

Analyses acoustiques des monophthongues du luxembourgeois produites dans la parole lue

Tina Thill

Institut de langue et de littératures luxembourgeoises, Université du Luxembourg
11, porte des Sciences, L-4366 Esch-sur-Alzette, Luxembourg
Laboratoire de Phonétique et Phonologie, Université Sorbonne Nouvelle – Paris 3
19, rue des Bernardins, F-75005 Paris, France
tina.thill@ymail.com, tina.thill@uni.lu

RESUME

Cet article présente une analyse acoustique de 12 monophthongues du luxembourgeois produites par des locuteurs de la région centrale du Grand-Duché de Luxembourg. Cette analyse fait partie du travail empirique de notre thèse de doctorat sur les productions natives et non natives des voyelles du luxembourgeois. A partir des données de 10 locuteurs natifs, nous analysons les valeurs de la durée et des trois premiers formants des paires de voyelles longues et brèves opposées [i:]-[i], [e:]-[e], [a:]-[a], [o:]-[ɔ], [u:]-[u] et de l’allophone [ɛ:] réalisée lorsqu’elle est suivie d’un /r/. Les analyses montrent que (i) les voyelles longues et brèves se distinguent tant par la durée acoustique que par le timbre, (ii) la voyelle semi-ouverte [ɛ:] suivie d’un /r/ vocalisé tend à se diphtonguer.

ABSTRACT

Acoustic analyses of Luxembourgish monophthongs produced in reading speech

In this article, we investigate the production of 12 monophthongs produced by 10 native speakers of Luxembourgish of the central region of the Grand-Duchy of Luxembourg. The analyses are part of the empirical work of our PhD thesis, which investigates native and non-native productions of Luxembourgish vowels. The aim of this article is to analyze formant and duration values of the pairs of contrastive long and short vowels [i:]-[i], [e:]-[e], [a:]-[a], [o:]-[ɔ], [u:]-[u] and the mid-open [ɛ:], which is only realized when followed by /r/. The analyses show that (i) both duration and vowel quality are important for the distinction between long and short vowels, (ii) [ɛ:] followed by /r/ is characterized by diphtongization.

MOTS-CLÉS : luxembourgeois, phonétique acoustique, monophthongues, parole lue

KEYWORDS: Luxembourgish, acoustic phonetics, monophthongs, reading speech

1 Introduction

A l’origine un dialecte francique mosellan, le luxembourgeois (*Lëtzebuergesch*), parlé par environ 400.000 locuteurs (FEHLEN, 2009), est une langue encore peu étudiée sur le plan phonétique. A côté du contact important entre le luxembourgeois, l’allemand et le français au Grand-duché de

Luxembourg, il existe de nombreuses variétés régionales. Actuellement, le luxembourgeois connaît aussi un essor dans l'enseignement en tant que langue étrangère (LLE), ce qui pousse à vouloir décrire la langue pour des besoins pédagogiques afin de fournir un matériel adéquat pour son apprentissage (TROUVAIN ET GILLES, 2009). L'enseignement du LLE se base sur la variété parlée la plus répandue, représentée par le parler de la région centrale du Luxembourg (GILLES, 1999). L'objectif de cet article est d'investir les caractéristiques acoustiques des voyelles de cette région afin d'approfondir les descriptions phonétiques et d'obtenir des valeurs de référence pour les formants qui puissent servir pour des études comparatives. Cette approche a déjà été menée par GEORGETON ET AL. (2012) dans le cadre d'un projet sur le français langue étrangère.

Les travaux de KEISER-BESCH (1976) et GOUDAILLIER (1987) figurent parmi les premières études phonétiques et phonologiques sur le luxembourgeois. Des études plus récentes ont remis en question l'ancien schéma phonologique et ont fourni de nouvelles descriptions sur les voyelles produites dans la parole lue (GILLES ET TROUVAIN, 2013 ; NISHIDE, 2014). D'autres études se sont penchées sur les réalisations des voyelles dans la parole journalistique pour la reconnaissance automatique de la parole (ADDA-DECKER, 2014). D'une manière générale, ces travaux appellent à un besoin de recherche plus approfondie sur le luxembourgeois.

Le travail présenté dans cet article part sur le schéma vocalique proposé par GILLES ET TROUVAIN (2013) et basé sur les données d'un locuteur de la région centrale du Luxembourg. Selon ce système, le luxembourgeois possède 14 monophthongues, 8 diphtongues et 9 emprunts du français et de l'allemand (cf. TABLEAU 1). Parmi les monophthongues, nous constatons qu'il existe des paires de voyelles longues et brèves [i:]-[i], [e:]-[e], [a:]-[a], [o:]-[ɔ], [u:]-[u] qui permettent de distinguer entre les paires minimales suivantes :

(1) <i>wiiss</i> [vi:s] « grandis »	–	<i>Wiss</i> [vis] « pré »
(2) <i>Scheek</i> [ʃe:k] « étui »	–	<i>schéck</i> [ʃek] « envoie ! »
(3) <i>Pap</i> [pa:p] « colle »	–	<i>Papp</i> [pap] « père »
(4) <i>Mooss</i> [mo:s] « mesure »	–	<i>Moss</i> [mɔs] « nana »
(5) <i>Muuss</i> [mu:s] « minou »	–	<i>muss</i> [mus] « dois »

Exemples d'opposition entre les paires de voyelles longues et brèves par des paires minimales

Ces paires minimales constituent un point de départ pour notre analyse. En effet, une analyse sur le degré de distinction acoustique entre ces paires permettrait de s'approfondir les descriptions sur les caractéristiques de ces voyelles dans la parole. Notons que dans la liste des monophthongues, nous retrouvons également deux voyelles semi-ouvertes [ɛ:] et [æ] ainsi que deux voyelles centrales [ə] et [ɐ]. La voyelle [ɛ:] considérée comme un allophone de /e:/ qui se réalise seulement lorsqu'il est suivi d'un /r/, souvent vocalisé chez les jeunes locuteurs (ex. *Päerd* /pe:rt/ « cheval »). Ce cas de variation, que l'on retrouve aussi en allemand (KOHLE, 1977), n'est cependant pas plus explicité dans la littérature et exige également une observation analytique particulière et une confirmation appuyée par des résultats. Pour enrichir l'analyse, nous incluons également les valeurs de [æ].

Dans le but d'approfondir et d'étendre les descriptions de GILLES ET TROUVAIN (2013) avec plus de locuteurs, le sujet de cet article se concentre sur deux questions : (1) les paires de voyelles longues et brèves se distinguent-elles acoustiquement par la durée et le timbre ? (2) Quel effet le /r/ produit-il sur la voyelle antérieure semi-ouverte [ɛ:] avant /r/ (ex. *Päerd* [pɛ:rt]) ? En nous basant sur les dits de la littérature, nous prononçons deux hypothèses : (i) les voyelles phonologiquement longues et brèves se distinguent par la durée acoustique et par le timbre ; (ii) la vocalisation du /r/ engendre une

diphthongaison du [ɛ:] (ex. *Päerd* [pɛ:ət]). Nous nous attendons donc, d'une part, à une opposition importante entre les voyelles longues et brèves au niveau de la durée mais aussi au niveau du timbre et, d'autre part, à un changement de qualité vocalique pour [ɛ:].

LE SYSTEME VOCALIQUE DU LUXEMBOURGEOIS		
Les voyelles natives		Les voyelles empruntées
Les monophthongues	Les diphtongues	
[i:], [i], [e:], [e], [ɛ:], [æ], [a:], [ɑ], [o:], [ɔ], [u:], [u], [ə], [ɐ]	[iə], [əi], [uə], [əu], [æi], [æu], [ai], [au]	[y:], [y], [ø:], [œ:], [œ], [ɛ̃], [ã], [õ], [oi]

TABLEAU 1: Les voyelles du luxembourgeois, d'après le système de GILLES ET TROUVAIN (2013).

Tout d'abord, nous présentons la méthodologie et le corpus, avant d'enchaîner sur les analyses et la discussion des résultats.

2 Méthode et données

En luxembourgeois, les voyelles peuvent se trouver en position tonique ou atone (GILLES ET TROUVAIN, 2013). De ce fait, et en raison d'un manque de description prosodique sur l'accent en luxembourgeois, nous analysons les monophthongues toniques dans un environnement consonantique. Les données proviennent du corpus Lëtz-Co, que nous avons développé dans le cadre de notre thèse de doctorat qui investit la comparaison entre les productions des voyelles par des locuteurs natifs et des apprenants français menée au sein de l'Institut de langue et de littératures luxembourgeoises à l'Université du Luxembourg et au Laboratoire de Phonétique et Phonologie à l'Université Sorbonne Nouvelle – Paris 3. Les enregistrements de mots lexicaux monosyllabiques et dissyllabiques en contexte isolé (ex. *Taass* « tasse ») ont permis d'obtenir les données pour les voyelles longues et brèves. Celles pour la voyelle semi-ouverte ont été obtenues à travers des enregistrements de cinq phrases à trous, où les participants étaient censés compléter le mot manquant de la phrase à l'aide d'une image (ex. *Nom Ausrett setze mir eist [Päerd] op d'Wiss*. « Après la promenade nous mettons notre cheval au pré. »). Dans l'exemple donné, le mot entre crochets représente le mot à trouver à l'aide d'une image. Cette procédure a permis d'enregistrer la séquence [ɛ:] avant /r/ en évitant l'influence de l'orthographe et en favorisant une production spontanée de cette séquence. Le luxembourgeois n'étant pas enseigné à l'école, les locuteurs natifs n'ont pas l'habitude de lire selon les conventions orthographiques établies pour la langue.

Nous avons enregistré cinq hommes et cinq femmes âgées entre 24 et 59 ans (âge noté au moment des enregistrements en 2014). Les participants provenaient de la région centrale du Grand-Duché de Luxembourg et ils n'avaient pas vécu dans une autre région du Luxembourg. Ils ont été enregistrés dans une pièce calme avec un dictaphone Sony PCM-D50 et un micro casque Sennheiser HSP4 en mono et réglé à 44.1 kHz de fréquence d'échantillonnage. Chaque séance a duré environ 30 minutes.

Les voyelles ont été segmentées et annotées manuellement et les valeurs acoustiques (durée, F1, F2, F3) extraites avec un script sur le logiciel PRAAT (BOERSMA ET WEENINK, 2013). Les mesures ont été prises au milieu de la voyelle pour éviter l'influence du contexte phonémique. Les données ont été vérifiées et corrigées manuellement en cas d'erreur de détection des formants. En tout, nous disposons de 499 voyelles longues et brèves, dont 30 [i:], 70 [i], 40 [e:], 20 [e], 70 [a:], 70 [ɑ], 59 [o:], 70 [ɔ], 30 [u:], 40 [u], et 113 voyelles semi-ouvertes, dont 50 [ɛ:] et 63 [æ]. En total, nous analysons 612 voyelles.

3 Analyses

Les analyses portent sur les valeurs de F1, F2, F3 et de la durée. Dans le but d’observer les réalisations vocaliques en détail, nous analysons les productions de chaque locuteur.

3.1 Moyennes et triangles vocaliques

Dans la littérature, les voyelles du luxembourgeois sont décrites à travers les deux premiers formants (GILLES ET TROUVAIN, 2013 ; NISHIDE, 2014), F1 étant associé au degré d’aperture et F2 au mouvement de la langue (DELATTRE *ET AL.*, 1952). Nous proposons d’inclure F3, associé à la labialité, et qui donne des informations supplémentaires sur les caractéristiques des voyelles (VAISSIERE, 2011). Dans cette section, nous présentons les valeurs de référence sous forme de moyennes pour les trois premiers formants (valeurs en Hertz) des voyelles longues et brèves et des voyelles semi-ouvertes. Le **TABLEAU 2** illustre les moyennes et les écart-types des valeurs de F1, F2 et F3 extraites au milieu des segments.

Les différences entre les valeurs de F3 que nous pouvons observer dans le **TABLEAU 2** justifient la prise en compte du troisième formant dans notre analyse. Par exemple, [i:]-[i] se distinguent au niveau de F2, mais aussi au niveau de F3, où la différence est visible à travers un écart de 282 Hz chez les hommes et de 456 Hz chez les femmes. L’écart est plus important pour les voyelles antérieures fermées. En effet, [e:]-[e] se distinguent à travers 318 Hz chez les hommes et 506 Hz chez les femmes, tandis que [o:]-[ɔ] par exemple affichent une différence de 64 Hz chez les hommes et de 31 Hz chez les femmes.

VOYELLES	HOMMES			FEMMES		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
i:	250 (21)	2123 (130)	2981 (131)	275 (29)	2551 (84)	3547 (276)
i	304 (25)	1999 (128)	2699 (152)	361 (66)	2387 (153)	3091 (282)
e:	323 (23)	2128 (125)	2760 (120)	403 (51)	2494 (127)	3150 (202)
e	460 (26)	1767 (85)	2442 (155)	513 (47)	2085 (110)	2644 (199)
ɛ:	540 (56)	1809 (153)	2505 (199)	631 (72)	2016 (197)	2727 (143)
æ	641 (55)	1557 (129)	2319 (220)	748 (83)	1724 (128)	2666 (156)
a:	732 (77)	1379 (113)	2363 (230)	876 (68)	1523 (145)	2710 (145)
ɑ	629 (53)	1066 (103)	2491 (199)	708 (53)	1150 (83)	2630 (273)
o:	395 (55)	676 (143)	2748 (363)	409 (59)	791 (86)	2702 (244)
ɔ	474 (82)	799 (135)	2684 (292)	534 (44)	958 (105)	2751 (265)
u:	295 (65)	762 (153)	2610 (330)	303 (36)	801 (68)	2491 (152)
u	342 (43)	1024 (202)	2497 (364)	379 (62)	1019 (193)	2556 (124)

TABLEAU 2 : Les moyennes et écart-types des valeurs (Hz) de F1, F2 et F3 de 603 monophthongues en position tonique produites par 10 locuteurs natifs (5 hommes et 5 femmes).

Le triangle vocalique rend compte de la place des voyelles dans l’espace acoustique en fonction de F1 et F2. Sur la **FIGURE 1**, nous constatons un rapprochement entre [i:], [i] et [e:] et une valeur de F1 plus élevée pour [e]. La réalisation de [ɛ:] est variable : chez la locutrice (à droite), [ɛ:] est environ équidistant par rapport à [e] et [æ], tandis que chez le locuteur (à gauche), la voyelle est plus ouverte. Quant aux voyelles ouvertes, nous constatons, comme attendu, que [æ] est plus proche de [a:] que [ɑ]. La voyelle [o:] se rapproche considérablement de [ɔ], à l’image aussi de [u:] et [u]. De même, comme attendu, les voyelles brèves [i], [e] et [u] sont plus centrales que leurs opposées longues.

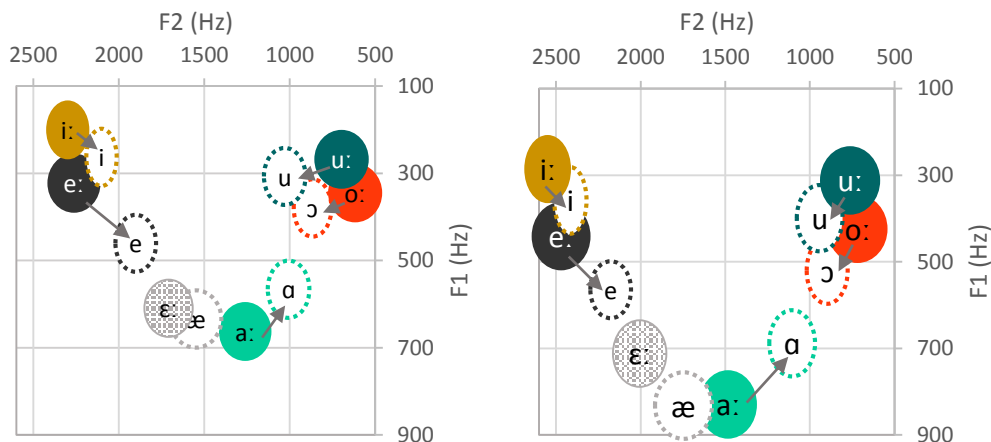


FIGURE 1 : Les triangles vocaliques d'un homme (à gauche) et d'une femme (à droite) représentant les monophthongues en fonction de F1 et F2 (valeurs non normalisées). Le lien entre les voyelles opposées par la longueur est indiqué par une flèche. Notons que la taille des ellipses n'est pas en rapport avec la dispersion des voyelles observées.

3.2 Voyelles longues et brèves

Afin de comparer les productions individuelles des 10 locuteurs, nous avons calculé les distances moyennes entre les paires de voyelles contrastives longues et brèves en fonction de F1, F2 et F3. Nous avons d'abord converti les valeurs de HERTZ en BARK pour réduire l'impact dû aux différences physiologiques entre les locuteurs dans les groupes des hommes et des femmes : cette procédure permet aussi de regrouper les voyelles acoustiquement proches sur une échelle auditive (GENDROT, 2013). Cette normalisation est effectuée à travers la formule suivante proposée par TRAUNMÜLLER (1990) :

$$Z_i = \frac{26,81}{\left(\frac{1 + 1960}{F_i}\right)} - 0,53$$

Dans cette formule, F_i indique la valeur de chaque formant soumis à la normalisation et Z_i correspond au résultat du calcul. Les distances ont été calculées avec la formule mathématique suivante :

$$\overline{D_{eucl}} = \sqrt{(Z_1(A) - Z_1(B))^2 + (Z_2(A) - Z_2(B))^2 + (Z_3(A) - Z_3(B))^2}$$

Le calcul de la distance euclidienne permet d'obtenir l'intervalle entre deux points sur un espace tridimensionnel. L'élément élevé au carré indique la soustraction de la valeur d'un formant Z de la voyelle A par celle de la voyelle B. Les distances ont été calculées à partir des moyennes en BARK pour les voyelles opposées [i:]-[i], [e:]-[e], [a:]-[a], [o:]-[ɔ] et [u:]-[u].

Les voyelles longues et brèves sont bien distinguées au niveau du timbre, mais nous constatons que le degré de distinction varie en fonction des locuteurs. La **FIGURE 2** illustre globalement des écarts moins importants entre les paires de voyelles contrastives [i:]-[i] et [o:]-[ɔ] qu'entre les autres voyelles. La distinction entre [e:]-[e], [a:]-[a] et [u:]-[u] est flagrante : l'écart entre [a:]-[a] est particulièrement élevé chez PN3 et PN5 ; [u:]-[u] sont bien distinguées par tous les locuteurs, sauf par PN6, qui affiche un écart réduit entre ces deux voyelles. Chez les femmes, les distances entre les

voyelles se caractérisent par une plus grande variabilité. Ainsi, les distances chez PN6 tendent à être plus faibles, plus spécifiquement pour [i:]-[i] et [u:]-[u] : ces dernières sont par contre bien distinguées par les autres locutrices. Le degré de distinction est particulièrement élevé pour [a:]-[a] chez PN3 et PN5, qui distingue également fortement les voyelles [o:]-[o].

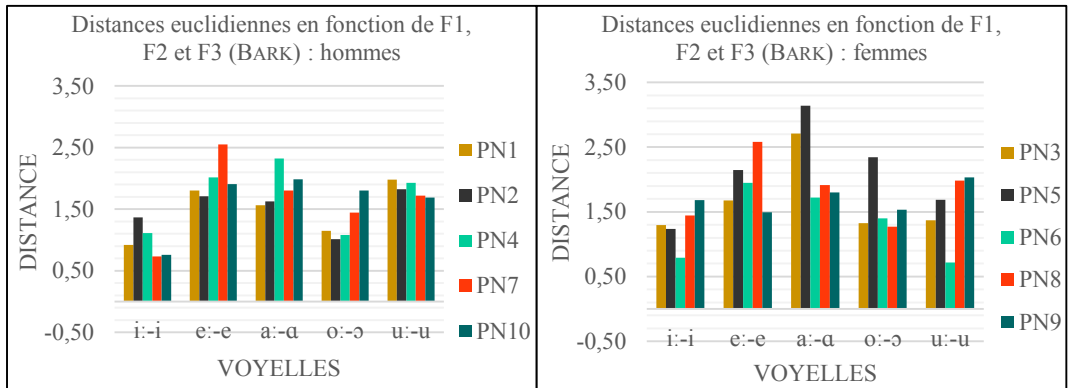


FIGURE 2 : Les distances euclidiennes calculées à partir des moyennes de F1 et F2 (BARK) pour les voyelles phonologiquement longues et brèves produites par les hommes et les femmes.

Les distances présentées sur ces graphiques suggèrent que certaines voyelles opposées se distinguent plus fortement que d'autres à travers les trois premiers formants. Pour détailler cet aspect, nous avons effectué des tests T indépendants, en incluant la durée. Nous avons normalisé les valeurs formantiques avec la méthode de LOBANOV pour réduire les différences dues aux facteurs sociologiques entre les locuteurs (THOMAS ET KENDALL, 2007) et pour pouvoir ainsi effectuer les tests sur les moyennes de l'ensemble des locuteurs. Les résultats des tests montrent une différence significative au niveau des trois premiers formants et de la durée entre les paires de voyelles contrastives [i:]-[i] (F1 : $t = 7,65$, $p < 0,05$; F2 : $t = -4,98$, $p < 0,05$; F3 : $t = -7,12$, $p < 0,05$; Durée : $t = -14,96$, $p < 0,05$), [e:]-[e] (F1 : $t = 11,57$, $p < 0,05$; F2 : $t = -11,94$, $p < 0,05$; F3 : $t = -8,46$, $p < 0,05$; Durée : $t = -14,22$, $p < 0,05$) et [a:]-[a] (F1 : $t = -11,33$, $p < 0,05$; F2 : $t = -17,81$, $p < 0,05$; F3 : $t = -0,77$, $p = 0,44$; Durée : $t = -12,77$, $p < 0,05$). La différence n'est pas significative au niveau de F3 pour [o:]-[o] (F1 : $t = 7,60$, $p < 0,05$; F2 : $t = 6,34$, $p < 0,05$; F3 : $t = -0,51$, $p = 0,614$; Durée : $t = -11,41$, $p < 0,05$) et [u:]-[u] (F1 : $t = 7,60$, $p < 0,05$; F2 : $t = 6,34$, $p < 0,05$; F3 : $t = -0,51$, $p = 0,614$; Durée : $t = -11,41$, $p < 0,05$). Ces résultats montrent l'importance du timbre et de la durée pour la production des paires de voyelles contrastives longues et brèves.

3.3 Réalisation de [ɛ:] devant /r/

D'après la littérature, nous savons qu'un contexte uvulaire abaisse F2, notamment en finale de mot (GENDROT, 2013). Or, il est établi que le /r/ après [ɛ:] a tendance à se vocaliser en luxembourgeois (GILLES ET TROUVAIN, 2013). Nous observons d'abord si l'abaissement de F2 de la voyelle a aussi lieu avec la vocalisation du /r/ et ensuite, s'il engendre une diphtongaison de la voyelle.

Pour observer la vocalisation du /r/, nous avons extrait les valeurs acoustiques de [ɛ:] à sept points des segments. En moyenne, la voyelle a une durée de 120 ms. Les valeurs formantiques indiquent un mouvement dynamique de [ɛ:], qui se traduit par un abaissement de F2 et une postériorisation de F1. (cf. FIGURE 3). Chez les hommes, la voyelle démarre à 1904 Hz au niveau de F2, puis engage un abaissement progressif qui aboutit à 1485 Hz. Chez les femmes, F2 démarre à 2170 Hz et s'abaisse durant la production de la voyelle jusqu'à une centralisation à 1613 Hz ; F1 monte progressivement, de sorte qu'à la sixième mesure, l'espace entre les formants est pratiquement équidistant. Le

mouvement formantique de [ɛ:] suggère un aspect dynamique de la voyelle (cf. **FIGURE 4**). Au début de sa production, la voyelle démarre au niveau de [e], puis descend vers [æ] et remonte vers le centre du triangle. Le mouvement dynamique de [ɛ:] résulte en une diptongaison. Il se peut cependant que ce résultat soit en partie influencé par les transitions formantiques au début et à la fin de la voyelle.

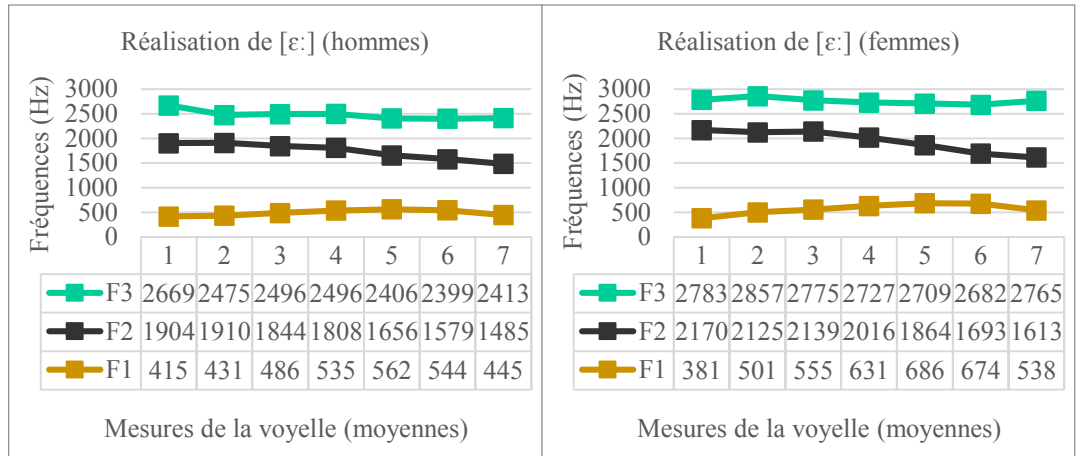


FIGURE 3 : La voyelle [ɛ:] en fonction de sept mesures de F1, F2 et F3 (moyennes des valeurs de 25 voyelles par groupe).

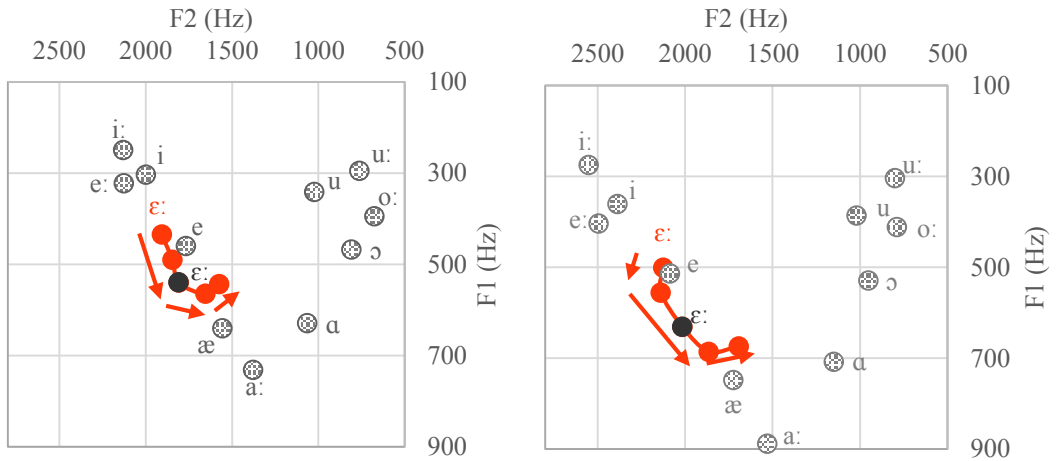


FIGURE 4 : Les moyennes de cinq mesures de [ɛ:] illustrant le mouvement de la voyelle en fonction de F1 et F2 chez les hommes (à gauche) et les femmes (à droite).

4 Discussion et perspectives

Dans cet article, nous avons investi les caractéristiques acoustiques de 12 monophtongues du luxembourgeois produites par des locuteurs de la région centrale du Grand-Duché de Luxembourg. Le but de l'article était d'étendre les descriptions acoustiques sur les monophtongues du luxembourgeois existantes dans la littérature. Nous avons analysé les valeurs des trois premiers formants et de la durée : les analyses ont permis (i) d'obtenir des valeurs de référence pour les formants des monophtongues en position tonique dans la parole lue, (ii) de vérifier si les voyelles longues et brèves se distinguent tant par la durée acoustique que par le timbre, (iii) d'observer les

mouvements formantiques de la voyelle semi-ouverte [ɛ:] avant /r/. Dans un premiers temps, les analyses ont tout d'abord dévoilé une importance de l'effet des formants et de la durée pour la distinction entre les paires de voyelles contrastives longues et brèves, appuyé par des tests statistiques appliqués à chaque paire. Ensuite, elles ont montré que le timbre, et notamment F3, s'est avéré particulièrement nécessaire pour la distinction entre [i:]-[i], [e:]-[e] et [a:]-[a]. La première hypothèse, selon laquelle les paires de voyelles contrastives s'opposent à travers la durée et la qualité vocalique, serait alors confirmée pour nos données. Les résultats sont par contre valables uniquement pour les voyelles en position tonique dans des mots en contexte isolé. Par la suite, il est nécessaire de poursuivre des analyses plus approfondies, en les appliquant par exemple à des données dans un autre registre de parole. Dans un deuxième temps, nous avons observé que le [ɛ:] se caractérise par un mouvement dynamique, semblable à celui de [ɛə] de l'anglais australien (WATSON ET HARRINGTON, 1999). La deuxième hypothèse doit donc être confirmée par une enquête plus approfondie sur la réalisation de [ɛ:], par exemple en comparant le mouvement de cette voyelle à celui des autres monophthongues avant /r/ et à celui des diphthongues du luxembourgeois. Des analyses supplémentaires pourraient tenir compte d'autres facteurs, comme la position syllabique et la parole spontanée. Une comparaison avec des données sur des variétés de l'allemand permettrait également de mieux comprendre la fonction des caractéristiques des voyelles soulevées dans cet article, puisque les voyelles de l'allemand possèdent également des caractéristiques spécifiques telles que l'opposition entre les voyelles longues et brèves (PIROT ET AL., 2015).

Comme le luxembourgeois a encore été peu étudié sur le plan linguistique et phonétique, notre travail représente une contribution à la recherche scientifique sur une variété de cette langue. Les perspectives de recherche sur le luxembourgeois sont grandissantes, tant en phonétique segmentale que suprasegmentale. Les possibilités d'études s'étendent vers plusieurs champs, tels que la sociophonétique, l'acquisition et la reconnaissance automatique de la parole. Notre démarche analytique nous a permis d'obtenir des résultats qui pourront servir de référence pour de futurs travaux descriptifs et comparatifs.

Références

- ADDA-DECKER M., LAMEL L., ADDA G. (2014). Speech alignment and recognition experiments for Luxembourgish, *International Workshop on Spoken Language Technologies for Under-resourced Languages*, 53-60.
- BOERSMA P., WEENINK D., (2014). *PRAAT: doing phonetics by computer [Computer Program]*, version 5.3.84.
- DELATRE P., LIBERMAN A., COOPER, F., GERSTMAN, L. (1952). An experimental study of the acoustic determinants of vowel color: observations on one- and two-formant vowels synthesized from spectrographic patterns, *Word*, 195-210.
- FEHLEN F., (2009). BaleineBis. Une enquête sur un marché linguistique multilingue en profonde mutation/Luxemburgs Sprachenmarkt im Wandel, *RED 12*.
- GENDROT C., (2013). Réalisation et perception du /R/ standard français en finale de mot, *JCJC SHS 2 – Développement humain et cognition, langue et communication*.
- GENDROT C., (2013). De la normalisation formantique des voyelles, *Méthodes et outils pour l'analyse phonétique des grands corpus oraux*, Cachan : Hermes/Lavoisier.

GEORGETON L., PAILLEREAU N., LANDRON S., GAO J., KAMIYAMA T., (2012). Analyse formantique des voyelles orales du français en contexte isolé : à la recherche d'une référence pour les apprenants de FLE, *Proceedings of the Joint Conference JEP-TALN-RECITAL 1*, Grenoble : ATALA/AFCP.

GILLES P., (1999). *Dialektausgleich im Lëtzebuergeschen*, Tübingen : Niemeyer.

GILLES P., TROUVAIN J., (2013). Luxembourgish, *Journal of the International Phonetic Association* 43, 67-74.

GOUDAILLIER J.-P., (1981). *Phonologie fonctionnelle et phonétique expérimentale : exemples empruntés au luxembourgeois*, Hambourg : Helmut Buske.

KEISER-BESCH D., (1976). Etude descriptive et analytique du vocalisme luxembourgeois, *Bulletin de Linguistique, Ethnologique et Toponymique* 20, 91-100.

KOHLER K., (1977). *Einführung in die Phonetik des Deutschen*, Berlin : Erich Schmidt Verlag.

NISHIDE K., (2014). Das Vokalsystem des Zentralluxemburgischen, *Neue Beiträge zur Germanistik* 13, 278-295.

PIROT G., SKUPINSKI P., POMPINO-MARSCHALL B., (2015). Production of vowel contrasts in Northern Standard German and Austrian Standard German, *International Congress of Phonetic Sciences*, 1-5.

THOMAS E., KENDALL T., (2007). *NORM : The vowel normalization and plotting suite*. [Online Resource: <http://ncslaap.lib.ncsu.edu/tools/norm/>]

TRAUNMÜLLER H., (1990). Analytical expressions for the tonotopic sensory scale, *Journal of the Acoustical Society of America* 88, 97-100.

TROUVAIN J., GILLES P., (2009). PhonLaF – phonetic online material for Luxembourgish as a foreign language, *Phonetics Teaching and Learning Conference*, 74-77.

VAISSIÈRE J., (2011). On the acoustic and perceptual characterization of reference vowels in a cross-language perspective, *International Congress of Phonetic Sciences*, 52-59.

WATSON C., HARRINGTON, J., (1999). Acoustic evidence for dynamic formant trajectories in Australian English vowels, *Journal of the Acoustical Society of America*, 458-468.