HAL
open science

Les variations du schwa transitionnel en tachlhit : Une analyse acoustique

Minmin Yang, Rachid Ridouane

To cite this version:

Minmin Yang, Rachid Ridouane. Les variations du schwa transitionnel en tachlhit : Une analyse acoustique. 6e conférence conjointe Journées d'Études sur la Parole (JEP, 33e édition), Traitement Automatique des Langues Naturelles (TALN, 27e édition), Rencontre des Étudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues (RÉCITAL, 22e édition). Volume 1 : Journées d'Études sur la Parole, 2020, Nancy, France. pp.636-644. hal-02798597v3

HAL Id: hal-02798597

https://hal.science/hal-02798597v3

Submitted on 23 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Actes de la 6e conférence conjointe Journées d'Études sur la Parole (JEP, 33e édition),
Traitement Automatique des Langues Naturelles (TALN, 27e édition),
Rencontre des Étudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues (RÉCITAL, 22e édition)
Nancy, France, 08-19 juin 2020

Les variations du schwa transitionnel en tachlhit : une analyse acoustique

Minmin Yang[1] Rachid Ridouane[1]
(1) Laboratoire de Phonétique et Phonologie, 19 rue des Bernardins 75005 Paris, France
minmin.yang@sorbonne-nouvelle.fr, rachid.ridouane@sorbonne-nouvelle.fr

RESUME

Les caractéristiques temporelles et spectrales du schwa transitionnel en tachlhit sont analysées dans cette étude. Nous avons examiné 18 items du type C_1C_2VC afin d'explorer comment la durée et la qualité de ce vocoïde sont affectées par le contexte consonantique et vocalique avoisinant. Les résultats obtenus à partir de la réalisation de 7 locuteurs natifs montrent que la durée du schwa est beaucoup plus court comparées aux voyelles pleines. Alors que cette durée varie peu selon le contexte, la qualité du schwa peut être affectée par une combinaison de facteurs incluant la nature de la voyelle qui suit, ainsi que le lieu et le mode d'articulation des consonnes adjacentes. Ces variations sont observées pour F1, F2 et F3, et la plupart d'entre elles peuvent être prédites selon que la consonne qui suit est une occlusive emphatique ou une sonante battue.

ABSTRACT

Variations of transitional schwa in Tashlhiyt: an acoustic analysis

The temporal and spectral characteristics of the Tashlhiyt transitional schwa are analyzed in this study. We examined 18 C_1C_2VC type items aiming to explore how the duration and quality of this vowel are affected by the consonantal context and surrounding vowels. The results obtained from the realization of 7 native speakers show that the duration of the schwa is much shorter compared to full vowels. While this duration varies little according to context, the quality of the schwa can be affected by a combination of factors including the nature of the vowel that follows, and the place and mode of articulation of adjacent consonants. These variations are observed for F1, F2 and F3, and most of them can be predicted by whether the following consonant is an emphatic stop or a rhotic sonorant.

MOTS-CLES : schwa transitionnel, durée, qualité, séquences consonantiques, berbère tachlhit
KEYWORDS: transitional schwa, duration, quality, consonant sequences, Tashlhiyt Berber

1 Introduction

Plusieurs types de schwa sont attestés dans les langues du monde. Le schwa peut être (i) sous-jacent (i.e. donné par le lexique), (ii) dérivé de la réduction d'une voyelle pleine, (iii) épenthétique (i.e. inséré par la composante phonologique), ou (iv) transitionnel (i.e. résultant de la transition phonétique entre deux consonnes adjacentes). Dans cette étude, nous allons nous intéresser à ce dernier type, encore peu étudié en phonétique et en phonologie. Le tachlhit, la langue examinée,

Volume 1 : Journées d'Études sur la Parole, pages 636–644.
HAL : hal-02798597.
Cette œuvre est mise à disposition sous licence Attribution 4.0 International.

est connu pour l'extrême souplesse qu'il offre pour former des séquences consonantiques au niveau sous-jacent, et se présente donc comme un terrain fertile pour traiter de ce vocoïde. Nous allons plus spécifiquement nous intéresser à sa variabilité sur le plan acoustique, en examinant comment sa qualité et sa durée sont affectées par le contexte consonantique et vocalique avoisinant. L'inventaire vocalique du tachlhit contient 3 voyelles au niveau sous-jacent /i u a/. Au niveau de la surface, en plus des différentes réalisations de ces 3 voyelles pleines, un élément schwa, transcrit ici comme [ə], est fréquemment observé dans le signal acoustique. La question du statut de ce vocoïde a fait l'objet d'après discussions dans la littérature. Deux tendances ont longtemps animé ce débat : (i) la première, représentée par les travaux de Dell & Elmedlaoui (1985, 1988, 1996, 2002), Ridouane (2003, 2008), Ridouane et Fougeron (2011), considère schwa comme un élément transitionnel irrépressible, gouverné uniquement par la nature phonétique des consonnes adjacentes, (ii) la deuxième, représentée notamment par les travaux de Coleman (1996, 1999, 2001 ; mais aussi Louali et Puech, 2000), considère au contraire qu'il s'agit là d'une voyelle épenthétique insérée par la composante phonologique pour occuper le noyau de toute syllabe n'ayant pas de voyelle pleine. Plus récemment, des travaux sur la structuration prosodique du tachlhit et son interaction avec la distribution du schwa ont permis d'y voir plus clair (Gordon & Nafi, 2012 ; Grice et al. 2011, 2015 ; Roettger, 2016 ; Ridouane 2008 ; Ridouane & Cooper-Leavitt 2019). Les résultats de l'étude menée par Ridouane & Cooper-Leavitt (2019) montrent ainsi la coexistence de deux types de schwa dans la langue, qui font surface dans des conditions différentes et ont des relations différentes avec la structure phonologique : un vocoïde transitionnel (T-vocoïde) et un vocoïde déclenché prosodiquement (P-vocoïde). Le P-vocoïde ne fait surface que lorsqu'un marquage prosodique saillant ne s'attache pas à une voyelle lexicale ou à une sonante déjà présente dans le mot. Le T-vocoïde (schwa transitionnel), beaucoup plus fréquent, est ignoré par le système phonologique de la langue, et son apparition dépend des caractéristiques phonétiques des consonnes adjacentes.

Au-delà de la variabilité liée aux locuteurs et au débit, deux conditions sont nécessaires pour l'émergence d'un schwa transitionnel entre deux consonnes en tachlhit : (i) au moins une des deux consonnes doit être phonologiquement voisée, et (ii) le conduit vocal doit être suffisamment ouvert au moment de la transition de la première à la deuxième consonne. Ainsi, dans une forme de type C_1C_2VC (où V = voyelle pleine), seul un schwa transitionnel peut être acoustiquement présent entre C_1 et C_2, si les conditions (i) et (ii) sont satisfaites (e.g. dans [bədan] 'ils ont commencé'). Ce sont des items de ce type que nous allons examiner dans cette étude. L'objectif est de déterminer comment le lieu et le mode d'articulation de C_2 ainsi que la nature de la voyelle pleine affectent la durée et la qualité des schwas transitionnels. Les résultats obtenus seront notamment comparés aux résultats obtenus par Coleman (2001). Contrairement au travail de Coleman, dont les données étaient déséquilibrées et limitées à la réalisation d'un seul locuteur, cette étude porte sur plusieurs locuteurs produisant une liste de mots dont les contextes d'occurrence du schwa ont été soigneusement contrôlés.

2 Méthodologie

Sept locuteurs natifs du tachlhit (L1-7) ont été enregistrés dans le cadre de cette étude. L'enregistrement s'est déroulé dans la chambre sourde du Laboratoire de Phonétique et Phonologie (CNRS/Sorbonne Nouvelle, Paris). Les participants, enregistrés individuellement à l'aide du logiciel Protools, sont tous de sexe masculin et âgés entre 24 et 47 ans (âge moyen : 28 ans). Tous les locuteurs ont grandi au Maroc et parlent, en plus du tachlhit, l'arabe marocain, l'arabe standard et le français (comme c'est le cas pour la majorité des Amazighs ayant grandi au Maroc avant de venir en France). Le corpus utilisé est constitué de six verbes dans trois formes

grammaticales différentes, permettant d'obtenir des items ayant une forme C_1C_2VC (où V = /i/ pour le perfectif négatif, /a/ pour le perfectif affirmatif, et /u/ pour l'aoriste). La table 1 présente les 18 items utilisés dans cette étude (toutes ces formes sont à la 3e personne du masculin pluriel, d'où le suffixe /n/). Ces items nous ont permis d'effectuer trois types de comparaison selon la nature de V et de C_2 :

- Type 1 : Nature de V. L'objectif ici est de déterminer si la durée et la qualité de schwa varient selon que la voyelle qui suit est antérieure /i/, postérieure /u/ ou basse /a/ (e.g. [bədin] vs. [bədun] vs. [bədan]).
- Type 2 : Lieu d'articulation de C_2. L'objectif est de déterminer si la durée et la qualité de schwa varient selon que C_2 est une coronale simple /d/, une coronale emphatique /dˤ/ ou une dorsale /g/ (e.g. [bədan] vs. [bədˤan] vs. [bəgan]).
- Type 3 : Mode d'articulation de C_2. L'objectif est de déterminer si la durée et la qualité de schwa varient selon que la sonante C_2 est une nasale /n/, une latérale /l/ ou une battue /ɾ/ (e.g. [gənun] vs. [gəlun] vs. [gəɾun]).

		/i/	/a/	/u/	Glossaire
C_2 = Occlusive	a. /bdu/	[bədin]	[bədan]	[bədun]	commencer
	b. /bgu/	[bəgin]	[bəgan]	[bəgun]	percer
	c. /bdˤu/	[bədˤin]	[bədˤan]	[bədˤun]	partager
C_2 = Sonante	d. /gnu/	[gənin]	[gənan]	[gənun]	coudre
	e. /glu/	[gəlin]	[gəlan]	[gəlun]	guide
	f. /gɾu/	[gəɾin]	[gəɾan]	[gəɾun]	ramasser

TABLE 1 : Liste des items utilisés dans cette étude.

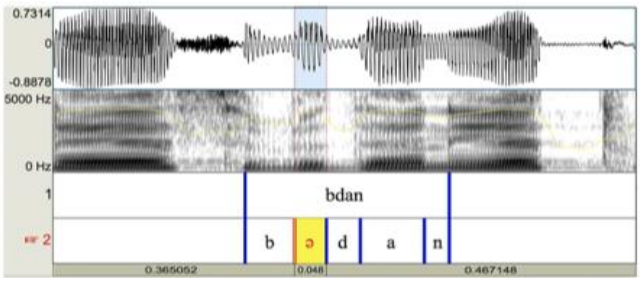

FIGURE 1 : Le signal acoustique et le spectrogramme d'une réalisation de la forme /bdan/ 'ils ont commencé' avec un schwa entre les consonnes [b] et [d] (i.e. [bədan]).

Une phrase cadre a été utilisée – *innajs … jatt twaltt* « Il lui a dit … une fois », et chaque phrase a été répétée par chaque locuteur 5 fois, donnant lieu à un corpus composé de 630 items (18 verbes * 7 locuteurs * 5 répétitions). Nous avons segmenté et annoté les données sur Praat (Boersma & Weenick, 2020), et nous avons extrait les durées et les valeurs F1, F2 et F3 pour chaque schwa transitionnel et chaque voyelle pleine (valeurs prises au début, au milieu et à la fin des voyelles, mais seules les valeurs au milieu sont présentées dans cette étude). La présence d'un schwa transitionnel dans une séquence de consonnes a été déterminée en se basant sur une combinaison d'indices. Ainsi, schwa correspond dans nos données à un intervalle suivant le relâchement de l'occlusive C_1, présentant des vibrations périodiques accompagnées d'une augmentation d'énergie et une structure formantinque dans la région F2/F3 caractéristique des voyelles. Un exemple est donné dans la figure 1. Comme attendu, et conformément à ce qui a déjà été observé pour des données semblables (Ridouane & Fougeron, 2011), le schwa transtionnel est très fréquent dans nos

données, et ce pour tous les locuteurs (619 occurrences sur 630) : L1 (98%), L2 (100%), L3 (98%), L4 (100%), L5 (98%), L6 (97%), L7 (98%).

3 Résultats

3.1 Effets sur la durée du schwa

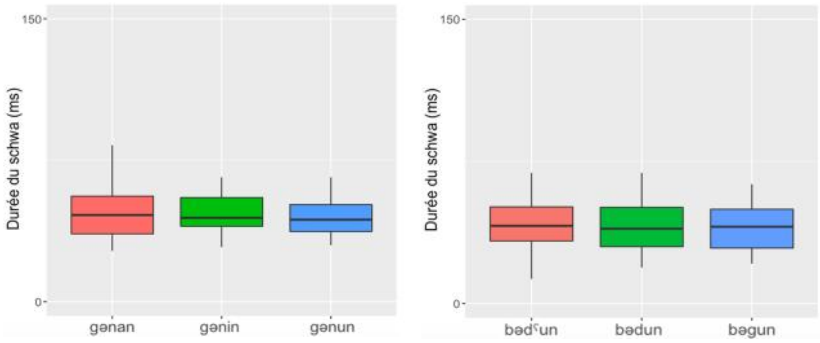

FIGURE 2ab : Boxplots illustrant l'absence d'effet de la nature de la voyelle (gauche) et du lieu d'articulation de la consonne C2 (droite) sur la durée du schwa.

Nous avons mesuré la durée du schwa et l'avons, dans un premier temps, comparé avec les durées des voyelles pleines /i a u/. Les résultats montrent que [ə] est beaucoup plus court, avec une durée de 50 ms en moyenne, soit au moins 2 fois plus court que les voyelles pleines (110 ms). La durée plus courte du schwa renvoie à une caractéristique de ce type de voyelles, partagée dans d'autres langues du monde. Pour autant, il est important de signaler que les voyelles pleines dans nos données sont particulièrement longues, très probablement en raison de la position finale de mot qu'elles occupent. Quand on compare la durée du schwa selon la nature de la voyelle pleine qui suit, les résultats montrent une absence d'effet (voir figure 2a pour le triplet [gənan], [gənin] et [gənun]). Cette absence d'effet est aussi observée quand on compare les durées du schwa selon le lieu d'articulation de C2 (voir figure 2b pour le triplet [bədun], [bədˤun] et [bəgun]).

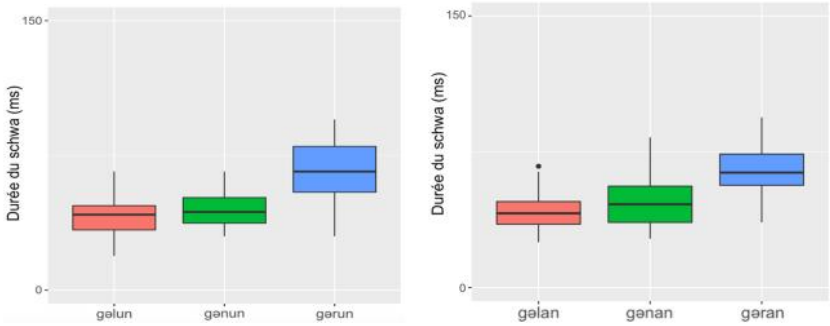

FIGURE 3 : Boxplots illustrant l'effet du mode d'articulation de la consonne C2 sur la durée du schwa.

En revanche, le mode d'articulation de C2 affecte significativement la durée du schwa, comme l'illustre la figure 3. Le test ANOVA indique que les durées du schwa dans le contexte de /l ɾ n/ sont significativement différentes ($F(2,101) = 15,5$; $p<,0001$) pour le triplet [gəlin], [gəɾin] et [gənin] ; ($F(2, 100)= 21, 7$; $p<,0001$) pour [gəlan], [gəɾan] et [gənan] ; et ($F(2,100)=36,2$; $p<,0001$) pour le triplet [gəlun], [gəɾun] et [gənun]). Le test post-hoc TukeyHSD montre que cet effet du mode d'articulation est dû à la différence entre le contexte /ɾ/ d'un côté et les contextes /l/

et /n/ de l'autre ([gəɾin] vs. [gəlin] (*p*<,0001) ; [gəɾin] vs. [gənin] (*p*<,0001) ; [gəɾun] vs. [gəlun] (*p*<,0001), [gəɾun] vs. [gənun] (*p*<,0001) ; [gəɾan] vs. [gəlan] (*p*<,0001) ; [gəɾan] vs. [gənan] (*p*<,0001)). Dans le contexte de /ɾ/, schwa affiche une durée moyenne de 65 ms, soit 22 ms plus longue que dans les autres contextes.

3.2 Effets sur la qualité du schwa

Avant d'examiner l'effet des trois paramètres sur les formants F1, F2 et F3, nous avons comparé les valeurs F1/F2 du schwa avec celles des voyelles pleines. Les résultats, présentés dans la figure 4, montrent que [ə] est une entité fortement instable, affichant une structure formantique pouvant englober une grande partie de l'espace vocalique, avec une tendance claire vers la centralisation (avec un F1 moyen de 339 Hz, et un F2 moyen de 1665 Hz).

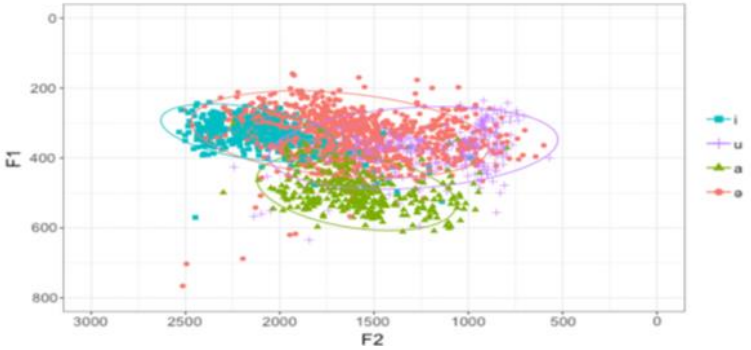

FIGURE 4 : Les valeurs F1 et F2 du schwa comparées à celles des voyelles pleines /i a u/.

3.2.1 Variations de F1

		F1(HZ)		F1(HZ)		F1(HZ)	
a	bədin	283	bədun	279	bədan	291	*NS*
b	bəgin	269	bəgun	310	bəgan	310	*F*(2,97)=5,6 ; *p*<,01
c	bədˤin	384	bədˤun	386	bədˤan	353	*NS*
d	gənin	300	gənun	301	gənan	323	*NS*
e	gəɾin	345	gəɾun	339	gəɾan	378	*F(*2,100)=11 ; *p*<,001
f	gəlin	334	gəlun	339	gəlan	306	*NS*

TABLE 2 : Valeurs moyennes de F1 selon la nature de la voyelle qui suit (NS = statistiquement non significatif). Ce tableau indique aussi les valeurs F1 selon le lieu et le mode d'articulation de C_2.

La comparaison des valeurs F1 du schwa selon la nature de la voyelle pleine qui suit montre des résultats différents selon les triplets. Alors qu'aucun effet n'a été observé pour la majorité des triplets (e.g. [bədin] vs. [bədun] vs. [bədan] avec [ə] ayant un F1 de 283 Hz, 279 Hz et 291 Hz, respectivement), des différences significatives ont été relevées pour le triplet [gəɾin] vs. [gəɾan] vs. [gəɾun]. Le test post-hoc TukeyHSD montre que c'est dû à la différence entre [gəɾan] d'un côté et [gəɾin] et [gəɾun] de l'autre ([gəɾan] vs. [gəɾin] (*p*<,001) et [gəɾan] vs. [gəɾun] (*p*<,0001)). Des différences significatives ont aussi été observées pour le triplet [bəgin], [bəgun] et [bəgan], mais cette fois-ci entre le contexte /i/ d'un côté, et /a u/ de l'autre. Même si ces résultats ne sont pas concordants, ils n'en demeurent pas moins dépendants du degré d'aperture de la voyelle pleine qui suit : schwa affiche un F1 plus élevé dans le contexte de la voyelle basse /a/ (pour les séquences [gəɾ]), et un F1 plus bas dans le contexte de la voyelle fermée /i/ (pour les séquences [bəg]). Le lieu d'articulation de la consonne C_2 affecte le F1 du schwa, et notamment en présence de

l'emphatique /dˤ/. La présence de cette emphatique constitue en effet l'effet le plus marquant et le plus systématique observé dans nos données. L'emphatique /dˤ/ induit systématiquement une élévation importante du F1. Ainsi la séquence [bədˤ] (toutes voyelles pleines confondues) affiche un F1 de 374 Hz, comparées aux séquences [bəd] et [bəg] qui affichent un F1 de 284 Hz et 296 Hz, respectivement (voir la table 2 qui présente les valeurs pour chaque item). Du point de vue statistique, toutes les comparaisons deux à deux entre les séquences [bədˤ] d'un côté et les autres séquences de l'autre sont significatives (*p*<,001). Concernant le mode d'articulation, le seul effet significatif observé a été entre [gəɾan] d'un côté et [gəlan] et [gənan] de l'autre (*p*<,0001), un autre effet visiblement dû à la présence de la battue /ɾ/.

3.2.2 Variations de F2

		F2(HZ)		F2(HZ)		F2(HZ)	
a	bədin	1761	bədun	1625	bədan	1654	*F*(2,102)=10,1 ; *p*<,001
b	bəgin	1892	bəgun	1503	bəgan	1721	*F(*2,98)=79,5 ; *p*<,001
c	bədˤin	1365	bədˤun	1350	bədˤan	1178	*F*(2,102)=3,8 ; *p*<,001
d	gənin	2014	gənun	1935	gənan	1800	*F*(2,104)=3,2 ; *p*<,05
e	gəɾin	1950	gəɾun	1677	gəɾan	1781	*F(*2,100)=11 ; *p*<,001
f	gəlin	2125	gəlun	1900	gəlan	2037	*F*(2,101)=3,8 ; *p*<,05

TABLE 3 : Valeurs moyennes de F2 selon la nature de la voyelle, ainsi que le lieu et le mode d'articulation de C_2.

L'effet de la voyelle pleine sur le F2 est significatif pour tous les triplets, comme le montre la table 3. La différence la plus claire est celle observée entre le contexte /i/, qui a tendance à élever le F2 du schwa (1851 Hz, tous contextes consonantiques confondus), et le contexte /u/ qui a tendance à le baisser (1665 Hz) ; les valeurs de F2 dans le contexte /a/ sont intermédiaires (1695 Hz). Le lieu d'articulation de la consonne C_2 affecte aussi la qualité du schwa. Là aussi, comme pour le F1, ce sont les séquences contenant l'emphatique /dˤ/ qui affichent les différences les plus notables et les plus systématiques. La présence de la consonne emphatique induit ainsi un abaissement très important du F2 : le schwa dans le contexte [bədˤ] présente un F2 qui est 382 Hz plus bas comparé au contexte [bəd] et 407 Hz plus bas comparé au contexte [bəg]. Ce sont là aussi, et de loin, les différences les plus importantes observées dans nos données. Concernant le mode d'articulation, les différences significatives observées sont entre [gəɾin] et [gəlin] (*p*<,05) ; [gəɾun] et [gəlun] (*p*<,001) ; [gəɾun] et [gənun] (*p*<,001) ; [gənan] et [gəlan] (*p*<,01) ;[gəɾan] et [gəlan] (*p*<,01). Comme pour le F1, ces différences sont principalement dues à la présence de la consonne battue /ɾ/.

3.2.3 Variations de F3

La nature de la voyelle pleine n'a pas d'effet significatif sur le F3 du schwa. Le F3 varie en effet très peu, que la voyelle qui suit soit un /i/ (2694 Hz), un /u/ (2704 Hz) ou un /a/ (2619 Hz). En revanche, le F3 du schwa peut varier selon le lieu d'articulation et le mode d'articulation de la consonne C_2. Un examen plus détaillé de ces résultats montre là aussi un effet de la consonne emphatique (pour les items qui se distinguent par le lieu d'articulation), et un effet de la consonne battue (pour les items qui se distinguent par le mode d'articulation). Le test post-hoc TukeyHSD montre ainsi une différence significative entre [bədˤan] et [bəgan] (*p*<,05) ; entre [bədˤun] et [bədun] (*p*<,01). De même toutes les comparaisons entre les séquences [gəɾ] d'un côté et [gən] et [gəl] de l'autre, sont significatives ([gəɾin] vs. [gəlin] et [gənin] (*p*<,001) ; [gəɾun] vs. [gəlun] et [gənun] (*p*<,001) ; [gəɾan] vs. [gəlan] et [gənan] (*p*<,01)).

	F3(HZ)		F3(HZ)		F3(HZ)	
bədin	2698	bəgin	2679	bədˤin	2698	*NS*
bədan	2645	bəgan	2556	bədˤan	2714	$F(2,102)=2,9$; $p<,05$
bədun	2606	bəgun	2722	bədˤun	2849	$F(2,94)=5,9$; $p<,01$
gəlin	2773	gəɾin	2519	gənin	2799	$F(2,101)=10,7$; $p<,001$
gəlun	2756	gəɾun	2538	gənun	2750	$F(2,100)=7,4$; $p<,001$
gəlan	2653	gəɾan	2465	gənan	2683	$F(2,104)=6,9$; $p<,01$

Table 4 : Valeurs moyennes de F3 selon le lieu et le mode d'articulation de C_2, ainsi que la nature de la voyelle qui suit.

4 Discussion et conclusion

Dans cette étude, nous avons réalisé différentes analyses afin de répondre à la question suivante : comment les caractéristiques temporelles et spectrales du schwa transitionnel en tachlhit sont-elles affectées par la nature des voyelles et des consonnes avoisinantes ? L'étude est basée sur les productions de 7 locuteurs produisant des formes ayant la structure C_1əC_2VC, où C_2 varie selon le lieu et le mode d'articulation et où la voyelle pleine est antérieure /i/, postérieure /u/, ou basse /a/. Les résultats de l'analyse de la durée du schwa montrent que ce vocoïde est plus court que les voyelles pleines ; ces dernières étant environ deux fois plus longues. Ce résultat rejoint celui obtenu par Coleman (1999), et reflète, au-delà du cas spécifique du tachlhit, un aspect caractéristique de ces voyelles, dans différentes langues du monde, et ce quelle que soit la nature de ce schwa. Schwa est en effet intrinsèquement court qu'il soit lexical, issu d'une réduction vocalique ou épenthétique (voir Hall, 2006 ; Kalaldeh, 2008 ; Silverman, 2011 pour une revue). Pour autant, il est important de rappeler, comme nous l'avons signalé plus haut, que le schwa et les voyelles pleines ne sont pas dans le même contexte (les voyelles pleines sont en position finale de mot, une position susceptible d'allonger la durée des voyelles). Il sera utile pour la suite de ce travail de comparer la durée de schwa dans le même environnent que celui des voyelles pleines. Pour autant, la durée du schwa ne varie pas selon la nature de la voyelle pleine qui suit. Nous n'avons en effet trouvé aucune différence significative de durée du schwa, que la voyelle qui suit soit ouverte ou fermée. Des résultats similaires ont été observés pour le schwa lexical, notamment en néerlandais (Koopmans-van Beinum, 1994). L'absence d'effet a aussi observée quand on compare les durées du schwa selon le lieu d'articulation de C_2. En revanche, la comparaison selon le mode d'articulation présente des résultats différents. Nos données ont en effet monté que la durée du schwa était systématiquement plus longue lorsque celui-ci est suivi de la coronale battue /ɾ/. Dans ce contexte, schwa est environ 20 ms plus long que dans les autres contextes. Là aussi, cette caractéristique n'est pas propre au tachlhit (voir Koopmans-van Beinum (1994) pour le néerlandais).

En ce qui concerne la structure spectrale du schwa, les résultats de nos analyses montrent qu'elle peut être affectée par les trois paramètres examinés. Premièrement, concernant l'effet de la voyelle pleine, la majorité des différences significatives observées concernent le F2 du schwa, qui varie selon que la voyelle est antérieure ou postérieure. Fort logiquement, quand la voyelle pleine qui suit est antérieure (i.e. /i/), le schwa affiche un F2 plus élevé comparé au contexte où la voyelle pleine qui suit est postérieure (i.e. /u/). L'effet le plus systématique et le plus constant concerne celui que le lieu d'articulation exerce sur F1 et F2 du schwa, notamment en raison de la présence de l'emphatique /dˤ/. Cette consonne induit une élévation importante du F1 du schwa et un abaissement tout aussi important de son F2, ce qui rejoint les résultats obtenus par Coleman (2001). Cet effet, loin d'être limité au schwa en tachlhit, concerne toutes les voyelles dans le contexte

d'une consonne emphatique (Ridouane 2014). Appelé 'propagation de l'emphase', cet effet coarticulatoire a fait l'objet de plusieurs études notamment sur les variétés de l'arabe comme l'égyptien (Wahba, 1993), le libanais (Obrecht, 1968), le jordanien (Khattab et al., 2006), le tunisien (Ghazeli, 1981), et le marocain (Yeou, 2001 ; Zeroual et al., 2007 ; Lahrouchi et Ridouane 2016). Les voyelles qui jouxtent la consonne emphatique présentent un F1 plus élevé et un F2 plus bas que ceux des voyelles au contact des non-emphatiques, ce qui a comme conséquence, un rapprochement de ces deux formants. Ce rapprochement est principalement dû à l'articulation dorsopharyngale qu'implique ce type de consonnes, mais aussi à la "*simultaneous depression of the palatine dorsum*" (Ali & Daniloff, 1972 : 100). Les effets du mode d'articulation sur la structure spectrale du schwa se limitent presque tous aux effets de la battue /ɾ/. Cette consonne a pour effet d'augmenter F1 et d'abaisser F2. L'augmentation de F1 est probablement due au fait que cette sonante implique une ouverture du conduit vocal plus large comparée aux autres sonantes /l/ et /n/ (voir Coleman 2001 pour le même résultat). Des différences ont aussi été observées sur le plan F3. Là aussi, elles sont dues à un effet de la consonne emphatique qui a tendance à élever F3, ou un effet de la consonne battue qui a tendance à le baisser. Pour autant, ces différences semblent moins importantes que celles induites par ces mêmes consonnes sur les deux premiers formants.

Pour conclure, les données présentées ici montrent que la qualité du schwa transitionnel en tachlhit peut être affectée par une combinaison de facteurs incluant la nature de la voyelle qui suit, ainsi que le lieu et le mode d'articulation des consonnes adjacentes. La plupart de ces variations peuvent être prédites selon que la consonne qui suit est une emphatique ou une battue. D'autres données sont en cours d'analyse testant l'effet potentiel d'autres facteurs, en variant le mode et lieu d'articulation de la consonne initiale, et en incluant davantage de consonnes, comme les fricatives pas incluses dans cette étude.

Références

ALI L. & DANILOFF R. G. (1972). A contrastive cinefluorographic investigation of the articulation of emphatic-non emphatic cognate consonants. *Studia Linguistica*, *26*(2), 81-105. DOI : 10.1111/j.1467-9582.1972.tb00589.x.

BOERSMA P & WEENINK D. (2020). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.1.09, http://www.praat.org.

COLEMAN J. (1996). Declarative syllabification in Tashlhit Berber. *Current Trends in Phonology: Models and Methods*, *1*, 175–216.

COLEMAN J. (1999). The nature of vocoids associated with syllabic consonants in Tashlhiyt Berber. In *Proceedings of the 14th International Congress of Phonetic Sciences* (Vol. 1, pp. 735-738).

COLEMAN J. (2001). The phonetics and phonology of Tashlhiyt Berber syllabic consonants. *Transactions of the Philological Society*, *99*(1), 29–64. DOI : 10.1111/1467-968X.00073.

DELL F. & ELMEDLAOUI M. (1985). Syllabic consonants and syllabification in Imdlawn Tashlhiyt Berber. *Journal of African Languages and Linguistics*, *7*(2), 105–130. DOI : 10.1515/jall.1985.7.2.105.

DELL F. & ELMEDLAOUI M. (1988). Syllabic consonants in Berber: Some new evidence. *Journal of African Languages and Linguistics*, *10*(1), 1–18. DOI : 10.1515/jall.1988.10.1.1.

DELL F. & ELMEDLAOUI M. (1996). On consonant releases in Imdlawn Tashlhiyt Berber. *Linguistics* 34. 357-395. DOI : 10.1515/ling.1996.34.2.357.

DELL F. & ELMEDLAOUI M. (2002). *Syllables in Tashlhiyt Berber And in Moroccan Arabic*. Dordrecht: Kluwer Academic Publications. DOI : 10.1017/S0025100304211860.

GHAZELI S. (1981). La coarticulation de l'emphase en arabe. *Arabica*, *28*(2), 251-277.

GRICE M., ROETTGER T. B., RIDOUANE R. & FOUGERON C. (2011). Tonal association in Tashlhiyt Berber. *Proceedings of the 17th International Congress of Phonetic Sciences*, *Hong Kong*. 775–778.

GRICE M., RIDOUANE R. & ROETTGER T. B. (2015). Tonal association in Tashlhiyt Berber: Evidence from polar questions and contrastive statements. *Phonology*, *32*(2), 241-266. DOI : 10.1017/S0952675715000147.

GORDON M. & NAFI L. (2012). Acoustic correlates of stress and pitch accent in Tashlhiyt Berber. *Journal of Phonetics*, *40*(5), 706-724. DOI : 10.1016/j.wocn.2012.04.003.

HALL N. (2006). Cross-linguistic patterns of vowel intrusion. *Phonology*, *23*(3), 387-429. DOI : 10.1017/S0952675706000996.

KALALDEH R. (2008). Hiberno-English Vowel System: Drogheda English.

KHATTAB G., AL-TAMIMI F. & HESELWOOD B. (2006). Acoustic and auditory differences in the/t/-/T/opposition in male and female speakers of Jordanian Arabic. In *Perspectives on Arabic Linguistics XVI: Papers from the sixteenth annual symposium on Arabic linguistics* (pp. 131-160). John Benjamins Cambridge, UK.

KOOPMANS-VAN BEINUM F. J. (1994). What's in a Schwa? *Phonetica*, *51*(1–3), 68–79. DOI : 10.1159/000261959.

LAHROUCHI M., & RIDOUANE R. (2016). On diminutives and plurals in Moroccan Arabic. *Morphology* 26 (2), 1-23. DOI : 10.1007/s11525-016-9290-7, HAL : hal-01324192.

LOUALI N. & PUECH G. (2000). Etude sur l'implémentation du schwa pour quatre locuteurs berbères de tachelhit. *Actes des 23e Journées d'Etudes sur la Parole. Aussois*, 25-28.

OBRECHT D. (1968). *Effects of the second formant on the perception of velarization consonants in Arabic*. The Hague: Mouton. DOI : 10.1515/9783111357393.

RIDOUANE R. (2003). Geminates vs. singleton stops in Berber: An acoustic, fiberscopic and photoglottographic study. *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences*, Barcelona, 1743-6.

RIDOUANE R. (2008). Syllables without vowels: Phonetic and phonological evidence from Tashlhiyt Berber. *Phonology*, *25*(2), 321–359. DOI : 10.1017/S0952675708001498.

RIDOUANE R. & FOUGERON C. (2011). Schwa elements in Tashlhiyt word-initial clusters. *Laboratory Phonology*, *2*(2), 275-300. DOI : 10.1515/labphon.2011.010.

RIDOUANE R. (2014). Tashlhiyt Berber. *Journal of the International Phonetic Association*, 44(2), 207-221. DOI : 10.1017/S0025100313000388.

RIDOUANE R. & COOPER-LEAYITT J. (2019). A story of two schwas: a production study from Tashlhiyt. *Phonology*, *36*(3), 433-456. DOI : 10.1017/S0952675719000216.

ROETTGER T. B. (2016). *Stress and intonation in Tashlhiyt Berber*. PhD dissertation, University of Cologne.

SILVERMAN D. (2011). Schwa. *The Blackwell companion to phonology*, 1-15. DOI : 10.1002/9781444335262.wbctp0026.

WAHBA K. *(1993). A sociolinguistic treatment of the feature of emphasis in Egypt*. Unpublished doctoral dissertation, University of Texas at Austin.

YEOU M. (2001). Pharyngealization in Arabic: Modelling, acoustic analysis, airflow and perception. *Revue de La Faculté des Lettres El Jadida, 6, 51-70.*

ZEROUAL C., HOOLE P., FUCHS S. & ESLING H. (2007). EMA study of the coronal emphatic and non-emphatic plosive consonants of Moroccan Arabic. In *Proc. 16th ICPhS.*