₂ moyen à 75 % qui caractérise chacun d'eux, sans égard au groupe.

Annexe 11 : Résultats statistiques détaillés pour le corpus C16-17

Rappel des abréviations

- > SG : Saguenay
- > LY : Lyon
- > H : Hommes
- > F : Femmes
- > 0 : Aucune consonne (aucun lieu d'articulation)
- > A : Antérieur
- > L : Labial
- > P : Postérieur

Analyses dans cette annexe

F₁	223
25 %.....	223
50 %.....	225
75 %.....	226
F₂	228
25 %.....	228
50 %.....	231
75 %.....	234
F₃	237
25 %.....	237
50 %.....	239
75 %.....	241

F₁

25 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard	Formule :
(Constante de référence)	635,7	[605,8 – 665,6]	15,3	Références : SEXE = F VILLE = SG PRE_LIEU = 0 R² marginal : 0,49 R² conditionnel : 0,79
VILLE_LY	29,9	[3,5 – 56,3]	13,5	
SEXE_H	-88,6	[-118,6 – -58,7]	15,3	
PRE_LIEU_P	-58,7	[-85,2 – -32,2]	13,5	
PRE_LIEU_A	-53,8	[-80,0 – -27,7]	13,3	
PRE_LIEU_L	-55,3	[-81,2 – -29,4]	13,2	
VILLE_LY:SEXE_H	-46,6	[-84,9 – -8,3]	19,6	
SEXE_H:PRE_LIEU_P	14,9	[-0,5 – 30,3]	7,9	
SEXE_H:PRE_LIEU_A	16,5	[1,4 – 31,5]	7,7	
SEXE_H:PRE_LIEU_L	22,2	[6,7 – 37,6]	7,9	

Tableau 1 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₁ à 25 % - Corpus C16-17

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de <i>F</i>	Valeur de <i>p</i>
VILLE	422	422	1	34,00	0,39	0,536
SEXE	108260	108260	1	34,00	100,38	< 0,001
PRE_LIEU	17099	5700	3	76,59	5,28	0,002
VILLE:SEXE	5204	5204	1	34,00	4,82	0,035
SEXE:PRE_LIEU	9021	3007	3	33,98	2,79	0,055

Tableau 2 – Valeurs de *p* calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour *F*₁ à 25 % - Corpus C16-17

Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

VILLE	SEXE	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	F	594	10,57	43,90	[572 – 615]
LY	F	624	10,57	43,96	[602 – 645]
SG	M	518	11,08	42,96	[496 – 541]
LY	M	502	11,08	42,95	[479 – 524]

Tableau 3 – Moyennes marginales estimées de *F*₁ à 25 % pour chaque combinaison des facteurs VILLE et SEXE - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
SG,F – LY,F	-30	14,6	34	-2,05	0,096
SG,F – SG,M	75	14,46	34,2	5,2	< 0,001
SG,F – LY,M	92	14,46	34,19	6,36	< 0,001
LY,F – SG,M	105	14,47	34,22	7,27	< 0,001
LY,F – LY,M	122	14,47	34,21	8,42	< 0,001
SG,M – LY,M	17	15,39	34,01	1,08	0,286

Tableau 4 – Comparaisons par paires des différences de *F*₁ à 25 % en fonction des facteurs VILLE et SEXE - Corpus C16-17

SEXE	PRE_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
F	P	592	8,84	75,98	[574 – 610]
M	P	495	9,13	72,61	[477 – 513]
F	0	651	13,72	99,82	[623 – 678]
M	0	539	13,98	99,56	[511 – 566]
F	A	597	8,70	70,45	[579 – 614]
M	A	501	9,01	67,34	[483 – 519]
F	L	595	8,47	64,28	[578 – 612]
M	L	506	8,79	61,46	[488 – 523]

Tableau 5 – Moyennes marginales estimées de *F*₁ à 25 % pour chaque combinaison des facteurs SEXE et PRE_LIEU - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
F,P – M,P	97	9,99	34	9,71	< 0,001
F,P – F,0	-59	13,54	87,28	-4,34	< 0,001
F,P – M,0	53	16,54	108,13	3,22	0,017
F,P – F,A	-5	8,09	82,13	-0,6	1

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
F,P – M,A	91	12,62	76,72	7,18	< 0,001
F,P – F,L	-3	7,83	84,52	-0,43	1
F,P – M,L	86	12,46	74,01	6,93	< 0,001
M,P – F,0	-156	16,48	108,67	-9,45	< 0,001
M,P – M,0	-44	13,66	89,2	-3,21	0,017
M,P – F,A	-102	12,61	76,77	-8,08	< 0,001
M,P – M,A	-6	8,15	83,85	-0,79	1
M,P – F,L	-100	12,45	74,14	-8,07	< 0,001
M,P – M,L	-11	7,89	86,25	-1,35	1
F,0 – M,0	112	11,72	34,16	9,55	< 0,001
F,0 – F,A	54	13,34	86,91	4,04	0,002
F,0 – M,A	149	16,41	107,66	9,1	< 0,001
F,0 – F,L	55	13,22	88,45	4,18	< 0,001
F,0 – M,L	145	16,29	107,9	8,91	< 0,001
M,0 – F,A	-58	16,47	107,12	-3,53	0,007
M,0 – M,A	37	13,46	88,84	2,78	0,054
M,0 – F,L	-57	16,35	107,37	-3,47	0,008
M,0 – M,L	33	13,34	90,38	2,48	0,104
F,A – M,A	95	10,16	34,01	9,39	< 0,001
F,A – F,L	1	7,49	83,41	0,2	1
F,A – M,L	91	12,36	70,32	7,38	< 0,001
M,A – F,L	-94	12,36	70,39	-7,6	< 0,001
M,A – M,L	-4	7,54	85,16	-0,56	1
F,L – M,L	90	10,24	34,01	8,77	< 0,001

Tableau 6 – Comparaisons par paires des différences de F₁ à 25 % en fonction des facteurs SEXE et PRE_LIEU - Corpus C16-17

50 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard	Formule :
(Constante de référence)	616,7	[597,6 – 635,8]	9,74	F1_50 ~ VILLE + SEXE + VILLE:SEXE + (1 LOCUTEUR) + (1 MOT)
VILLE_LY	2,5	[-23,6 – 28,71]	13,4	Références : SEXE = F VILLE = SG
SEXE_H	-79,3	[-106,2 – -52,4]	13,7	R ² marginal : 0,55
VILLE_LY:SEXE_M	-41,4	[-41,38 – 3,35]	19,4	R ² conditionnel : 0,82

Tableau 7 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₁ à 50 % - Corpus C16-17

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de F	Valeur de p
VILLE	3088	3088	1	34,00	3,500	0,070
SEXE	93659	93659	1	34,00	106,200	< 0,001
VILLE:SEXE	4014	4014	1	34,00	4,549	0,040

Tableau 8 – Valeurs de p calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₁ à 50 % - Corpus C16-17
Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

VILLE	SEXE	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	F	617	9,74	38,36	[597 – 636]
LY	F	619	9,74	38,37	[600 – 639]
SG	M	537	10,23	37,93	[517 – 558]
LY	M	499	10,23	37,91	[478 – 519]

Tableau 9 – Moyennes marginales estimées de F₁ à 50 % pour chaque combinaison des facteurs VILLE et SEXE - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
SG,F – LY,F	-3	13,35	34	-0,19	0,85
SG,F – SG,M	79	13,72	34	5,78	< 0,001
SG,F – LY,M	118	13,72	33,99	8,61	< 0,001
LY,F – SG,M	82	13,72	34,01	5,96	< 0,001
LY,F – LY,M	121	13,72	34	8,79	< 0,001
SG,M – LY,M	39	14,08	34	2,76	0,019

Tableau 10 – Comparaisons par paires des différences de F₁ à 50 % en fonction des facteurs VILLE et SEXE - Corpus C16-17

75 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard	Formule :
(Constante de référence)	594,9	[572,4 – 617,5]	11,5	F1_75 ~ VILLE + SEXE + POST_LIEU + VILLE:POST_LIEU + (1+POST_LIEU LOCUTEUR) + (1 MOT)
VILLE_LY	-50,3	[-75,2 – -25,3]	12,7	
SEXE_H	-99,4	[-117,1 – -81,7]	9	Références : SEXE = F VILLE = SG POST_LIEU = P
POST_LIEU_A	24,3	[9,4 – 39,2]	7,6	R ² marginal : 0,55
POST_LIEU_L	32,1	[14,1 – 50,1]	9,2	R ² conditionnel : 0,81
VILLE_LY:POST_LIEU_A	3,8	[-6,7 – 14,3]	5,4	
VILLE_LY:POST_LIEU_L	15,2	[0,6 – 29,8]	7,4	

Tableau 11 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₁ à 75 % - Corpus C16-17

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de F	Valeur de p
VILLE	19237	19237	1	35,07	17,267	< 0,001
SEXE	121316	121316	1	34,99	108,897	< 0,001
POST_LIEU	25234	12617	2	81,82	11,326	< 0,001
VILLE:POST_LIEU	8707	4353	2	35,00	3,908	0,029

Tableau 12 – Valeurs de p calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₁ à 75 % - Corpus C16-17

Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

SEXE	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
F	592	7,47	53,53	[577 – 607]
M	492	7,78	52,66	[477 – 508]

Tableau 13 – Moyennes marginales estimées de F₁ à 75 % pour chaque niveau du facteur SEXE - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
F – M	99	9,53	34,99	10,44	< 0,001

Tableau 14 – Comparaisons par paires des différences de F₁ à 75 % en fonction du facteur SEXE - Corpus C16-17

VILLE	POST_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	P	545	10,68	63,75	[524 – 567]
LY	P	495	10,68	63,65	[474 – 516]
SG	A	570	7,63	51,08	[554 – 585]
LY	A	523	7,63	51,10	[508 – 538]
SG	L	577	8,92	65,49	[560 – 595]
LY	L	542	8,92	65,44	[524 – 560]

Tableau 15 – Moyennes marginales estimées de F₁ à 75 % pour chaque combinaison des facteurs VILLE et POST_LIEU - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
SG,P – LY,P	50	12,75	35,25	3,94	0,004
SG,P – SG,A	-24	7,6	95,42	-3,2	0,013
SG,P – LY,A	22	13,12	63,41	1,69	0,289
SG,P – SG,L	-32	9,2	100	-3,49	0,006
SG,P – LY,L	3	13,91	75,72	0,21	0,834
LY,P – SG,A	-75	13,12	63,34	-5,68	< 0,001
LY,P – LY,A	-28	7,6	95,17	-3,7	0,004
LY,P – SG,L	-82	13,91	75,68	-5,92	< 0,001
LY,P – LY,L	-47	9,19	99,73	-5,15	< 0,001
SG,A – LY,A	46	9,75	35,02	4,77	< 0,001
SG,A – SG,L	-8	6,55	89,16	-1,19	0,472
SG,A – LY,L	27	11,73	63,35	2,32	0,094
LY,A – SG,L	-54	11,74	63,38	-4,62	< 0,001
LY,A – LY,L	-19	6,55	89,09	-2,94	0,021
SG,L – LY,L	35	10,53	35,07	3,33	0,013

Tableau 16 – Comparaisons par paires des différences de F₁ à 75 % en fonction des facteurs VILLE et POST_LIEU - Corpus C16-17

F₂

25 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard
(Constante de référence)	1251,4	[1172,3 – 1330,5]	40,3
VILLE_LY	94,8	[42,2 – 147,4]	26,8
SEXE_H	-154,7	[-210,8 – -98,6]	28,6
PRE_LIEU_A	246,5	[178,8 – 314,1]	34,5
PRE_LIEU_L	-62,6	[-128,2 – 3,0]	33,5
PRE_LIEU_P	80,5	[12,5 – 148,5]	34,7
POST_LIEU_A	13,4	[-27,1 – 53,8]	20,6
POST_LIEU_L	-1,4	[-47,6 – 44,7]	23,5
VILLE_LY:PRE_LIEU_A	0,2	[-30,7 – 31,2]	15,8
VILLE_LY:PRE_LIEU_L	72,7	[45,7 – 99,7]	13,8
VILLE_LY:PRE_LIEU_P	-16,1	[-44,8 – 12,7]	14,7
SEXE_H:PRE_LIEU_A	-49,6	[-81,1 – -18,0]	16,1
SEXE_H:PRE_LIEU_L	-9,1	[-37,3 – 19,1]	14,4
SEXE_H:PRE_LIEU_P	14	[-16,7 – 44,7]	15,7
SEXE_H:POST_LIEU_A	-11,5	[-27,7 – 4,7]	8,3
SEXE_H:POST_LIEU_L	12,3	[-5,3 – 29,8]	8,9

Formule :
 $F2_{25} \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{PRE_LIEU} + \text{POST_LIEU} + \text{VILLE:PRE_LIEU} + \text{SEXE:PRE_LIEU} + \text{SEXE:POST_LIEU} + (1 + \text{PRE_LIEU} + \text{POST_LIEU})[\text{LOCUTEUR}] + (1|\text{MOT})$

Références : SEXE = F | VILLE = SG |
 PRE_LIEU = 0 | POST_LIEU = P

R² marginal : 0,62

R² conditionnel : 0,88

Tableau 17 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₂ à 25 % - Corpus C16-17

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de F	Valeur de p
VILLE	101483	101483	1	35,01	23,207	< 0,001
SEXE	228355	228355	1	35,02	52,22	< 0,001
PRE_LIEU	777349	259116	3	77,46	59,254	< 0,001
POST_LIEU	629	315	2	73,22	0,072	0,931
VILLE:PRE_LIEU	292771	97590	3	33,06	22,317	< 0,001
SEXE:PRE_LIEU	100196	33399	3	32,961	7,638	< 0,001
SEXE:POST_LIEU	25246	12623	2	34,981	2,887	0,070

Tableau 18 – Valeurs de p calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₂ à 25 % - Corpus C16-17

Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

VILLE	PRE_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	P	1266	21,76	96,96	[1223 – 1309]
LY	P	1344	21,76	96,99	[1301 – 1388]
SG	0	1178	35,12	100,99	[1109 – 1248]
LY	0	1273	35,14	101,27	[1203 – 1343]
SG	A	1400	22,09	83,64	[1356 – 1444]
LY	A	1495	22,09	83,61	[1451 – 1539]
SG	L	1111	20,35	81,95	[1071 – 1152]
LY	L	1279	20,35	81,97	[1238 – 1319]

Tableau 19 – Moyennes marginales estimées de F₂ à 25 % pour chaque combinaison des facteurs VILLE et PRE_LIEU - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
SG,P – LY,P	-79	21,55	35	-3,65	0,01
SG,P – SG,0	88	34	79,82	2,57	0,095
SG,P – LY,0	-7	40,88	107,38	-0,18	1
SG,P – SG,A	-134	21,9	90,55	-6,13	< 0,001
SG,P – LY,A	-229	30,16	97,23	-7,6	< 0,001
SG,P – SG,L	155	20,5	86,38	7,54	< 0,001
SG,P – LY,L	-13	29	94,64	-0,45	1
LY,P – SG,0	166	40,87	107,26	4,07	0,001
LY,P – LY,0	71	34,04	80,16	2,1	0,234
LY,P – SG,A	-55	30,16	97,27	-1,84	0,276
LY,P – LY,A	-151	21,9	90,57	-6,87	< 0,001
LY,P – SG,L	233	29	94,63	8,05	< 0,001
LY,P – LY,L	66	20,5	86,4	3,21	0,02
SG,0 – LY,0	-95	28,34	35,07	-3,35	0,02
SG,0 – SG,A	-222	33,78	81,4	-6,56	< 0,001
SG,0 – LY,A	-317	41,19	108,48	-7,69	< 0,001
SG,0 – SG,L	67	32,88	78,67	2,04	0,234
SG,0 – LY,L	-100	40,38	106,57	-2,49	0,101
LY,0 – SG,A	-127	41,2	108,64	-3,08	0,024
LY,0 – LY,A	-222	33,82	81,72	-6,56	< 0,001
LY,0 – SG,L	162	40,4	106,71	4,01	0,002
LY,0 – LY,L	-6	32,92	79,01	-0,17	1
SG,A – LY,A	-95	24,18	35	-3,93	0,005
SG,A – SG,L	289	20,51	93,57	14,08	< 0,001
SG,A – LY,L	121	29,53	90,71	4,11	0,001
LY,A – SG,L	384	29,52	90,66	13	< 0,001
LY,A – LY,L	216	20,51	93,59	10,55	< 0,001
SG,L – LY,L	-168	22,52	35	-7,44	< 0,001

Tableau 20 – Comparaisons par paires des différences de F₂ à 25 % en fonction des facteurs VILLE et PRE_LIEU - Corpus C16-17

SEXE	PRE_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
F	P	1375	21,81	88,48	[1332 – 1419]
M	P	1235	22,44	85,18	[1190 – 1279]
F	0	1303	34,69	100,22	[1234 – 1372]
M	0	1148	35,26	100,91	[1078 – 1218]
F	A	1549	21,81	79,18	[1506 – 1593]
M	A	1345	22,53	75,80	[1301 – 1390]
F	L	1277	20,04	78,28	[1237 – 1317]
M	L	1113	20,70	74,82	[1072 – 1154]

Tableau 21 – Moyennes marginales estimées de F₂ à 25 % pour chaque combinaison des facteurs SEXE et PRE_LIEU - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
F,P – M,P	140	23	35,04	6,11	< 0,001
F,P – F,0	72	33,95	80	2,13	0,251
F,P – M,0	227	41,06	107,53	5,53	< 0,001
F,P – F,A	-174	21,71	89,74	-8,02	< 0,001
F,P – M,A	30	30,9	89,83	0,97	1
F,P – F,L	99	20,41	86,09	4,83	< 0,001

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
F,P – M,L	262	29,59	87,77	8,86	< 0,001
M,P – F,0	-68	40,91	107,84	-1,66	0,598
M,P – M,0	86	34,13	81,33	2,53	0,119
M,P – F,A	-315	30,83	90,17	-10,2	< 0,001
M,P – M,A	-111	21,93	91,67	-5,04	< 0,001
M,P – F,L	-42	29,6	87,71	-1,41	0,811
M,P – M,L	122	20,58	87,84	5,92	< 0,001
F,0 – M,0	154	27,55	34,99	5,61	< 0,001
F,0 – F,A	-247	33,63	81,07	-7,33	< 0,001
F,0 – M,A	-43	41,02	108,21	-1,04	1
F,0 – F,L	26	32,8	78,64	0,8	1
F,0 – M,L	190	40,08	106,5	4,73	< 0,001
M,0 – F,A	-401	41,12	107,9	-9,75	< 0,001
M,0 – M,A	-197	33,83	82,49	-5,83	< 0,001
M,0 – F,L	-128	40,24	106,15	-3,19	0,019
M,0 – M,L	35	32,96	79,85	1,07	1
F,A – M,A	204	24,48	35,02	8,33	< 0,001
F,A – F,L	273	20,32	92,76	13,43	< 0,001
F,A – M,L	436	29,7	85,37	14,69	< 0,001
M,A – F,L	69	29,78	84,96	2,31	0,186
M,A – M,L	232	20,55	94,63	11,31	< 0,001
F,L – M,L	164	22,62	35,01	7,23	< 0,001

Tableau 22 – Comparaisons par paires des différences de F₁ à 25 % en fonction des facteurs SEXE et PRE_LIEU - Corpus C16-17

SEXE	POST_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
F	P	1372	24,48	96,08	[1323 – 1421]
M	P	1206	25,10	93,56	[1156 – 1256]
F	A	1385	20,38	65,45	[1345 – 1426]
M	A	1208	21,15	62,60	[1166 – 1250]
F	L	1371	21,81	95,12	[1327 – 1414]
M	L	1217	22,38	92,60	[1173 – 1261]

Tableau 23 – Moyennes marginales estimées de F₂ à 25 % pour chaque combinaison des facteurs SEXE et POST_LIEU - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
F,P – M,P	166	24,03	35,04	6,9	< 0,001
F,P – F,A	-13	20,63	76,55	-0,65	1
F,P – M,A	164	31,44	82,13	5,22	< 0,001
F,P – F,L	1	23,53	75,44	0,06	1
F,P – M,L	155	32,19	95,77	4,82	< 0,001
M,P – F,A	-179	31,41	82,28	-5,71	< 0,001
M,P – M,A	-2	20,71	77,63	-0,09	1
M,P – F,L	-164	32,27	95,30	-5,1	< 0,001
M,P – M,L	-11	23,63	76,51	-0,46	1
F,A – M,A	177	24,74	35,06	7,17	< 0,001
F,A – F,L	15	18,98	83,32	0,78	1
F,A – M,L	168	29,18	79,89	5,77	< 0,001

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
M,A – F,L	-163	29,3	79,19	-5,55	< 0,001
M,A – M,L	-9	19,12	85,08	-0,47	1
F,L – M,L	154	21,62	35,01	7,1	< 0,001

Tableau 24 – Comparaisons par paires des différences de F₁ à 25 % en fonction des facteurs SEXE et POST_LIEU - Corpus C16-17

50 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard	Formule :
(Constante de référence)	1283	[1215,3 – 1350,8]	34,6	Formule : $F2_{50} \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{PRE_LIEU} + \text{POST_LIEU} + \text{VILLE}:\text{PRE_LIEU} + \text{SEXE}:\text{POST_LIEU} + \text{VILLE}:\text{POST_LIEU} + (1+\text{PRE_LIEU}+\text{POST_LIEU}) \text{LOCUTEUR} + (1) \text{MOT}$ Références : SEXE = F VILLE = SG PRE_LIEU = 0 POST_LIEU = P R² marginal : 0,57 R² conditionnel : 0,85
VILLE_LY	115,2	[62,0 – 168,3]	27,1	
SEXE_H	-150,1	[-195,4 – -104,8]	23,1	
PRE_LIEU_A	90,1	[35,8 – 144,4]	27,7	
PRE_LIEU_L	-53,4	[-106,8 – -0,0]	27,2	
PRE_LIEU_P	51,8	[-2,4 – 106,0]	27,7	
POST_LIEU_A	56,4	[19,1 – 93,6]	19	
POST_LIEU_L	-19,2	[-60,9 – 22,6]	21,3	
VILLE_LY:PRE_LIEU_A	28	[0,8 – 55,3]	13,9	
VILLE_LY:PRE_LIEU_L	66	[39,7 – 92,4]	13,5	
VILLE_LY:PRE_LIEU_P	-3,8	[-27,7 – 20,2]	12,2	
VILLE_LY:POST_LIEU_A	10,1	[-13,0 – 33,1]	11,8	
VILLE_LY:POST_LIEU_L	-15,6	[-40,2 – 9,0]	12,5	
SEXE_H:POST_LIEU_A	-33,5	[-56,2 – -10,7]	11,6	
SEXE_H:POST_LIEU_L	-0,6	[-23,7 – 22,5]	11,8	

Tableau 25 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₂ à 50 % - Corpus C16-17

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de F	Valeur de <i>p</i>
VILLE	155979	155979	1	35,06	35,362	< 0,001
SEXE	245391	245391	1	35,00	55,633	< 0,001
PRE_LIEU	295882	98627	3	75,51	22,36	< 0,001
POST_LIEU	103517	51759	2	79,41	11,734	< 0,001
VILLE:PRE_LIEU	215738	71913	3	34,08	16,303	< 0,001
VILLE:POST_LIEU	25634	12817	2	34,02	2,906	0,068
SEXE:POST_LIEU	53759	26879	2	33,98	6,094	0,006

Tableau 26 – Valeurs de *p* calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₂ à 50 % - Corpus C16-17

Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

VILLE	PRE_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	P	1267	19,59	77,25	[1228 – 1306]
LY	P	1376	19,59	77,28	[1337 – 1415]
SG	0	1215	29,06	99,02	[1157 – 1272]
LY	0	1328	29,11	99,65	[1270 – 1386]
SG	A	1305	22,01	60,83	[1261 – 1349]

VILLE	PRE LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
LY	A	1446	22,00	60,80	[1402 – 1490]
SG	L	1161	19,61	62,10	[1122 – 1200]
LY	L	1341	19,61	62,12	[1301 – 1380]

Tableau 27 – Moyennes marginales estimées de F₂ à 50 % pour chaque combinaison des facteurs VILLE et PRE_LIEU - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
SG,P – LY,P	-110	21,59	35,02	-5,07	< 0,001
SG,P – SG,0	52	27,66	77,07	1,87	0,389
SG,P – LY,0	-61	34,76	104,08	-1,77	0,4
SG,P – SG,A	-38	17,82	88,51	-2,15	0,309
SG,P – LY,A	-180	29,12	70,46	-6,17	< 0,001
SG,P – SG,L	105	16,97	87,54	6,2	< 0,001
SG,P – LY,L	-74	27,36	73,16	-2,71	0,092
LY,P – SG,0	161	34,72	103,63	4,65	< 0,001
LY,P – LY,0	48	27,72	77,63	1,73	0,4
LY,P – SG,A	71	29,13	70,49	2,45	0,17
LY,P – LY,A	-70	17,82	88,51	-3,93	0,002
LY,P – SG,L	215	27,36	73,16	7,85	< 0,001
LY,P – LY,L	35	16,97	87,6	2,09	0,318
SG,0 – LY,0	-113	23,79	35,21	-4,76	< 0,001
SG,0 – SG,A	-90	27,72	80,84	-3,25	0,02
SG,0 – LY,A	-231	36,19	100,38	-6,4	< 0,001
SG,0 – SG,L	53	27,24	80,31	1,96	0,374
SG,0 – LY,L	-126	34,81	103,07	-3,62	0,006
LY,0 – SG,A	23	36,23	100,82	0,64	1
LY,0 – LY,A	-118	27,77	81,42	-4,25	< 0,001
LY,0 – SG,L	167	34,85	103,52	4,78	< 0,001
LY,0 – LY,L	-13	27,3	80,91	-0,46	1
SG,A – LY,A	-141	26,68	35,19	-5,3	< 0,001
SG,A – SG,L	144	16,39	88,33	8,76	< 0,001
SG,A – LY,L	-36	29,22	63,79	-1,23	0,675
LY,A – SG,L	285	29,21	63,76	9,75	< 0,001
LY,A – LY,L	106	16,39	88,32	6,44	< 0,001
SG,L – LY,L	-179	23,58	35,08	-7,61	< 0,001

Tableau 28 – Comparaisons par paires des différences de F₂ à 50 % en fonction des facteurs VILLE et PRE_LIEU - Corpus C16-17

VILLE	POST LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	P	1230	23,72	76,61	[1183 – 1277]
LY	P	1368	23,72	76,70	[1321 – 1415]
SG	A	1270	19,06	56,42	[1232 – 1308]
LY	A	1418	19,07	56,51	[1379 – 1456]
SG	L	1211	19,93	82,12	[1171 – 1250]
LY	L	1333	19,92	82,06	[1293 – 1372]

Tableau 29 – Moyennes marginales estimées de F₂ à 50 % pour chaque combinaison des facteurs VILLE et POST_LIEU - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
SG,P – LY,P	-138	26,25	35,06	-5,25	< 0,001
SG,P – SG,A	-40	18,21	91,06	-2,18	0,096
SG,P – LY,A	-187	29,77	70,99	-6,3	< 0,001
SG,P – SG,L	19	20,58	88,62	0,95	0,347
SG,P – LY,L	-103	30,27	82,54	-3,39	0,008
LY,P – SG,A	98	29,78	71,01	3,29	0,009
LY,P – LY,A	-50	18,22	91,15	-2,73	0,038
LY,P – SG,L	157	30,27	82,63	5,19	< 0,001
LY,P – LY,L	35	20,58	88,6	1,71	0,183
SG,A – LY,A	-148	23,64	35,08	-6,25	< 0,001
SG,A – SG,L	59	16,31	91,09	3,62	0,004
SG,A – LY,L	-63	26,77	70,51	-2,35	0,086
LY,A – SG,L	207	26,78	70,6	7,73	< 0,001
LY,A – LY,L	85	16,3	91,03	5,2	< 0,001
SG,L – LY,L	-122	21,3	35,04	-5,73	< 0,001

Tableau 30 – Comparaisons par paires des différences de F₁ à 25 % en fonction des facteurs VILLE et POST_LIEU - Corpus C16-17

SEXE	POST_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
F	P	1374	23,03	89,56	[1328 – 1420]
M	P	1224	23,72	86,77	[1177 – 1271]
F	A	1435	18,25	68,28	[1399 – 1472]
M	A	1252	18,94	66,25	[1214 – 1290]
F	L	1347	19,51	92,34	[1308 – 1386]
M	L	1196	20,10	89,88	[1156 – 1236]

Tableau 31 – Moyennes marginales estimées de F₂ à 50 % pour chaque combinaison des facteurs SEXE et POST_LIEU - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
F,P – M,P	150	24,99	34,99	6,01	< 0,001
F,P – F,A	-61	18,24	90,1	-3,37	0,005
F,P – M,A	122	28,48	81,52	4,29	< 0,001
F,P – F,L	27	20,5	87	1,32	0,401
F,P – M,L	178	29,47	92,8	6,03	< 0,001
M,P – F,A	-212	28,6	80,76	-7,4	< 0,001
M,P – M,A	-28	18,46	91,86	-1,51	0,401
M,P – F,L	-123	29,63	91,69	-4,16	< 0,001
M,P – M,L	28	20,72	88,88	1,33	0,401
F,A – M,A	184	22,1	34,99	8,31	< 0,001
F,A – F,L	88	16,18	89,12	5,46	< 0,001
F,A – M,L	239	25,92	79,96	9,22	< 0,001
M,A – F,L	-95	25,97	79,55	-3,67	0,003
M,A – M,L	56	16,36	91,17	3,39	0,005
F,L – M,L	151	20,85	35,01	7,23	< 0,001

Tableau 32 – Comparaisons par paires des différences de F₁ à 25 % en fonction des facteurs SEXE et POST_LIEU - Corpus C16-17

75 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard
(Constante de référence)	1410,4	[1328,5 – 1492,3]	41,8
VILLE_LY	102,1	[14,7 – 189,5]	44,6
SEXE_H	-199,9	[-282,2 – -117,5]	42
PRE_LIEU_P	23,5	[-30,8 – 77,7]	27,7
PRE_LIEU_A	-27,2	[-80,2 – 25,8]	27
PRE_LIEU_L	33,5	[-20,4 – 87,5]	27,5
POST_LIEU_A	77,7	[23,3 – 132,0]	27,7
POST_LIEU_L	-133,7	[-189,7 – -77,8]	28,5
VILLE_LY:SEXE_H	90,3	[-26,2 – 206,8]	59,4
VILLE_LY:PRE_LIEU_P	0,4	[-29,3 – 30,1]	15,2
VILLE_LY:PRE_LIEU_A	14,8	[-12,8 – 42,4]	14,1
VILLE_LY:PRE_LIEU_L	-33	[-60,2 – -5,7]	13,9
VILLE_LY:POST_LIEU_A	63,8	[-1,0 – 128,5]	33
VILLE_LY:POST_LIEU_L	15,6	[-48,1 – 79,4]	32,5
SEXE_H:POST_LIEU_A	-7,6	[-70,6 – 55,5]	32,2
SEXE_H:POST_LIEU_L	28,3	[-33,8 – 90,5]	31,7
VILLE_LY:SEXE_H:POST_LIEU_A	-126,5	[-215,7 – -37,3]	45,5
VILLE_LY:SEXE_H:POST_LIEU_L	-83,7	[-171,6 – 4,2]	44,9

Formule :
 $F2_{75} \sim VILLE + SEXE + PRE_LIEU + POST_LIEU + VILLE:SEXE + VILLE:PRE_LIEU + VILLE:POST_LIEU + SEXE:POST_LIEU + VILLE:SEXE:POST_LIEU + (1+PRE_LIEU+POST_LIEU|LOCUTEUR) + (1|MOT)$

Références : SEXE = F | VILLE = SG | PRE_LIEU = 0 | POST_LIEU = P

R² marginal : 0,64
R² conditionnel : 0,85

Tableau 33 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₂ à 75 % - Corpus C16-17

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de F	Valeur de p
VILLE	180262	180262	1	34,17	33,87	< 0,001
SEXE	378930	378930	1	33,99	71,19	< 0,001
PRE_LIEU	63150	21050	3	71,69	3,95	0,011
POST_LIEU	1069996	534998	2	91,51	100,51	< 0,001
VILLE:SEXE	1163	1163	1	33,99	0,22	0,643
VILLE:PRE_LIEU	176793	58931	3	34,01	11,07	< 0,001
VILLE:POST_LIEU	22218	11109	2	33,05	2,09	0,140
SEXE:POST_LIEU	94959	47480	2	33	8,92	< 0,001
VILLE:SEXE:POST_LIEU	36396	18198	2	33	3,42	0,045

Tableau 34 – Valeurs de p calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₂ à 75 % - Corpus C16-17

Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

VILLE	PRE_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	0	1295	29,43	94,73	[1237 – 1354]
LY	0	1434	29,44	94,79	[1375 – 1492]
SG	A	1319	21,33	54,55	[1276 – 1361]
LY	A	1458	21,33	54,52	[1415 – 1501]
SG	L	1268	19,58	53,97	[1229 – 1307]
LY	L	1422	19,58	53,96	[1382 – 1461]
SG	P	1329	18,72	68,25	[1291 – 1366]
LY	P	1435	18,72	68,25	[1397 – 1472]

Tableau 35 – Moyennes marginales estimées de F₂ à 75 % pour chaque combinaison des facteurs VILLE et PRE_LIEU - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
SG,0 – LY,0	-139	24,15	34,37	-5,75	< 0,001
SG,0 – SG,A	-23	27,69	79,72	-0,85	1
SG,0 – LY,A	-163	36	97,67	-4,52	< 0,001
SG,0 – SG,L	27	27,06	77,88	1	1
SG,0 – LY,L	-126	34,96	98,32	-3,62	0,008
SG,0 – SG,P	-34	27,53	76,9	-1,22	1
SG,0 – LY,P	-139	34,39	100,76	-4,05	0,002
LY,0 – SG,A	115	36,01	97,74	3,2	0,022
LY,0 – LY,A	-24	27,71	79,83	-0,86	1
LY,0 – SG,L	166	34,97	98,38	4,74	< 0,001
LY,0 – LY,L	12	27,07	77,98	0,46	1
LY,0 – SG,P	105	34,4	100,81	3,06	0,031
LY,0 – LY,P	-1	27,54	76,98	-0,02	1
SG,A – LY,A	-139	26,58	34,41	-5,24	< 0,001
SG,A – SG,L	51	14,44	81,74	3,51	0,011
SG,A – LY,L	-103	28,74	55,51	-3,58	0,011
SG,A – SG,P	-10	16,13	87,05	-0,62	1
SG,A – LY,P	-116	28,1	62,44	-4,12	0,002
LY,A – SG,L	190	28,74	55,5	6,6	< 0,001
LY,A – LY,L	36	14,43	81,69	2,51	0,14
LY,A – SG,P	129	28,1	62,41	4,6	< 0,001
LY,A – LY,P	23	16,13	87,01	1,45	1
SG,L – LY,L	-154	24,45	34,25	-6,28	< 0,001
SG,L – SG,P	-61	14,89	80,12	-4,08	0,002
SG,L – LY,P	-166	26,79	61,61	-6,21	< 0,001
LY,L – SG,P	93	26,79	61,6	3,47	0,013
LY,L – LY,P	-13	14,89	80,1	-0,87	1
SG,P – LY,P	-106	21,48	34,06	-4,92	< 0,001

Tableau 36 – Comparaisons par paires des différences de F₂ à 75 % en fonction des facteurs VILLE et PRE_LIEU - Corpus C16-17

VILLE	SEXE	POST LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	F	P	1418	35,58	55,17	[1347 – 1489]
LY	F	P	1516	35,59	55,22	[1444 – 1587]
SG	M	P	1218	37,10	54,10	[1144 – 1292]
LY	M	P	1406	37,10	54,05	[1332 – 1480]
SG	F	A	1496	22,19	51,06	[1451 – 1540]
LY	F	A	1657	22,19	51,09	[1612 – 1702]
SG	M	A	1288	23,20	49,91	[1241 – 1335]
LY	M	A	1413	23,20	49,96	[1367 – 1460]
SG	F	L	1284	23,06	65,33	[1238 – 1330]
LY	F	L	1397	23,06	65,35	[1351 – 1444]
SG	M	L	1113	24,01	63,57	[1065 – 1161]
LY	M	L	1233	23,99	63,29	[1185 – 1280]

Tableau 37 – Moyennes marginales estimées de F₂ à 75 % pour chaque combinaison des facteurs VILLE, SEXE et POST_LIEU - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
SG,F,P – LY,F,P	-98	46,05	38,86	-2,12	0,554
SG,F,P – SG,M,P	200	45,58	33,94	4,39	0,003
SG,F,P – LY,M,P	12	47,22	38,95	0,25	1
SG,F,P – SG,F,A	-78	28,45	66,97	-2,73	0,161
SG,F,P – LY,F,A	-239	41,29	65,97	-5,79	< 0,001
SG,F,P – SG,M,A	130	40,93	65,14	3,17	0,053
SG,F,P – LY,M,A	4	41,84	66,42	0,11	1
SG,F,P – SG,F,L	134	29,23	74,77	4,58	< 0,001
SG,F,P – LY,F,L	20	41,7	69,38	0,49	1
SG,F,P – SG,M,L	305	41,32	68,94	7,39	< 0,001
SG,F,P – LY,M,L	185	42,22	69,82	4,39	0,001
LY,F,P – SG,M,P	298	47,23	38,99	6,3	< 0,001
LY,F,P – LY,M,P	110	45,62	34,04	2,4	0,333
LY,F,P – SG,F,A	20	41,3	66,01	0,49	1
LY,F,P – LY,F,A	-141	28,46	67,04	-4,97	< 0,001
LY,F,P – SG,M,A	228	41,85	66,44	5,44	< 0,001
LY,F,P – LY,M,A	102	40,94	65,15	2,5	0,256
LY,F,P – SG,F,L	231	41,72	69,42	5,55	< 0,001
LY,F,P – LY,F,L	118	29,25	74,82	4,04	0,004
LY,F,P – SG,M,L	403	42,25	69,95	9,54	< 0,001
LY,F,P – LY,M,L	283	41,31	68,87	6,85	< 0,001
SG,M,P – LY,M,P	-188	48,38	39,05	-3,89	0,01
SG,M,P – SG,F,A	-278	41,7	62,72	-6,66	< 0,001
SG,M,P – LY,F,A	-439	42,61	64,63	-10,3	< 0,001
SG,M,P – SG,M,A	-70	29,58	64,83	-2,37	0,333
SG,M,P – LY,M,A	-195	43,14	65,1	-4,53	< 0,001
SG,M,P – SG,F,L	-66	42,09	66,07	-1,57	1
SG,M,P – LY,F,L	-179	43,01	67,78	-4,17	0,003
SG,M,P – SG,M,L	105	30,3	72,33	3,48	0,021
SG,M,P – LY,M,L	-15	43,51	68,25	-0,33	1
LY,M,P – SG,F,A	-90	42,61	64,57	-2,1	0,554
LY,M,P – LY,F,A	-251	41,72	62,76	-6,02	< 0,001
LY,M,P – SG,M,A	118	43,14	65,03	2,73	0,161
LY,M,P – LY,M,A	-7	29,57	64,66	-0,25	1
LY,M,P – SG,F,L	122	43,01	67,72	2,83	0,127
LY,M,P – LY,F,L	9	42,11	66,1	0,2	1
LY,M,P – SG,M,L	293	43,53	68,28	6,74	< 0,001
LY,M,P – LY,M,L	173	30,3	72,16	5,73	< 0,001
SG,F,A – LY,F,A	-161	29,07	37,52	-5,56	< 0,001
SG,F,A – SG,M,A	207	29,48	34,01	7,04	< 0,001
SG,F,A – LY,M,A	82	29,84	37,57	2,75	0,163
SG,F,A – SG,F,L	211	18,76	86,51	11,27	< 0,001
SG,F,A – LY,F,L	98	31,34	67,7	3,13	0,057
SG,F,A – SG,M,L	383	31,49	64,15	12,16	< 0,001
SG,F,A – LY,M,L	263	32,02	67,08	8,21	< 0,001
LY,F,A – SG,M,A	369	29,84	37,56	12,36	< 0,001
LY,F,A – LY,M,A	244	29,48	33,97	8,27	< 0,001
LY,F,A – SG,F,L	373	31,34	67,72	11,9	< 0,001
LY,F,A – LY,F,L	260	18,77	86,56	13,83	< 0,001
LY,F,A – SG,M,L	544	32,05	67,28	16,99	< 0,001
LY,F,A – LY,M,L	424	31,47	63,97	13,49	< 0,001
SG,M,A – LY,M,A	-125	30,6	37,58	-4,1	0,006
SG,M,A – SG,F,L	4	31,51	63,71	0,13	1
SG,M,A – LY,F,L	-109	32,06	66,81	-3,41	0,026
SG,M,A – SG,M,L	176	19,38	84,21	9,06	< 0,001

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
SG,M,A – LY,M,L	56	32,73	66,3	1,7	1
LY,M,A – SG,F,L	129	32,06	66,85	4,03	0,004
LY,M,A – LY,F,L	16	31,5	63,63	0,51	1
LY,M,A – SG,M,L	301	32,75	66,5	9,19	< 0,001
LY,M,A – LY,M,L	181	19,37	83,97	9,34	< 0,001
SG,F,L – LY,F,L	-113	28,03	37,34	-4,04	0,007
SG,F,L – SG,M,L	172	28,5	34,07	6,02	< 0,001
SG,F,L – LY,M,L	52	28,79	37,45	1,79	0,975
LY,F,L – SG,M,L	285	28,82	37,57	9,89	< 0,001
LY,F,L – LY,M,L	165	28,47	33,95	5,79	< 0,001
SG,M,L – LY,M,L	-120	29,56	37,65	-4,06	0,007

Tableau 38 – Comparaisons par paires des différences de F₂ à 75 % en fonction des facteurs VILLE, SEXE et POST_LIEU - Corpus C16-17

F₃

25 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard	Formule :
(Constante de référence)	2840,6	[2750,8 – 2930,5]	45,9	F3_25 ~ VILLE + SEXE + PRE_LIEU + VILLE:PRE_LIEU + (1+PRE_LIEU LOCUTEUR) + (1 MOT)
VILLE_LY	-151,2	[-243,0 – -59,5]	46,8	
SEXE_H	-390,7	[-468,9 – -312,5]	39,9	
PRE_LIEU_A	58,7	[-6,6 – 124,0]	33,3	Références : VILLE = SG SEXE = F PRE_LIEU = 0
PRE_LIEU_L	-3,4	[-62,7 – 56,0]	30,3	
PRE_LIEU_P	-115,8	[-182,4 – -49,3]	34	R² marginal : 0,62
VILLE_LY:PRE_LIEU_A	20,1	[-29,4 – 69,6]	25,3	R² conditionnel : 0,88
VILLE_LY:PRE_LIEU_L	-30,8	[-64,8 – 3,2]	17,3	
VILLE_LY:PRE_LIEU_P	16,1	[-35,1 – 67,3]	26,1	

Tableau 39 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₃ à 25 % - Corpus C16-17

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de F	Valeur de p
VILLE	118839	118839	1	35,01	13,104	< 0,001
SEXE	741695	741695	1	35,00	81,783	< 0,001
PRE_LIEU	630429	210143	3	88,89	23,171	< 0,001
VILLE:PRE_LIEU	91975	30658	3	34,09	3,381	0,029

Tableau 40 – Valeurs de p calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₃ à 25 % - Corpus C16-17

Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

SEXE	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
F	2751	30,24	42,59	[2690 – 2812]
M	2360	31,82	42,00	[2296 – 2424]

Tableau 41 – Moyennes marginales estimées de F₃ à 25 % pour chaque niveau du facteur SEXE - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
F – M	391	43,2	35	9,04	< 0,001

Tableau 42 – Comparaisons par paires des différences de F₃ à 25 % en fonction du facteur SEXE - Corpus C16-17

VILLE	PRE_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	0	2645	41,79	74,31	[2562 – 2729]
LY	0	2494	41,83	74,59	[2411 – 2577]
SG	A	2704	32,26	46,28	[2639 – 2769]
LY	A	2573	32,26	46,28	[2508 – 2638]
SG	L	2642	31,75	44,33	[2578 – 2706]
LY	L	2460	31,75	44,33	[2396 – 2524]
SG	P	2529	33,16	47,47	[2463 – 2596]
LY	P	2394	33,16	47,47	[2328 – 2461]

Tableau 43 – Moyennes marginales estimées de F₃ à 25 % pour chaque combinaison des facteurs VILLE et PRE_LIEU - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
SG,0 – LY,0	151	46,81	35,13	3,23	0,04
SG,0 – SG,A	-59	33,32	95,5	-1,76	0,651
SG,0 – LY,A	72	52,77	72,23	1,37	0,929
SG,0 – SG,L	3	30,27	83,28	0,11	1
SG,0 – LY,L	185	52,46	66,19	3,53	0,014
SG,0 – SG,P	116	33,96	96,01	3,41	0,016
SG,0 – LY,P	251	53,32	73,1	4,71	< 0,001
LY,0 – SG,A	-210	52,8	72,41	-3,98	0,003
LY,0 – LY,A	-79	33,37	96,06	-2,36	0,183
LY,0 – SG,L	-148	52,49	66,36	-2,82	0,07
LY,0 – LY,L	34	30,33	83,86	1,13	1
LY,0 – SG,P	-35	53,36	73,27	-0,66	1
LY,0 – LY,P	100	34,01	96,56	2,93	0,05
SG,A – LY,A	131	42,38	35,01	3,09	0,05
SG,A – SG,L	62	23,56	87,53	2,63	0,1
SG,A – LY,L	244	45,24	53,33	5,4	< 0,001
SG,A – SG,P	174	24,38	92,43	7,16	< 0,001
SG,A – LY,P	310	46,24	54,71	6,7	< 0,001
LY,A – SG,L	-69	45,24	53,33	-1,53	0,929
LY,A – LY,L	113	23,56	87,52	4,8	< 0,001
LY,A – SG,P	43	46,24	54,7	0,94	1
LY,A – LY,P	179	24,38	92,44	7,32	< 0,001
SG,L – LY,L	182	42,2	35,01	4,31	0,003
SG,L – SG,P	112	21,11	98,29	5,33	< 0,001
SG,L – LY,P	248	45,88	50,23	5,4	< 0,001
LY,L – SG,P	-70	45,88	50,23	-1,52	0,929
LY,L – LY,P	66	21,11	98,32	3,11	0,04
SG,P – LY,P	135	43,25	35,02	3,12	0,05

Tableau 44 – Comparaisons par paires des différences de F₃ à 25 % en fonction des facteurs VILLE et PRE_LIEU - Corpus C16-17

50 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard	Formule :
(Constante de référence)	2805,3	[2722,1 – 2888,5]	42,5	$F3_{50} \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{PRE_LIEU} + \text{POST_LIEU} + \text{VILLE}:\text{PRE_LIEU} + (1+\text{PRE_LIEU} \text{LOCUTEUR}) + (0+\text{POST_LIEU} \text{LOCUTEUR}) + (1 \text{MOT})$ Références : VILLE = SG SEXE = F PRE_LIEU = 0 POST_LIEU = P R² marginal : 0,70 R² conditionnel : 0,89
VILLE_LY	-184,9	[-253,7 – -116,1]	35,1	
SEXE_H	-359,1	[-417,1 – -301,2]	29,6	
PRE_LIEU_A	52,4	[-10,5 – 115,3]	32,1	
PRE_LIEU_L	6,3	[-56,8 – 69,3]	32,2	
PRE_LIEU_P	-87,1	[-152,8 – -21,4]	33,5	
POST_LIEU_A	40,8	[5,0 – 76,7]	18,3	
POST_LIEU_L	48,8	[8,4 – 89,2]	20,6	
VILLE_LY:PRE_LIEU_A	-5,2	[-40,6 – 30,2]	18	
VILLE_LY:PRE_LIEU_L	-35,8	[-73,9 – -2,3]	19,4	
VILLE_LY:PRE_LIEU_P	8,5	[-34,0 – 50,9]	21,7	

Tableau 45 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₃ à 50 % - Corpus C16-17

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de F	Valeur de p
VILLE	246159	246159	1	33,02	33,391	< 0,001
SEXE	834790	834790	1	33,00	113,238	< 0,001
PRE_LIEU	360106	120035	3	80,31	16,283	< 0,001
POST_LIEU	46700	23350	2	76,16	3,167	0,048
VILLE:PRE_LIEU	84844	28281	3	31,908	3,836	< 0,001

Tableau 46 – Valeurs de p calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₃ à 50 % - Corpus C16-17

Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

SEXE	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
F	2732	25,35	49,11	[2681 – 2783]
M	2372	25,35	49,17	[2322 – 2423]

Tableau 47 – Moyennes marginales estimées de F₃ à 50 % pour chaque niveau du facteur SEXE - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
F – M	359	33,75	33	10,64	< 0,001

Tableau 48 – Comparaisons par paires des différences de F₃ à 50 % en fonction du facteur SEXE - Corpus C16-17

POST_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
P	2522	23,98	78,29	[2474 – 2570]
A	2563	18,93	59,51	[2525 – 2601]
L	2571	21,83	74,49	[2527 – 2614]

Tableau 49 – Moyennes marginales estimées de F₃ à 50 % pour chaque niveau du facteur POST_LIEU - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
P – A	-41	18,29	80,38	-2,23	0,061
P – L	-49	20,6	77,51	-2,37	0,061
A – L	-8	15,76	72,06	-0,51	0,614

Tableau 50 – Comparaisons par paires des différences de F₃ à 50 % en fonction du facteur POST_LIEU - Corpus C16-17

VILLE	PRE LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	0	2656	37,62	91,94	[2581 – 2730]
LY	0	2471	37,41	90,35	[2396 – 2545]
SG	A	2708	29,44	48,70	[2649 – 2767]
LY	A	2518	29,45	48,70	[2459 – 2577]
SG	L	2662	24,92	51,66	[2612 – 2712]
LY	L	2441	24,92	51,67	[2391 – 2491]
SG	P	2568	27,23	55,48	[2514 – 2623]
LY	P	2392	27,23	55,49	[2338 – 2447]

Tableau 51 – Moyennes marginales estimées de F₃ à 50 % pour chaque combinaison des facteurs VILLE et PRE_LIEU - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
SG,0 – LY,0	185	36,61	33,1	5,05	< 0,001
SG,0 – SG,A	-52	32,13	80,81	-1,63	0,533
SG,0 – LY,A	138	47,63	82,03	2,89	0,054
SG,0 – SG,L	-6	32,19	83,72	-0,2	0,846
SG,0 – LY,L	214	44,99	89,14	4,77	< 0,001
SG,0 – SG,P	87	33,54	86,52	2,6	0,099
SG,0 – LY,P	264	46,26	91,13	5,7	< 0,001
LY,0 – SG,A	-237	47,45	80,93	-5	< 0,001
LY,0 – LY,A	-47	31,89	78,96	-1,48	0,571
LY,0 – SG,L	-191	44,8	87,83	-4,27	< 0,001
LY,0 – LY,L	29	31,96	81,81	0,92	0,718
LY,0 – SG,P	-98	46,08	89,89	-2,12	0,22
LY,0 – LY,P	79	33,32	84,69	2,36	0,164
SG,A – LY,A	190	38,19	33,12	4,98	< 0,001
SG,A – SG,L	46	19,86	93,24	2,32	0,164
SG,A – LY,L	267	38,33	52,84	6,96	< 0,001
SG,A – SG,P	140	21,19	93,87	6,59	< 0,001
SG,A – LY,P	316	39,79	55,29	7,94	< 0,001
LY,A – SG,L	-144	38,33	52,86	-3,76	0,006
LY,A – LY,L	77	19,86	93,22	3,86	0,003
LY,A – SG,P	-51	39,8	55,33	-1,27	0,628
LY,A – LY,P	126	21,18	93,85	5,94	< 0,001
SG,L – LY,L	221	31,83	33	6,93	< 0,001
SG,L – SG,P	93	18,56	90,73	5,03	< 0,001
SG,L – LY,P	270	36,57	54,94	7,38	< 0,001
LY,L – SG,P	-127	36,58	54,97	-3,48	0,012
LY,L – LY,P	49	18,56	90,75	2,65	0,095

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
SG,P – LY,P	176	34,04	33,03	5,18	< 0,001

Tableau 52 – Comparaisons par paires des différences de F₃ à 50 % en fonction des facteurs VILLE et PRE_LIEU - Corpus C16-17

75 %

Prédicteur	Coefficient estimé	Intervalle de confiance de Wald	Erreur standard	Formule :
(Constante de référence)	2731,39	[2631,15 – 2831,63]	51,14	$F3_{75} \sim \text{VILLE} + \text{SEXE} + \text{PRE_LIEU} + \text{POST_LIEU} + \text{VILLE:PRE_LIEU} + (1 + \text{PRE_LIEU} + \text{POST_LIEU} \text{LOCUTEUR}) + (1 \text{MOT})$
VILLE_LY	-103,54	[-193,41 – -13,67]	45,85	
SEXE_H	-363,8	[-424,38 – -303,23]	30,91	
PRE_LIEU_A	25,42	[-44,36 – 95,19]	35,6	
PRE_LIEU_L	-24,92	[-94,82 – 44,98]	35,66	
PRE_LIEU_P	-73,84	[-144,84 – -2,84]	36,23	
POST_LIEU_A	120,27	[73,24 – 167,30]	23,99	
POST_LIEU_L	96,93	[45,62 – 148,23]	26,17	
VILLE_LY:PRE_LIEU_A	-24,06	[-56,92 – 8,80]	16,77	
VILLE_LY:PRE_LIEU_L	-27,37	[-65,04 – 10,29]	19,22	
VILLE_LY:PRE_LIEU_P	0,04	[-34,90 – 34,98]	17,83	

Références : SEXE = F | VILLE = SG |
PRE_LIEU = 0 | POST_LIEU = P

R² marginal : 0,58

R² conditionnel : 0,88

Tableau 53 – Modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₃ à 75 % - Corpus C16-17

Variable indépendante	Somme des carrés	Moyenne des carrés	D. l. du numérateur	D. l. du dénominateur	Valeur de F	Valeur de <i>p</i>
VILLE	67235	67235	1	35,14	8,090	0,007
SEXE	894015	894015	1	34,95	107,566	< 0,001
PRE_LIEU	144492	48164	3	73,78	5,795	0,001
POST_LIEU	210905	105452	2	89,55	12,688	< 0,001
VILLE:PRE_LIEU	69091	23030	3	34	2,771	0,056

Tableau 54 – Valeurs de *p* calculées pour les variables indépendantes incluses dans le modèle de régression linéaire à effets mixtes estimé pour F₃ à 75 % - Corpus C16-17

Les variables en gras sont celles pour lesquelles des calculs de moyennes marginales estimées ont été réalisés.

SEXE	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
F	2727	28,92	58,93	[2669 – 2785]
M	2363	30,04	58,95	[2303 – 2424]

Tableau 55 – Moyennes marginales estimées de F₃ à 75 % pour chaque niveau du facteur SEXE - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
F – M	364	35,08	34,95	10,37	< 0,001

Tableau 56 – Comparaisons par paires des différences de F₃ à 75 % en fonction du facteur SEXE - Corpus C16-17

POST_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
P	2473	29,82	79,67	[2414 – 2532]
A	2593	23,12	60,13	[2547 – 2639]
L	2570	28,75	71,06	[2513 – 2627]

Tableau 57 – Moyennes marginales estimées de F₃ à 75 % pour chaque niveau du facteur POST_LIEU - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
P – A	-120	24	94,28	-5,01	< 0,001
P – L	-97	26,18	85,46	-3,7	< 0,001
A – L	23	20,81	88,93	1,12	0,265

Tableau 58 – Comparaisons par paires des différences de F₃ à 75 % en fonction du facteur POST_LIEU - Corpus C16-17

VILLE	PRE_LIEU	Moyenne marginale estimée (Hz)	Erreur standard	D. l.	Intervalle de confiance
SG	0	2622	46,29	90,50	[2530 – 2714]
LY	0	2518	46,20	89,67	[2427 – 2610]
SG	A	2647	33,42	56,47	[2580 – 2714]
LY	A	2520	33,42	56,43	[2453 – 2587]
SG	L	2597	29,80	60,14	[2537 – 2657]
LY	L	2466	29,80	60,13	[2406 – 2526]
SG	P	2548	33,12	62,03	[2482 – 2614]
LY	P	2445	33,12	62,03	[2378 – 2511]

Tableau 59 – Moyennes marginales estimées de F₃ à 75 % pour chaque combinaison des facteurs VILLE et PRE_LIEU - Corpus C16-17

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de t	Valeur de p
SG,0 – LY,0	104	48,4	35,41	2,14	0,552
SG,0 – SG,A	-25	35,74	79,54	-0,71	1
SG,0 – LY,A	102	56,38	80,03	1,81	0,737
SG,0 – SG,L	25	35,84	83,37	0,7	1
SG,0 – LY,L	156	53,9	82,69	2,89	0,098
SG,0 – SG,P	74	36,38	80,35	2,03	0,585
SG,0 – LY,P	177	55,96	82,21	3,17	0,047
LY,0 – SG,A	-129	56,32	79,75	-2,29	0,377
LY,0 – LY,A	-1	35,58	78,32	-0,04	1
LY,0 – SG,L	-79	53,85	82,42	-1,46	1
LY,0 – LY,L	52	35,68	82,08	1,47	1
LY,0 – SG,P	-30	55,9	81,91	-0,53	1
LY,0 – LY,P	74	36,23	79,22	2,04	0,585
SG,A – LY,A	128	42,2	35,16	3,02	0,097
SG,A – SG,L	50	21,18	87,45	2,38	0,335
SG,A – LY,L	181	43,75	56,36	4,14	0,003

Contraste	Différence (Hz)	Erreur standard	D. l.	Valeur de <i>t</i>	Valeur de <i>p</i>
SG,A – SG,P	99	22,51	82,99	4,41	< 0,001
SG,A – LY,P	203	46,26	57,83	4,38	0,001
LY,A – SG,L	-77	43,75	56,39	-1,77	0,746
LY,A – LY,L	54	21,17	87,29	2,53	0,248
LY,A – SG,P	-28	46,26	57,84	-0,61	1
LY,A – LY,P	75	22,5	82,83	3,34	0,029
SG,L – LY,L	131	36,31	35,04	3,61	0,023
SG,L – SG,P	49	21,19	79,18	2,31	0,377
SG,L – LY,P	152	43,24	58,15	3,53	0,021
LY,L – SG,P	-82	43,24	58,14	-1,9	0,692
LY,L – LY,P	22	21,18	79,12	1,02	1
SG,P – LY,P	104	40,43	35,12	2,56	0,269

Tableau 60 – Comparaisons par paires des différences de F₃ à 75 % en fonction des facteurs VILLE et PRE_LIEU - Corpus C16-17

