



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



MEMOIRE présenté pour l'obtention du
CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE

Par

BOURDIN Vanessa
NAVION Alexia

MESURE DE L'EFFICACITE VOCALE AU SEIN
D'UNE POPULATION DE CHANTEURS DE HUMAN

BEATBOX :

Analyse acoustique, aérodynamique et observation
comportementale

Maître de Mémoire

HENRICH Nathalie

Membres du Jury

GAUTHIER Jérôme

GENTIL Caire

LANDREAU Isabelle

Date de Soutenance

27 juin 2013

ORGANIGRAMMES

1. Université Claude Bernard Lyon1

Président
Pr. GILLY François-Noël

Vice-président CEVU
M. LALLE Philippe

Vice-président CA
M. BEN HADID Hamda

Vice-président CS
M. GILLET Germain

Directeur Général des Services
M. HELLEU Alain

1.1 Secteur Santé :

U.F.R. de Médecine Lyon Est
Directeur **Pr. ETIENNE Jérôme**

U.F.R d'Odontologie
Directeur **Pr. BOURGEOIS Denis**

U.F.R de Médecine et de
maïeutique - Lyon-Sud Charles
Mérieux
Directeur **Pr. BURILLON Carole**

Institut des Sciences Pharmaceutiques
et Biologiques
Directeur **Pr. VINCIGUERRA Christine**

Institut des Sciences et Techniques de
la Réadaptation
Directeur **Pr. MATILLON Yves**

Comité de Coordination des
Etudes Médicales (C.C.E.M.)
Pr. GILLY François Noël

Département de Formation et Centre
de Recherche en Biologie Humaine
Directeur **Pr. FARGE Pierre**

1.2 Secteur Sciences et Technologies :

U.F.R. de Sciences et Technologies
Directeur **M. DE MARCHI Fabien**

IUFM
Directeur **M. MOUGNIOTTE Alain**

U.F.R. de Sciences et Techniques
des Activités Physiques et
Sportives (S.T.A.P.S.)
Directeur **M. COLLIGNON Claude**

POLYTECH LYON
Directeur **M. FOURNIER Pascal**

Institut des Sciences Financières et
d'Assurance (I.S.F.A.)
Directeur **M. LEBOISNE Nicolas**

Ecole Supérieure de Chimie Physique
Electronique de Lyon (ESCPE)
Directeur **M. PIGANULT Gérard**

Observatoire Astronomique de
Lyon **M. GUIDERDONI Bruno**

IUT LYON 1
Directeur **M. VITON Christophe**

2. Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION ORTHOPHONIE

Directeur ISTR
Pr. MATILLON Yves

Directeur de la formation
BO Agnès

Directeur de la recherche
Dr. WITKO Agnès

Responsables de la formation clinique
GENTIL Claire
GUILLON Fanny

Chargée du concours d'entrée
PEILLON Anne

Secrétariat de direction et de scolarité
BADIOU Stéphanie
BONNEL Corinne
CLERGET Corinne

REMERCIEMENTS

Nous souhaitons tout d'abord remercier chaleureusement Nathalie Henrich, notre maître de mémoire, qui nous a encadrées et accompagnées avec rigueur et professionnalisme. Elle nous a permis d'être fières du travail accompli et de faire de ce projet un véritable enrichissement personnel.

Nous sommes reconnaissantes envers Claire Gentil pour son soutien et l'aide précieuse qu'elle nous a apportés. Merci à Jérôme Gauthier pour ses corrections.

Nous remercions Tiko et Rewind pour nous avoir transmis leur passion et leurs connaissances ainsi que Phab, Jyper et l'ensemble des beatboxers pour leur participation et l'intérêt qu'ils ont porté à notre projet.

Merci au CNRS de Grenoble pour les locaux et le matériel disponibles, à Christophe Savariaux, Maëva Garnier, Alain Ghio et Coriandre Vilain pour leur aide.

Nous remercions Agnès Witko et Anne-Laure Charlois pour leur soutien méthodologique et Anna Potocki pour ses conseils bienveillants.

Vanessa remercie Alexia, sa mère pour son soutien inconditionnel, sa famille et ses amis pour l'attention portée à ce projet et son compagnon pour sa présence, sa patience et ses conseils.

Alexia remercie Vanessa pour l'enthousiasme avec lequel elle a investi ce projet et le travail de partenariat qui en a permis l'aboutissement. Merci à ses parents pour leur accompagnement fidèle, à sa famille et ses amis pour leurs encouragements et l'intérêt dont ils ont témoigné.

SOMMAIRE

ORGANIGRAMMES	2
1. Université Claude Bernard Lyon1	2
1.1 Secteur Santé :	2
1.2 Secteur Sciences et Technologies :	2
2. Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION ORTHOPHONIE	3
REMERCIEMENTS	4
SOMMAIRE	5
INTRODUCTION	7
PARTIE THEORIQUE	8
I. LA PRATIQUE DU HUMAN BEATBOX	9
1. Origines et histoire :	9
2. Sons et techniques :	10
3. Une technique à risque ?	11
II. DE L'EFFORT AU FORÇAGE VOCAL.....	12
1. L'effort vocal.....	12
2. Le forçage vocal.....	13
3. Méthodes de prévention	14
4. Efficacité vocale.....	16
III. LES USAGES DE LA VOIX.....	17
1. L'efficacité vocale dans les différents usages de la voix	17
2. Gestion des paramètres acoustiques dans les différents modes d'utilisation de la voix	20
3. Gestion des paramètres aérodynamiques dans les différents modes d'utilisation de la voix.....	21
4. L'influence de l'effort vocal sur les syllabes	23
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES	24
I. PROBLEMATIQUE :	25
II. HYPOTHESES	25
1. Hypothèse générale.....	25
2. Hypothèses opérationnelles	26
PARTIE EXPERIMENTALE	27
I. POPULATION	28
1. Enquête sur une population de Beatboxers	28
2. Mesures en laboratoire	28
II. METHODES ET MESURES	31
1. Etude acoustique et aérodynamique	31
2. Analyse de la posture	33
III. PROTOCOLE	34
1. Installation du sujet.....	34
2. Consignes.....	34
IV. ANALYSE DES DONNEES	35
1. Analyse du questionnaire.....	35
2. Analyse des signaux obtenus.....	36
3. Analyse vidéo	39
PRESENTATION DES RESULTATS	40
I. RESULTATS DU QUESTIONNAIRE.....	41
1. Population.....	41
2. Sons.....	42
3. Troubles de la voix.....	43
II. ANALYSE DE LA POSTURE.....	46
1. Posture au repos	46
2. Posture dans les modalités parlée, chantée, criée, projetée.....	46
3. Posture dans le beatbox	47

III. ANALYSES ACOUSTIQUE ET AERODYNAMIQUE	48
1. Débit oral et intensité vocale dans le beatbox	48
2. Pression sous-glottique dans le beatbox	49
3. Dynamique de la plosion	50
4. Répartition spectrale de l'énergie dans le Beatbox	50
5. Rendement vocal dans les différents modes de production de la voix	51
DISCUSSION DES RESULTATS.....	53
I. LE BEATBOX ET LES HABITUDES VOCALES DES BEATBOXERS	54
1. Le beatbox, une pratique intensive	54
2. L'utilisation de techniques de prévention	54
3. Les troubles de la voix chez les beatboxers	55
4. La posture dans le Human Beatbox	57
II. LA MAITRISE DES PARAMETRES ACOUSTIQUES ET AERODYNAMIQUES	57
1. Forme du signal dans la production des occlusives sourdes	57
2. Débit	57
3. Intensité	58
4. Pression sous-glottique estimée	59
5. Répartition spectrale de l'énergie	59
III. L'EFFICACITE VOCALE DANS LE HUMAN BEATBOX	60
1. Validation de nos hypothèses Ho6 et Ho11	60
2. Validation de notre hypothèse Ho5	61
3. Conclusion sur l'efficacité vocale dans le beatbox	62
4. Conclusion sur l'analyse des résultats	62
IV. APPORTS DE LA PRESENTE ETUDE	63
1. Apport pour l'orthophonie	63
2. Apport pour la recherche	64
V. LIMITES DE L'ETUDE	65
1. Les outils utilisés	65
2. La population	65
3. Le protocole	65
VI. PERSPECTIVES :	66
CONCLUSION.....	67
BIBLIOGRAPHIE	69
ANNEXES.....	73
ANNEXE I : QUESTIONNAIRE SUR LA PRATIQUE VOCALE DES CHANTEURS DE BEATBOX	74
ANNEXE II : GRILLE S-TRAV	79
1. Grille S-TRAV vocale	79
2. grille S-TRAV au repos	80
ANNEXE III : PHRASES DU PROTOCOLE	81
ANNEXE IV : STATISTIQUES DESCRIPTIVES	83
ANNEXE V : TABLEAUX RECAPITULATIFS DES POSTURES DANS LES DIFFERENTES MODALITES	88
1. Posture au repos	88
2. Posture en voix parlée	88
3. Posture en voix chantée	88
4. Posture en voix projetée (BB4)	89
5. Dans la voix criée	89
6. Dans le beatbox	89
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	90
TABLE DES MATIERES	91

INTRODUCTION

Le Human beatbox est un art vocal qui consiste en l'imitation d'une multitude de sons avec la bouche. Un récent mémoire d'orthophonie a montré l'existence de comportements vocaux à risque dans le beatbox, comparables à un forçage vocal. A la suite de cette lecture, nous avons souhaité en savoir plus sur la place que les beatboxers (chanteurs de Human beatbox) accordent à leur voix, la conscience qu'ils ont de leur instrument et les répercussions que ce forçage peut avoir au quotidien. Nous nous sommes demandé si cette population pouvait être amenée à consulter en orthophonie pour des troubles vocaux.

Ainsi, nous avons cherché à mieux connaître les pratiquants de beatbox. Nous avons découvert qu'une communauté très importante était présente sur internet à travers le monde et notamment en région Rhône-Alpes, ce qui nous a permis dans un premier temps d'assister à des concerts et de rencontrer des chanteurs de Human beatbox afin de nous familiariser avec cette discipline.

Les beatboxers ont témoigné d'une volonté très forte de partager leurs connaissances et de nous intégrer dans leur milieu, car il semble qu'il existe peu de recherche sur cette pratique. En effet, nous avons dû faire face à un manque important de littérature dans ce domaine.

Nous avons constaté que les beatboxers semblaient avoir conscience des comportements à risque décrits précédemment, ainsi nous avons orienté notre projet sur le concept d'efficacité vocale. Nous avons émis l'hypothèse que ceux-ci utiliseraient des stratégies leur permettant de pratiquer le beatbox sans conséquence sur leur voix (hygiène vocale, préparation, choix des sons, posture). De plus, ils développeraient une maîtrise des paramètres acoustiques et aérodynamiques lors de la phonation, tels que le débit, l'intensité, la répartition de l'énergie et la pression sous-glottique.

Dans une première partie, nous définirons la pratique du Human beatbox, des origines aux techniques utilisées. Puis, nous présenterons les concepts d'effort vocal, de forçage vocal et d'efficacité ainsi que les méthodes de prévention. Enfin, nous donnerons un aperçu des usages de la voix, de l'efficacité vocale dans ces différentes modalités et des paramètres acoustiques et aérodynamiques concernant notre recherche. A l'issue de cet état des lieux théorique, nous exposerons notre problématique et nos hypothèses de recherche.

Nous présenterons ensuite la méthodologie que nous avons suivie pour répondre à notre questionnement et vérifier nos hypothèses : la population, le matériel utilisé, le protocole et l'analyse des données.

Dans une quatrième partie, nous présenterons nos résultats qualitatifs, à savoir l'analyse d'un questionnaire à destination des beatboxers et l'analyse de la posture dans les différentes modalités de voix, ainsi que nos résultats quantitatifs, grâce aux données acoustiques et aérodynamiques issues de nos mesures.

Enfin, une dernière partie nous permettra de discuter nos résultats, de les critiquer et de proposer de nouvelles perspectives de recherche.

Chapitre I
PARTIE THEORIQUE

I. La Pratique du Human Beatbox

1. Origines et histoire :

Le Human Beatbox est né aux Etats-Unis, au sein du mouvement hip-hop dans les années 1980 et se définit par la capacité à produire une multitude de sons et de rythmes avec la bouche afin de créer une musique polyphonique (Ojamaa et Ross, 2009). On l'entend pour la première fois avec le groupe « The Fat boys » qui utilise une respiration haletante sur un de leurs albums.

A l'origine, le beatbox était utilisé pour remplacer les machines électroniques des MC (rappeurs) parfois trop onéreuses. Ainsi, les « beatboxers » (chanteurs de Human beatbox) assuraient les parties rythmiques par ce qu'ils appellent des « beats ».

Le premier à intégrer pleinement le beatbox dans sa musique est le chanteur Rahzel dans son titre « If Your Mother Only Knew » dans lequel il chante et produit un rythme simultanément. Dans les années 1990, le beatbox arrive en Europe, notamment avec le groupe Saian Supa Crew qui le fera connaître en France. Avant le début du XXème siècle, la musique est principalement écrite, puis l'arrivée du jazz et notamment du scat met en avant le jeu d'improvisation. Enfin, la culture hip-hop va initier l'art de remplacer totalement un instrument.

Dans les années 2000 apparaissent les premiers championnats officiels dont le premier championnat du monde en 2005 et le premier championnat de France en 2006.

Les beatboxers s'affrontent régulièrement lors de « battles », c'est-à-dire lors de confrontations organisées. Le vainqueur est désigné soit par un jury soit par l'enthousiasme du public (applaudissements ou vote à main levée).

Le beatbox n'a pas d'école, cependant certains proposent des ateliers d'initiation afin de transmettre l'histoire et les techniques propres à cette discipline. Internet a permis aux beatboxers de créer des communautés afin de se retrouver, d'échanger leurs pratiques et diffuser de nombreuses vidéos.

Le beatboxer est en constante évolution, il est à la recherche de finesse de sons, de rapidité et/ou de précision. C'est notamment la rencontre avec d'autres beatboxers qui le pousse à être meilleur. Cependant, la source d'inspiration des beatboxers vient des autres musiciens (instrumentistes, Disc Jockey (DJ): musicien utilisant des platines pour diffuser des disques) car ils doivent apprendre à les connaître pour pouvoir les imiter. Enfin, des groupes de beatboxers se forment et d'autres techniques sont utilisées comme par exemple des pédales de boucles, machines électroniques permettant de superposer des sons à l'infini.

Le beatbox n'a pas de barrière institutionnelle ou artistique. Il se caractérise par sa grande liberté, et la recherche continuelle de nouveaux sons en fait une technique vocale ludique.

2. Sons et techniques :

Le beatbox peut être réalisé a capella ou avec amplification. Le beatboxer peut choisir d'utiliser un microphone, qu'il tient de différentes manières en fonction des objectifs à atteindre (en augmentant les basses, en enfermant le nez, en évitant de souffler dedans).

Le beatbox inclut des sons de la parole, des vocalisations et des bruits sans référent particulier, par une manipulation rapide et précise des organes de la parole (bouche, lèvres, langue, nez, etc.). Le corps tout entier est ainsi le seul instrument de musique utilisé. La plupart des beatboxers incluent spontanément des gestes aux sons produits, une manière de parfaire l'illusion de l'instrument qu'ils imitent. De plus, on note l'utilisation de plusieurs registres vocaux, comme la voix de poitrine, habituellement utilisée en voix parlée, et la voix de fausset ou la voix de tête, pour produire les sons les plus aigus. Les beatboxers utilisent la voix de poitrine pour produire les basses, tandis que la voix de fausset apparaît dans certains sons comme le scratch (son aigu imitant les platines d'un DJ).

Selon Lebrun (interviewé par Duval, 2006), le beatbox est un art vocal tourné vers l'imitation d'instruments (notamment de percussions, de boîte à rythmes). Cette imitation ne peut pas être parfaite. Ainsi, il parle plutôt de « *stylisation* » car ce sont les enchaînements de syllabes, de phonèmes et d'onomatopées qui vont créer l'instrument. La fonction cognitive est importante dans le Human Beatbox, puisque l'oreille perçoit les sons et le cerveau les interprète pour en faire un instrument. En effet, d'après Martino (2008, p 14) « l'écoute d'un enregistrement rend l'illusion parfaite tandis que l'écoute « live » d'un beatboxer nous permet de comprendre qu'il s'agit d'une imitation. Ce jeu sur l'audition renvoie à la dimension cognitive de la musique, autrement dit la manière dont elle est reçue par l'auditeur ».

Les beatboxers s'accordent à dire qu'ils utilisent leur pratique vocale depuis leur enfance. En effet, l'enfant en général s'amuse régulièrement à faire des bruitages à partir des sons qui l'entourent. En grandissant, il apprend à faire de la musique avec sa bouche (en imitant les bruitages à la télévision par exemple) bien avant de savoir que le beatbox existe. Le beatbox s'inscrit dans une pratique d'imitation vocale qui existe depuis de nombreuses années à travers le monde, sous diverses formes (Ojamaa et Ross, 2009). Ainsi, on retrouve des sons en commun dans le Human Beatbox et dans les techniques vocales suivantes : la tradition des bols en Inde constituée de syllabes qui correspondent aux différentes techniques de frappe des tablas indiens; le konnakol en Inde du Sud, qui consiste à s'approprier des motifs rythmiques complexes, destinés à être ensuite interprétés sur un instrument, en les scandant grâce à des syllabes définies ; le kouji chinois, qui est l'imitation vocale des bruits de l'environnement (notamment des oiseaux) ; le scat ou jazz vocal, qui est une forme d'improvisation vocale issue du jazz où des onomatopées sont utilisées pour reproduire la plupart du temps la phrase musicale de la trompette et du saxophone ; le chant diphonique, qui est une technique vocale permettant à une personne de produire un timbre vocal caractérisé par deux notes de fréquences différentes ; le yodel, qui est une technique de chant consistant à passer rapidement de la voix de poitrine, à la voix de tête (ou « de fausset ») ; les San Bushmen, qui parlent des langues différentes dont toutes incorporent des clics (consonnes inspirées). De plus, le beatboxer cherche à créer l'illusion que sa voix provient de plusieurs personnes comme dans : le Kattajjaq inuit unissant deux personnes qui, avec la voix

Glossaire :

<i>Les trois sons permettant d'imiter la batterie : caisse claire, charleston, grosse caisse</i>
<i>Les imitations d'instruments : guitare électrique, cuivres</i>
<i>Le double snare : son de caisse claire permettant de reprendre sa respiration tout en beatboxant</i>
<i>Lip roll : vibrations des lèvres</i>
<i>Click roll : roulement effectué avec la langue</i>
<i>Basse : son grave</i>
<i>Scratch : son aigu imitant les platines d'un DJ</i>
<i>Les sons par aspiration : sons effectuée sur l'inspiration</i>

expirée et inspirée, utilisent la bouche de l'autre comme caisse de résonance en produisant des cellules rythmiques ; la musique polyphonique qui intègre plusieurs voix ; l'imitation de chants d'oiseaux dans certaines musiques baroques. Cette liste n'est pas exhaustive. Ainsi, on peut rapprocher le beatbox des autres techniques vocales présentes à travers le monde par leur volonté d'imitation mais aussi par l'utilisation de certaines techniques de sons.

Stowell et Plumbley (2008) ont choisi de comparer le Human Beatbox à d'autres musiques comme la musique classique et la musique pop. Leur analyse a permis de décrire deux caractéristiques présentes dans le beatbox. Tout d'abord, le beatboxer utilise une large palette de techniques vocales afin de produire le timbre désiré. Les roulements sont aussi beaucoup utilisés comme dans le « *click roll* », qui met en jeu la langue et le palais mais ne requiert pas la participation de l'air ; c'est-à-dire que le beatboxer peut produire ce son simultanément en respirant ou en chantant. La deuxième caractéristique du beatboxer est qu'il doit gommer certains indices linguistiques qui pourraient montrer au public que ce son provient d'une voix humaine. Le beatboxer joue donc à la fois sur l'inspiration et l'expiration afin de maintenir un flux sonore continu.

Stowell et Plumbley (2008) se sont intéressés aux différents traits phonétiques des sons du beatbox. Ils ont créé « *l'alphabet du beatbox* » afin de décrire le lieu et la manière d'articuler ces sons. Ils ont utilisé l'Alphabet Phonétique International (API) comme référence, bien que celui-ci ne recense que les sons de la parole. C'est un premier outil intéressant, qui permet de voir comment certains sons peuvent être réalisés. Toutes les sonorités du beatbox n'y sont pas recensées (Lederer, 2005).

Les sons les mieux imités sont les plus éloignés de la langue maternelle du beatboxer (Lederer, 2005). Clouet et de Torcy (2010, p. 96) proposent l'explication suivante à ce phénomène : « Les beatboxers s'inspirent de l'articulation du [t] ou du [ts] pour la charleston. Le [t] est un phonème présent dans la langue française et le [ts] est un clic dental en français. Nos trois beatboxers ayant le français pour langue maternelle, nous pouvons alors supposer que la difficulté à imiter la charleston peut être due à une incapacité à se déshabituer de l'articulation classique d'un [t]. »

3. Une technique à risque ?

Le récent mémoire d'orthophonie de Clouet et de Torcy (2010) a démontré des comportements de serrage laryngé dans la production de certains sons du beatbox, en particulier pour la « *guitare électrique saturée* » et les « *scratches* ».

A travers des observations vidéo-endoscopiques des productions de beatboxers, les auteures remarquent en effet des compressions pharyngées et des constrictions laryngées. Elles émettent aussi l'hypothèse d'une hypertrophie musculaire des ligaments entre l'épiglotte et les aryténoïdes. Il existe par ailleurs une dilatation pharyngée, un mouvement laryngé et une ouverture des sinus piriformes lors de l'imitation des caisses (Clouet et de Torcy, 2010).

De plus, on note l'indépendance en mobilité du pharynx et du larynx, ce qui permet une grande diversité de mouvements. Le conduit laryngo-pharyngé des beatboxers peut

prendre la forme d'un tube ou s'élargir. Ces différents mouvements permettent au larynx d'exercer pleinement son rôle d'articulateur (Clouet et de Torcy, 2010).

Mais ces comportements laryngés pourraient conduire à une dysphonie. En effet, les compressions relevées chez les sujets évoquent des comportements de Type III et IV de Koufman (Koufman et al., 1996 cité par Clouet et de Torcy, 2010, p.105). Le type III correspond à « *une hypercontraction sus-glottique antéro-postérieure entraînant une bascule antérieure des aryténoïdes et une bascule postérieure de l'épiglotte* ». Le type IV correspond quant à lui à « *une fermeture complète de la région sus-glottique* »

Les beatboxers évoquent le fait qu'une pratique intensive de ces sons spécifiques puisse provoquer des sensations d'irritations laryngées, preuve de l'utilisation de comportements à risque pour réaliser les sons de manière la plus fidèle possible. Cependant, ils ne semblent pas souffrir de dysphonie ou de pathologie vocale avérée (Clouet et de Torcy, 2010).

Ces sensations d'irritations laryngées évoquent une mauvaise utilisation de la voix mais nous constatons que les beatboxers sont à l'écoute des signaux d'alerte puisqu'ils disent « *jouer pendant plusieurs heures* » s'ils sélectionnent les sons produits (Clouet et de Torcy, 2010, p.106).

La caractéristique principale du Human Beatbox est donc l'imitation d'instruments, en particulier de la batterie, pour créer l'illusion d'une musique polyphonique en gommant les indices pouvant montrer que ces sons proviennent d'une voix humaine. L'analyse des techniques utilisées a mis en évidence un comportement de forçage, en particulier dans certains sons ce qui pourrait conduire à une dysphonie. Or les beatboxers semblent avoir conscience de ces comportements à risque, c'est pourquoi nous pouvons parler d'une gestion raisonnée et efficace de la voix.

II. De l'effort au forçage vocal

1. L'effort vocal

La voix utilise des mouvements parmi les plus rapides et les plus nombreux du corps humain puisque d'après Klein-Dallant (2001, p. 168) « *quatre heures effectives de parole fournie à la fréquence moyenne de 230 Hz (...) représenteront plus de trente-trois millions de collisions* ».

Ainsi, au regard de ce constat, Titze (1992) évoque la conséquence de ces collisions sur les plis vocaux. En effet, ce mécanisme serait en lien avec le comportement dit « *d'effort vocal* ». Lors de l'utilisation prolongée de la voix, l'inflammation causée par les collisions à répétition épaissit la muqueuse des plis vocaux et rend plus difficile leur mise en vibration.

Lors de la phonation, les plis vocaux sont mis en contact, et l'espace glottique se ferme. L'air phonatoire, expiré des poumons, crée une pression sous les plis vocaux, la pression sous-glottique, qui augmente jusqu'à ouverture de la glotte. L'air s'échappe, la pression

sous-glottique diminue, et l'élasticité des tissus laryngés permet aux plis vocaux de se refermer (Giovanni, 2004).

D'après Giovanni et al. (2007) l'effort vocal correspond à une augmentation de la production d'énergie du sujet pour réaliser un son, accompagné par un contrôle constant de l'effort musculaire. Cette augmentation de la production d'énergie se caractérise par une élévation des tensions musculaires de tout l'appareil vocal. Ainsi, on remarque que de nombreux muscles en jeu dans la posture se raidissent (notamment les muscles du cou, du larynx et même des mollets et du dos) (Giovanni, Akl et Ouaknine, 2008). On observe aussi une attitude de redressement du corps avec un regard tourné vers l'interlocuteur et une respiration plus ample corrélée à l'augmentation de la pression sous-glottique (Giovanni et al., 2007).

D'après Pillot (2011), on peut mesurer cette augmentation de la production d'énergie grâce à la mesure du débit oral et nasal couplée à celle de la pression sous-glottique. En effet, lorsque le sujet est en situation d'effort vocal, il va mobiliser une quantité d'air plus grande dans ses poumons, et induire une pression sous-glottique plus importante au niveau des plis vocaux. Il en résulte un débit plus important à l'extrémité des orifices buccaux et nasaux.

L'effort vocal est aussi caractérisé par l'augmentation de l'intensité, de la fréquence fondamentale, de la durée des voyelles et des consonnes, des comportements de pause, par l'apparition d'une voix rauque ainsi que par des facteurs perceptuels comme l'acoustique et la distance de l'interlocuteur (Garnier et al., 2008 ; Junqua, 1996 ; Traummüller et Eriksson, 2000 ; Sluijter et van Heuven, 1996).

Par conséquent, tous les auteurs se rejoignent pour dire que cette dépense d'énergie nécessite un repos compensateur afin d'éviter des conséquences néfastes et l'entrée dans le forçage vocal. En effet, les myofibroblastes, des protéines présentes dans les tissus des plis vocaux, peuvent réparer les traumatismes microscopiques en 36 à 48 heures. C'est pourquoi, le repos vocal est indispensable (Giovanni et al, 2007).

2. Le forçage vocal

Selon les auteurs, le forçage vocal est considéré comme un comportement vocal adopté dans une situation particulière ou comme une conséquence d'un geste inadapté. D'autres parlent d'un « *cercle vicieux de comportement d'effort* » (Ormezzano, 2000 ; Le Huche, 2010 ; Guerin, 2004 cités par Garnier, 2007 p. 19).

Le sujet utilise en effet une stratégie inefficace pour gérer l'effort qu'il doit produire dans certaines situations de communication (Garnier, 2007). Le forçage vocal se manifeste par une posture particulière : projection du visage en avant, tensions musculaires importantes notamment au niveau des cervicales (Grini, Ouaknine et Giovanni, 1998).

Nous avons choisi d'adopter le point de vue de Giovanni et al. (2007, p.1) qui définissent le forçage vocal comme « *un comportement vocal susceptible d'entraîner l'apparition de lésions dites dysfonctionnelles des cordes vocales* ». Le surmenage vocal et le malmenage vocal sont les deux composantes du forçage vocal. En effet, si le repos nécessaire n'est pas pris à la suite de l'effort vocal, le sujet perd le contrôle des tensions existantes et

s'installe dans le surmenage vocal. Le pli vocal devient rigide, « *responsable d'une fuite au niveau de la partie postérieure de la glotte membraneuse (fente glottique postérieure)* ». A cause de cette fuite, la mise en vibration des plis vocaux est difficile. Par conséquent la pression sous-glottique augmente et le nombre de collisions entre les plis vocaux s'accroît (Giovanni et al., 2004, p. 187). Quant au malmenage vocal, il apparaît lorsque le sujet utilise mal sa voix et ne tient pas compte des signaux d'alerte et de fatigue de son corps. Il utilise par exemple la voix d'insistance (ou voix criée) dans un contexte pour lequel une voix conversationnelle suffirait à la communication (Giovanni et al., 2004).

En cas de forçage vocal, les plis vocaux subissent un phonotraumatisme. On observe l'apparition de lésions (lésions nodulaires, polypes, hématome du pli vocal, parfois œdème de Reinke) au niveau de la glotte antérieure et de la glotte postérieure (Dupessey et Coulombeau, 2004 ; Giovanni et al., 2007).

Le Huche et Allali (2010) parlent de « *laryngopathies dysfonctionnelles* » : Les lésions nodulaires sont formées par un épaississement de la muqueuse et apparaissent sur le bord libre du pli vocal. Celles-ci peuvent être accompagnées d'œdème. La fatigue vocale, les picotements, l'altération de la voix chantée et la perte des aigus caractérisent ces lésions nodulaires (Dupessey et Coulombeau, 2004). Le polype est une inflammation du pli vocal. La gêne vocale est brusque, cyclique avec une impression d'un corps étranger dans la gorge. L'œdème de Reinke est une inflammation du tissu vocal causé par le tabagisme ou parfois par le forçage vocal. Il se caractérise par une accumulation de liquide dans l'espace de Reinke, c'est-à-dire la partie superficielle des plis vocaux. Cet œdème est accompagné d'un gonflement souvent bilatéral et asymétrique, et il apparaît généralement sur toute la longueur des plis vocaux (Dupessey et Coulombeau, 2004 ; Colton, Casper et Leonard, 2011). La laryngite chronique est due à une inflammation chronique du pli vocal, causée par un agent toxique (tabac, reflux gastro-oesophagien, etc.). Celui-ci provoque généralement un amoindrissement des capacités vibratoires de la muqueuse laryngée (Dupessey et Coulombeau, 2004). L'hématome de la corde vocale, ou « *coup de fouet* » laryngé, est causé par un traumatisme vocal donnant suite à une rupture de capillaire sanguin. Si les symptômes cliniques sont discrets, on pourrait néanmoins le voir dans des situations de forçage vocal (Dupessey et Coulombeau, 2004).

3. Méthodes de prévention

Parallèlement à l'utilisation de la voix, il est conseillé de pratiquer des mesures préventives pour minimiser les dommages que les plis vocaux peuvent subir au quotidien (Verdolini, 1998).

3.1. Repos vocal

Le repos vocal, ou tout du moins la modération vocale, est préconisé dès les premiers signes de fatigue vocale. En effet, il permet aux muscles de reprendre du tonus et à la muqueuse de s'assainir. Il n'est cependant pas suffisant à lui tout seul pour améliorer les troubles de la voix à long terme. Enfin, il ne doit pas dépasser huit jours. A noter que la voix chuchotée prédispose fortement au forçage vocal (Le Huche et Allali, 2010).

3.2. Hydratation

Nous avons vu que les nombreuses collisions que subissent les plis vocaux peuvent engendrer une inflammation provoquant un épaissement de la muqueuse. Ainsi, l'hydratation est préconisée afin d'améliorer la viscosité des plis vocaux. En effet, le modèle « *slip-stick* » (en français glissé-collé) permet de comprendre la relation entre les plis vocaux et l'air phonatoire. Le contact des plis vocaux (et donc la vibration) se fait en un minimum d'effort si le mucus de revêtement est suffisamment visqueux (Giovanni, 2004). Les auteurs préconisent donc de boire une grande quantité d'eau afin d'hydrater les cellules du corps de l'intérieur et d'éviter les substances qui dessèchent les cellules comme la caféine, l'alcool et les diurétiques. De plus, l'hydratation peut être faite de l'extérieur par inhalation ou vaporisateurs. Enfin, les substances sèches comme les poussières, la fumée ou les décongestionnants doivent être évités (Verdolini, 1998).

3.3. Prévention et traitement du reflux gastro-œsophagien

Plusieurs affections de la voix, telle la laryngite chronique, peuvent être dues aux remontées acides de l'estomac dans les voies respiratoires et dans le larynx. En cas de « reflux gastro-oesophagien », la meilleure des préventions consiste à éviter les aliments épicés, les boissons contenant de l'alcool ou de la caféine, et les aliments gras. Il est conseillé de dormir la tête surélevée pour éviter que les acides gastriques se répandent dans les voies respiratoires pendant la nuit. De plus, il faut respecter un délai d'environ quatre heures entre la dernière prise d'aliments et le coucher. Enfin, en cas de surpoids, la perte de poids est conseillée (Verdolini, 1998).

3.4. Gestion du stress

Il est conseillé de réduire au maximum le stress afin d'éviter les conséquences néfastes que celui-ci peut engendrer. Selon Menahem (1983, p. 545) il semblerait qu'une élévation de l'intensité, de la fréquence fondamentale et une augmentation de la pression sous-glottique ainsi que « *l'augmentation de la concentration d'énergie dans les bandes de fréquence élevée* » soient notées lors d'un épisode de stress. Celui-ci a donc un effet sur la voix.

3.5. Posture

Lors du mécanisme de la voix projetée (ou voix implicatrice) développé plus loin, quatre composantes sont présentes : la certitude d'être entendu, le regard en face, le redressement du corps et l'utilisation du souffle abdominal. Lors du forçage vocal, ces composantes sont altérées, il convient donc d'adopter une attitude d'ajustement afin de rétablir l'équilibre nécessaire à ce type de production de voix (Le Huche, 2012).

4. Efficacité vocale

Au regard des connaissances sur l'effort et le forçage vocal, le chercheur a mis en place des outils spécifiques afin de qualifier et quantifier l'effort vocal et ainsi rendre compte de l'utilisation de l'appareil phonatoire. Pour cela, il peut prendre la mesure de l'efficacité vocale, c'est-à-dire, d'un point de vue théorique, la capacité d'une voix à « *produire le maximum de résultat avec un minimum d'effort, de moyen et de dépense.* » (Pillot, 2004, p.8).

Ce concept étant multidimensionnel, seules les deux caractéristiques principales seront exposées. Du point de vue physique, l'efficacité vocale est le rendement produit par l'appareil phonatoire, c'est-à-dire le rapport entre l'énergie dépensée et l'énergie pouvant être créée par cet appareil (Pillot, 2004). C'est une grandeur physique, que l'on peut calculer à partir de mesures aérodynamiques telles que la pression sous-glottique, l'intensité et le débit d'air oral (Pillot). Du point de vue cognitif, l'efficacité vocale est la capacité de la voix du locuteur à avoir un effet sur le récepteur : il s'agit principalement d'être entendu et compris, quelles que soient les conditions de communication. Dans le chant lyrique, le locuteur cherchera aussi à donner des caractéristiques spécifiques à sa voix (richesse, portée, etc.) de manière à influencer le récepteur selon l'objectif (transmettre des émotions telles que la joie, la peur, etc.) (Pillot, 2004).

Un clinicien utiliserait spontanément son oreille pour qualifier l'efficacité d'une voix, mais il n'en reste pas moins nécessaire d'utiliser des méthodes de mesures objectives. Cela permet en effet de faciliter la transmission d'informations entre professionnels, d'établir des comparaisons entre différents sujets, de mesurer les progrès et de permettre au locuteur de mieux prendre conscience de l'interaction des forces en jeu au cours de la phonation (Baken et Orlikoff, 2000).

Plusieurs auteurs se sont penchés sur la mesure de l'efficacité vocale. Schutte (1980), l'évalue chez des sujets tout-venants et des sujets dysphoniques en proposant une formule issue directement de la notion de rendement :

$$E = \frac{W_{\text{acoust}}}{W_{\text{subgl}}}$$

Avec : W_{acoust} , la puissance sonore totale, calculée selon la formule :

$$W_{\text{acoust}} = 2\pi r^2 I$$

Où r est la distance entre le microphone et l'orifice extérieur du masque utilisé dans la mesure (en m), et I est l'intensité du son (en dB), mesurée à la même distance r . W_{subgl} , la puissance sous-glottique, est le produit du débit intra-oral moyen (q , exprimé en m^3/s) par la pression sous-glottique moyenne (P_s), exprimée en Pa ou en N/m^2 . Ce rapport est sans unité car la puissance sonore et la puissance sous-glottique sont toutes deux exprimées en watts (Schutte, 1980, p. 50). Cette formule illustre bien la volonté de l'auteur de rendre compte de la puissance laryngée utilisée par rapport à la puissance disponible. Il met ainsi

en évidence des valeurs de $8,5 \cdot 10^{-5}$ à $14,2 \cdot 10^{-5}$ chez une population masculine en voix parlée et chantée (Schutte, 1980).

Claire Pillot (2004) s'est aussi intéressée à la mesure de l'efficacité vocale dans le chant lyrique, ainsi qu'à ses marqueurs les plus utilisables en clinique. Elle calcule le rendement vocal (RV) en reprenant la formule de Schutte (1980). Cette formule, qu'elle nomme R_{Pq} , n'est cependant pas utilisable en clinique, en raison des difficultés d'obtention de valeurs de la pression sous-glottique (P_s). Après avoir comparé plusieurs formules de rendement issues de la littérature, elle propose d'utiliser celle du rendement vocal dans le débit (R_q) de Sawashima et al. (1988, cité par Pillot) en démontrant qu'il existe une relation linéaire entre R_{Pq} et R_q (Figure 1).

Cela permet donc d'utiliser le rendement dans le débit de Sawashima et al. comme équivalent du rendement vocal de Schutte, sans mesurer la pression sous-glottique. Ainsi, le rendement dans le débit R_q correspond à :

$$R_q = I - 10 \log q$$

Avec R_q en dB ; I , l'intensité en dB et q , le débit en ml/s.

Grâce à cette formule, Pillot (2004) objective des mesures de R_q chez un sujet masculin non-entraîné au chant. Elle obtient des valeurs de rendement vocal de 38 à 53 dB en voix parlée et de 40 à 52 dB en voix chantée. L'étude de Sawashima et al. (1988) avait quant à elle mis au jour des valeurs de rendement vocal de 35 à 71 dB en voix parlée chez une population masculine. Les valeurs de Pillot (2004) sont donc du même ordre de grandeur que celles obtenues par Sawashima et al. (1988), néanmoins elles traduisent une étendue moins importante.

En conclusion, le rendement vocal permet d'objectiver l'efficacité de l'appareil phonatoire, à partir de données numériques. Alors que la formule adaptée de Schutte (1980) requiert la mesure de pression sous-glottique, difficile à réaliser dans la pratique clinique, la formule du rendement dans le débit de Sawashima et al. (1988) ne nécessite pas la connaissance de la pression sous-glottique, mais uniquement celle du débit d'air en sortie des lèvres. Cette formule nous semble donc une bonne alternative pour calculer l'efficacité vocale.

III. Les usages de la voix

1. L'efficacité vocale dans les différents usages de la voix

Comme il a été évoqué précédemment, l'efficacité vocale repose sur la transmission d'un message entre le locuteur et son partenaire de communication. Pour cela, les paramètres acoustiques et aérodynamiques que sont la fréquence, l'intensité et le débit sont modifiés au cours de l'émission du message (Garnier, 2007).

1.1. Les différents modes de production de la voix

Pour un même locuteur, il existe plusieurs façons de faire passer un message, comme amplifier l'articulation ou augmenter le niveau sonore du message. Chacune de ces stratégies requiert une quantité et une répartition différente de l'énergie dans l'appareil phonatoire. Certaines d'entre elles consomment plus d'énergie que d'autres, en conséquence de quoi elles ont un degré d'efficacité différent (Garnier, 2007).

Dans la parole spontanée, les forces de fermeture des plis vocaux et la pression sous-glottique s'équilibrent. De cette manière, l'énergie transformée au niveau laryngé sera entièrement dédiée au signal acoustique, permettant une parole efficace. En effet, dans le cas contraire, lorsque la pression sous-glottique est trop forte et que les forces d'adduction des plis vocaux sont mal adaptées, il se produit des fuites d'air, le timbre perd de sa richesse et la voix manque de puissance (Garnier, 2007). Par ailleurs, l'intelligibilité de la parole passe essentiellement par la transmission des consonnes. Le sujet peut donc s'appuyer sur celles-ci pour équilibrer les pressions des cavités de l'appareil phonatoire et former un « *tremplin de projection* » de la consonne suivante. Ainsi, il obtiendra une intensité suffisante pour un minimum d'effort. C'est aussi une manière de donner un appui au souffle (Amy de la Bretèque, 2004).

D'autre part, lorsqu'il communique un message en voix chantée, le sujet est amené à allonger la durée des voyelles et des rhèmes (durée du temps de phonation entre deux inspirations) par rapport à la voix parlée. Ce phénomène permet aux tensions de l'appareil phonatoire de s'équilibrer. Chez les chanteurs et acteurs entraînés, l'efficacité est favorisée par la présence du formant du chanteur (*singer's formant*), une zone de fréquence amplifiée entre 2 et 4kHz. Celui-ci permet à la voix humaine d'être entendue au milieu d'un orchestre, sans pour autant augmenter le niveau sonore global du signal (Sundberg et al., 1999).

En outre, le locuteur se trouve parfois dans une situation où son intention de transmettre un message et d'obtenir une réaction de l'interlocuteur est marquée. Ainsi, il va chercher l'efficacité en augmentant la précision de son articulation, en utilisant le souffle abdominal en support de la phonation, en modifiant sa posture pour que sa voix porte au mieux, et en dirigeant son regard vers son partenaire (Le Huche et Allali, 2010). Le débit de parole est souvent ralenti, en revanche l'intensité du signal sonore n'augmente pas nécessairement en comparaison à la voix parlée (Giovanni et al. 2007 ; Le Huche et Allali, 2010). Ces adaptations correspondent à la voix projetée ou « *voix implicatrice* » décrite par Le Huche et Allali (2010).

Enfin, on constate que le locuteur va augmenter la hauteur et l'intensité de sa parole dans des situations de communication difficiles (Garnier, 2007). En d'autres termes, dans une communication à distance du partenaire ou de situation de communication dans le bruit, il va parler « plus fort » et « plus aigu » (Pelegrin-Garcia et Smits, 2011). Cela a pour but de renforcer le signal sonore pour qu'il parvienne à son interlocuteur, malgré l'énergie qu'il va perdre au cours de la transmission. Certains formants sont ainsi amplifiés, en majorité ceux des fréquences aiguës, et le locuteur peut présenter une flexion thoracique supérieure ainsi qu'une projection du visage en avant, accompagnée par une respiration dite « vertébrale ». Celle-ci étant superficielle, le locuteur doit augmenter l'intensité du son produit à partir d'un volume d'air plus restreint, ce qui va conduire à l'accroissement

des tensions laryngées (Giovanni et al., 2007). Ces paramètres illustrent la voix d'insistance décrite par Le Huche et Allali (2010), qui correspond à la voix criée. C'est un système efficace mais fatigable, qui peut créer des altérations de la muqueuse laryngée s'il est utilisé trop longtemps (Le Huche et Allali, 2010).

Quelle que soit la situation de communication, le locuteur peut rechercher un équilibre optimal entre respiration, phonation et articulation, afin d'utiliser de la meilleure façon possible les capacités de son appareil phonatoire.

1.2. Description phonétique des sons du français

En phonétique articulatoire, on distingue les différents sons de la langue française par des traits distinctifs, c'est-à-dire des caractéristiques qui décrivent la manière dont consonnes et voyelles sont produits. On compte le voisement, le mode d'articulation, le lieu d'articulation, l'aperture, la nasalité et la labialité (Marchal, 2007).

Les voyelles sont caractérisées par l'aperture, le lieu d'articulation, la labialité et la nasalité. Chacun de ces traits se compose de plusieurs modalités qui ne sont pas combinables entre elles. L'aperture correspond à l'ouverture de la mandibule. Pour les voyelles, le lieu d'articulation est constitué par la place du volume global de la langue dans la cavité buccale. La labialité est l'avancement ou l'étirement des lèvres. Enfin, une voyelle peut être nasale si l'air passe par la cavité nasale, ou orale dans le cas où le voile du palais clôt cette cavité (Marchal, 2007).

Les consonnes peuvent être classées en plusieurs types : occlusives et constrictives, lesquelles peuvent être sourdes ou sonores, nasalisées ou non, et caractérisées par les traits distinctifs suivants : le voisement, le lieu et le mode d'articulation, ainsi que la nasalité. Les occlusives sont formées par une fermeture du conduit vocal à un endroit précis. L'air provenant du larynx s'accumule derrière le point de fermeture pendant la tenue, c'est-à-dire la durée d'immobilisation des articulateurs en position de fermeture. Enfin, l'explosion se traduit par l'association de la pression d'air intra-orale et du relâchement des articulateurs. Les consonnes constrictives correspondent à un rapprochement des articulateurs sans occlusion. Le son est formé par le passage de l'air dans le rétrécissement du conduit vocal provoqué par la position des articulateurs. Le voisement est marqué par la mise en vibration ou non des plis vocaux lors de la production des consonnes. Il en est de même pour la nasalité, évoquée ci-dessus (Marchal, 2007).

1.3. L'accord pneumo-phono-résonantiel

La production d'un son vocal met en jeu un système complexe d'interaction entre l'air expiré, la vibration des parois laryngées, les résonances acoustiques des cavités et le positionnement des articulateurs. Une bonne coordination entre ces différents niveaux est souhaitable. Tarneaud (1946, cité par Cornut, 2004) évoque cet équilibre par le terme d'« *accord phono-résonantiel* ». Cet accord est présent lors de toute phonation, et plus particulièrement visé au sein de la voix chantée. En effet, le chanteur entraîné recherche toujours l'accord le plus parfait possible entre la fréquence fondamentale du son laryngé et celles des résonateurs.

La gestion des tensions laryngées est une des clés de l'obtention de cet équilibre. En effet, le larynx est souvent soumis à des contraintes mécaniques puisqu'il est à la fois le régulateur du flux d'air en provenance des poumons et le vibreur à l'origine du son. Pour produire un son optimal, ces deux fonctions doivent être désynchronisées, afin que le larynx tienne uniquement le rôle de vibreur. La régulation de l'air est alors prise en charge par les muscles inspireurs et expirateurs qui règlent la pression sous-glottique (Garnier, 2007).

Une fois l'onde sonore créée, celle-ci est transmise dans les cavités de l'appareil phonatoire (cavité orale, nasale et pharyngée) qui vont l'entretenir et la modifier. Par réverbération sur les parois, l'onde va être en partie redirigée vers le larynx et les plis vocaux, aidant ainsi à lutter contre la pression sous-glottique. Il y aura donc une équilibration des tensions de part et d'autre du larynx, lui permettant une grande souplesse et liberté dans son rôle de vibreur (Garnier, 2007).

En outre, les caractéristiques géométriques des cavités de l'appareil phonatoire s'adaptent lors des changements de voyelles ou lors des changements de hauteur. Ces ajustements permettent au son d'avoir la meilleure résonance possible avant d'être projeté dans l'espace autour du locuteur. D'après Cornut (2004, p. 71), « *quand cet accord phono-résonantiel est obtenu, l'émission vocale est plus facile, la voix a un timbre plus riche et le volume sonore peut être augmenté sans effort, autrement dit, le rendement de l'appareil vocal est nettement meilleur.* »

2. Gestion des paramètres acoustiques dans les différents modes d'utilisation de la voix

La littérature est riche de données normatives concernant les variations des paramètres acoustiques vocaux, et ce dans les différents modes de production de la voix, c'est-à-dire en voix parlée, voix projetée, voix criée et voix chantée. Nous avons choisi de dresser une synthèse des tendances observées dans la littérature, pour pouvoir ensuite les comparer avec les données obtenues lors de l'expérimentation.

2.1. Variation de la fréquence fondamentale

La fréquence fondamentale (F0) d'un son voisé correspond au nombre de cycles de vibration des plis vocaux en une seconde (Baken et Orlikoff, 2000). On pourra parler également de hauteur tonale de la voix. La F0 moyenne d'une voix parlée diffère sensiblement selon le genre et l'âge du locuteur, et évolue selon les conditions de production. L'étendue en fréquence de la voix chantée varie chez les sujets en fonction de leur expertise. Cela signifie qu'un sujet pratiquant le chant développera bien souvent une étendue en fréquence fondamentale plus grande que celle d'un sujet non ou peu entraîné. Il faut donc garder ces notions à l'esprit en consultant le Tableau 1, qui synthétise des données de la littérature.

		Fréquence fondamentale : étendue, en Hz (référence)	Intensité : étendue, en dB (<i>écart type</i>) (référence)	Débit d'air oral : étendue, en ml/s (référence)	Pression sous- glottique : étendue, en cmH₂O (référence)	Pressions pulmonaire : étendue, en hPa (référence)
Voix parlée	Hommes	100 – 150 (7) 107 - 224 (1)	61 -90 (1) 73 – 85 (8) 80 – 90 (3)	109 – 394 (12) 100 - 300 (8) 142-218 (1)	2-12 (4) 5 – 55 (3) 2 – 7,5 (14)	3 - 12 (6)
	Femmes	180 – 250 (7) 225 - 275 (10) 222 – 254 (9) 188 – 224 (1)	67 – 82 (1) 66 - 81 (8) 74 – 82 (10)	69 – 339 (12) 90 – 210 (8) 152-170 (1)	2-12 (4) 5 – 55 (3) 2 – 7,5 (14)	
Voix chantée	Hommes	110 – 880 (11)	61 – 100 (1) 85 – 95 (3) 95 – 100 (2) 90 -95 (15)	145 – 764 (12)	5 – 20 peut aller jusqu'à 60 (3) 10 – 50 (3) 20 à 30 (13) 35 et plus (14)	60 (6)
	Femmes	165 – 1046 (11)	85 – 107 (1)	92 – 470 (12)	5 – 20 peut aller jusqu'à 60 (4) 10 – 50 (3)	
Voix criée	Hommes	330 – 392 (11)	96 (3) (5) 78 - 90 (7) (16)	105-350 (1)	7,5 – 30 (14)	25 (6)
	Femmes	659 – 698 (11) 350- 375 (10) 344 – 380 (9)	92 - 107 (10) 92 – 95 (9)	56-270 (1)	100 (11) 7,5 – 30 (14)	
Voix projetée	Hommes	220 et plus (11)	79 – 93 (8)	120 – 340 (8) 91-210 (1)	Jusqu'à 20 (4) Jusqu'à 160 (11)	
	Femmes	238 -276 (9) 392 et plus (11)	77 - 90 (8) 77 – 82 (9)	80 – 220 (8) 105-270 (1)	Jusqu'à 20 (4) Jusqu'à 160 (11)	

Tableau 1 Synthèse des données de la littérature, issu de : (1) Baken et Orlikoff (2000) ; (2) Cleveland et al. 1984 ; (3) Cleveland et al. (1997) ; (4) Cornut (2004) ; (5) Fux, Zimpfer et Feng (2011), (6) Giovanni et al. (2003) ; (7) Hollien et al. (1971) ; (8) Holmberg et al. (1988) ; (9) Lagier et al. (2009) ; (10) Lagier et al. (2010) ; (11) Le Huche et Allali (2001) ; (12) Lundy et al. (2000) ; (13) Pillot (2011) ; (14) Schutte (1980) ; (15) Titze et al. (1992) ; (16) Zhang et Hansen (2007).

2.2. Variation de l'intensité

Nous traitons ici de l'intensité acoustique, rapport entre la pression acoustique d'une onde sonore, la densité de l'air et la vitesse de propagation du son. Celle-ci est exprimée en décibels (dB) et sa valeur est fonction de la distance à la source d'émission du son. (Fletcher, 1953 cité par Pillot, 2004).

Le Tableau 1 présente une synthèse de données de la littérature. Nous constatons que l'intensité vocale augmente sensiblement dans les conditions de voix chantée et voix criée, dans lesquelles elle est à peu près équivalente (entre 61 et 107 dB), même si le genre des sujets diffère entre ces deux conditions (hommes/femmes). Les valeurs obtenues en voix projetée sont du même ordre de grandeur que celles de la voix parlée (entre 79 et 93 dB en voix projetée, entre 61 et 90 dB en voix parlée). Cependant, la voix parlée peut être produite à une intensité plus faible que la voix projetée. Il semble par ailleurs que les hommes réalisent des variations d'intensité supérieures aux femmes en voix parlée et chantée, tandis que les étendues sont similaires pour les deux genres en voix projetée. La littérature manque de données pour illustrer les paramètres d'intensité de la voix criée chez les hommes.

3. Gestion des paramètres aérodynamiques dans les différents modes d'utilisation de la voix

3.1. Variation du débit d'air oral

Le débit d'air oral est « *la quantité d'air expirée par la cavité buccale par unité de temps* » (Pillot, 2004, p. 30). On parle de débit phonatoire si la quantité d'air est mesurée durant la phonation. Le débit d'air est mesuré en litres par seconde (Baken et Orlikoff, 2000). Ce paramètre peut intervenir dans le calcul du rendement vocal (Pillot, 2004).

Les variations de débit dépendent des gestes articulatoires mis en œuvre dans la production des consonnes et des voyelles. Ainsi, la mesure du débit d'air peut refléter les dysfonctionnements de la parole et donner un aperçu de l'efficacité (Baken et Orlikoff, 2000). Au niveau glottique, le débit d'air est modulé par l'ouverture-fermeture des plis vocaux. Le débit d'air peut être divisé en trois catégories : le débit associé aux consonnes, le débit d'air oral durant la phonation et le débit d'air nasal. Le premier évalue l'articulation orale, le second est un indicateur de l'efficacité du système laryngé et le débit d'air nasal permet d'évaluer les fonctions vélopharyngées (Baken et Orlikoff, 2000). Les données de la littérature sont répertoriées dans le tableau 1.

3.2. Variation de la pression sous-glottique

La pression est une force agissant perpendiculairement à une surface par unité d'air (Baken et Orlikoff, 2000). La pression sous-glottique (P_s) est ainsi « *la pression d'air créée par le flux de l'air expiré contre les cordes vocales en partie fermées* » (Bunch, 1997 cité par Pillot, 2004, p. 29). L'unité de pression est le Pascal mais la plupart des mesures dans la parole continuent à être exprimées en cmH_2O car la pression est

normalement mesurée au moyen d'un manomètre, un tube en U en partie rempli avec de l'eau (une pression de 1cm d'eau est équivalente à 100 pascals) (Pillot, 2004).

Durant la position pré-phonatoire, les plis vocaux sont situés de part et d'autre de la ligne médiane et exercent une certaine tension. Ils sont ainsi un obstacle à l'écoulement de l'air et vont créer une résistance. La vibration commence lorsque la pression de l'air sous les plis vocaux dépasse le seuil de cette résistance, entraîne leur écartement et permet la fuite de l'air vers le haut. Ce mécanisme est possible grâce à la soufflerie pulmonaire. Lorsque les plis vocaux sont ouverts, la pression sous-glottique diminue à cause de cette fuite d'air. C'est à la fois l'élasticité des plis vocaux et un phénomène aérodynamique qu'on nomme « *effet Bernouilli* » qui vont permettre de les refermer (Giovanni et al., 2003).

La pression sous-glottique varie en fonction des différents modes de production de la voix (voix parlée, voix chantée, voix projetée, voix criée) et l'utilisation des voyelles ou des consonnes dans la parole.

Certains auteurs mettent en avant la notion de pression transglottique, c'est-à-dire de la différence entre la pression sous-glottique et la pression intra-orale (P_{io}) (Pillot, 2004). Il existe une pression de seuil de phonation (Phonation Threshold Pressure) au-delà de laquelle les plis vocaux vont pouvoir entrer en vibration, et en-deçà de laquelle l'initiation du mouvement vibratoire ne sera pas possible (Titze, 1992). Pendant la phase de tenue des occlusives sourdes, la pression sous-glottique et la pression intra-orale s'équilibrent si les plis vocaux sont suffisamment écartés ($P_s = P_{io}$). Pendant l'émission d'occlusives sonores, la pression intra-orale est inférieure à la pression sous-glottique en raison du voisement ($P_s > P_{io}$). De même, pour les fricatives sourdes, la résistance entre les plis vocaux amène une pression sous glottique supérieure à la pression intra orale ($P_s > P_{io}$) (Pillot, 2004). Lors de l'émission des voyelles, la pression intra-orale s'équilibre à la pression atmosphérique, et elle est donc considérée comme nulle relativement à la pression atmosphérique. Cette pression augmente dans les situations d'effort. C'est pourquoi, on considère que sa valeur est un indicateur assez précis du degré de forçage vocal (Giovanni et al., 2012).

3.3. Variation de l'utilisation des capacités respiratoires

Les muscles expiratoires doivent s'adapter afin de maintenir une pression sous-glottique suffisante durant toute l'émission sonore et permettre les variations d'intensité, de hauteur tonale et de timbre de la voix. Le diaphragme joue un rôle important lors de la projection vocale : rôle inspirateur au moment de « *l'élan vocal* » ; rôle de régulateur du souffle phonatoire au moment de la production vocale proprement dite (Le Huche et Allali, 2010).

Le souffle phonatoire peut être produit de trois façons différentes : souffle thoracique supérieur lors de l'expression simple (par l'abaissement de la cage thoracique), souffle abdominal lors de la voix projetée (par l'action des muscles abdominaux), souffle vertébral lors de la voix de détresse ou dans le forçage vocal (par la flexion thoracique) (Le Huche et Allali, 2010).

L'appareil respiratoire (poumons, bronches, trachée, larynx, voies aériennes supérieures, cage thoracique) joue un grand rôle lors de la phonation puisqu'il fournit le souffle

nécessaire à la production vocale. Lors de la respiration calme, le rythme respiratoire est régulier, l'expiration et l'inspiration étant cycliques et d'une durée similaire. Or, lors de la phonation, ce rythme est perturbé puisque l'expiration va devenir phonation et donc être sensiblement plus longue que l'inspiration. A noter cependant que la phonation est possible sur l'inspiration, on dit alors qu'on « parle à l'envers » (Le Huche et Allali, 2010, p.49). Cette façon de s'exprimer est peu courante en parole spontanée, mais elle est utilisée comme une technique vocale à part entière dans le Human Beatbox.

Les poumons ont une capacité vitale de 5 à 7 litres chez l'adulte, ce qui correspond à la quantité d'air disponible au maximum. Lors d'une respiration calme, le volume d'air courant, c'est-à-dire le volume réellement utilisé, est de l'ordre de 10 à 20% de la capacité vitale. Il peut augmenter jusqu'à 50% lors d'une activité physique intense (Giovanni et al., 2003). Selon Cornut (2004), ce volume d'air courant a une valeur de moins de 10% puisqu'il se situe entre 400 et 500 ml.

Les pressions pulmonaires expiratoires augmentent en raison des obstacles créés par les plis vocaux en adduction et par les constrictionnements articulatoires. Les données de la littérature sont synthétisées dans le Tableau 1.

4. L'influence de l'effort vocal sur les syllabes

Certains auteurs ont cherché à caractériser l'effort vocal au-delà de l'échelle du phonème, au niveau de la syllabe.

Liénard et Di Benedetto (1999) ont étudié les variations d'effort vocal sur les voyelles orales du français, en proposant plusieurs distances entre le sujet et l'expérimentateur. Lorsque la distance s'accroît, ils observent une augmentation de l'énergie acoustique du signal se traduisant par une intensité plus forte du signal sonore, ainsi qu'une augmentation de la fréquence fondamentale de chaque voyelle. Cela signifie que, pour être efficace, le sujet produit un son plus fort et plus aigu au fur et à mesure que la distance avec son interlocuteur augmente. Les auteurs ont aussi montré qu'il existe un enrichissement de la partie haute du spectre acoustique pour chaque voyelle, ainsi qu'une augmentation de la fréquence du premier formant F1. Notons que cette étude a été réalisée en voix parlée, les sujets avaient pour consigne de ne pas crier. L'effort vocal nécessaire s'inscrit donc dans des conditions optimales de communication.

Ces résultats sont en corrélation avec l'étude de Schulman (1989, cité par Liénard et Di Benedetto) qui a analysé le discours crié. Il en est de même pour le discours dans le bruit, étudié par Junqua (1993, cité par Liénard et Di Benedetto). Par ailleurs, Traunmüller et Erkişon (2000) et Kim et al. (2005) ont mis en évidence que la durée des consonnes diminue lorsque l'effort vocal augmente, alors que la durée des mots s'accroît, en parallèle avec celle des voyelles.

En conclusion, les études montrent que dans tous les modes de production de la voix étudiés (voix parlée, voix criée), l'augmentation de l'effort vocal se traduit par une augmentation de la fréquence fondamentale de la voix, de l'intensité de certains formants ainsi que de la modification de durée des phonèmes. Ces modifications peuvent contribuer à l'efficacité vocale.

Chapitre II
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

I. Problématique :

Le Human Beatbox est un art vocal apparu dans les années 1980 qui consiste à créer l'illusion d'une « boîte à rythme » électronique grâce à la mise en jeu des articulateurs et des cavités de résonance du conduit vocal. Afin d'affiner au maximum cette ressemblance avec les sons électroniques, le chanteur explore les possibles de son instrument vocal, en combinant voisement et sons percussifs (Stowell et Plumbley, 2008). Le beatboxer veille à estomper les indices linguistiques pour parfaire l'illusion sonore.

En tant que chanteur, le beatboxer cherche aussi à produire un effet sur le spectateur et à transmettre un message sonore. Cela le conduit donc à développer une utilisation optimale de son appareil phonatoire, laquelle est objectivable grâce au concept d'efficacité vocale. En effet, celle-ci rend compte de l'utilisation du larynx en termes d'énergie disponible par rapport à l'énergie dépensée (Pillot, 2004).

En outre, le récent mémoire de Clouet et de Torcy (2010) a montré qu'il existe des comportements de forçage vocal chez les beatboxers, tels que des constrictions pharyngées et des compressions laryngées de type III et IV de Koufman (Koufman, 1996). Celles-ci apparaissent lors de l'émission de certains sons utilisés dans le beatbox, en particulier les « *scratches* » et la « *guitare électrique saturée* ». D'après Koufman, ces comportements pourraient conduire au développement de pathologies laryngées. Cependant, les auteurs de ce mémoire n'ont recensé aucune plainte vocale chronique chez les beatboxers.

Le champ des études réalisées autour du beatbox étant très restreint, nous disposons donc de peu de littérature à laquelle nous référer pour approfondir ces résultats.

A partir de ces considérations théoriques, nous traiterons donc la problématique suivante : Pour être efficaces et afin d'éviter toute pathologie vocale, les beatboxers développent une utilisation spécifique et optimale de leur appareil phonatoire.

II. Hypothèses

1. Hypothèse générale

Afin de répondre à cette problématique, nous émettons une hypothèse générale selon laquelle les beatboxers utilisent des stratégies leur permettant de pratiquer le beatbox sans conséquence sur leur voix (hygiène vocale, préparation, choix des sons, posture). Ils développent une maîtrise des paramètres acoustiques et aérodynamiques lors de la production, tels que le débit, l'intensité, la répartition de l'énergie et la pression sous-glottique.

De celle-ci découlent des hypothèses opérationnelles exposées ci-après.

2. Hypothèses opérationnelles

Ho1: Les beatboxers ont une pratique intensive du Human Beatbox.

Ho2 : les beatboxers ressentent une gêne vocale après avoir réalisé un effort vocal important.

Ho3: Les beatboxers ne sont sujets à aucune pathologie vocale chronique.

Ho4 : Les beatboxers utilisent des méthodes de prévention des troubles de la voix au sein de leur pratique (hygiène vocale, préparation, choix des sons).

Ho5 : Les beatboxers ont une gestion efficace de leur voix malgré des comportements à risque.

Ho6 : L'efficacité vocale dans le beatbox est supérieure à l'efficacité vocale dans les autres types de production, à savoir la voix parlée, chantée, criée et projetée.

Ho7 : L'efficacité vocale en beatbox se rapproche de l'efficacité dans la voix projetée, et partage donc des valeurs de pression sous-glottique avec celle-ci.

Ho8 : L'efficacité vocale en beatbox se rapproche de l'efficacité dans la voix projetée, et partage donc des valeurs de débit avec celle-ci.

Ho9 : L'efficacité vocale en beatbox se rapproche de l'efficacité dans la voix projetée, et partage donc des valeurs d'intensité avec celle-ci.

Ho10 : L'efficacité vocale en beatbox se rapproche de l'efficacité dans la voix projetée, et présente donc une répartition d'énergie spectrale comparable à celle-ci.

Ho11 : L'efficacité vocale en beatbox se rapproche de l'efficacité dans la voix projetée par rapport aux autres modes de production.

Ho12 : Les beatboxers adoptent une posture qui s'apparente à celle de la voix projetée.

Chapitre III
PARTIE EXPERIMENTALE

I. Population

1. Enquête sur une population de Beatboxers

Nous avons procédé à une enquête dans la communauté des beatboxers afin d'en connaître davantage sur leurs habitudes vocales, et observer la présence ou non de conduite à risques lors de leur pratique du Human Beatbox, mais aussi lors de l'utilisation de leur voix au quotidien.

Notre enquête s'est effectuée sous la forme d'un questionnaire diffusé largement sur internet à l'aide de la plate-forme de questionnaires en ligne Soorvey (Soorvey Sustainable Development, Bussigny-près-Lausanne, Suisse).

Celui-ci comportait 55 questions dédiées aux pratiquants de Human Beatbox et à leur voix en particulier. Les questions portaient sur la découverte et l'apprentissage du beatbox, les habitudes vocales au cours de la pratique, la gêne vocale ponctuelle et chronique. Elles ont été divisées en trois catégories, à savoir les réponses à choix unique, multiple, ou réponses libres. Ce questionnaire est consultable en annexe I. Ainsi, cela nous a permis de mieux connaître cette discipline et d'avoir une vision plus précise de la place que le beatboxer donne à sa voix au quotidien.

Une fois le questionnaire créé, une étude pilote a été menée auprès d'un échantillon de trois beatboxers, et ce dans le but de s'assurer de l'accessibilité des questions et de la pertinence des thèmes abordés. La version définitive a par la suite été mise en ligne et relayée sur les forums et réseaux sociaux pour en accroître la diffusion auprès des beatboxers. Enfin, nous avons recueilli 53 réponses : 51 hommes et 2 femmes âgés pour une grande majorité entre 19 et 35 ans ; 43 beatboxers sont amateurs et 10 sont professionnels.

2. Mesures en laboratoire

Nous avons ensuite mené une étude en production en laboratoire. Les sujets étaient en bonne condition physique au moment de l'expérimentation.

Nom	BB1	BB2	BB3	BB4
Sexe	H	H	H	H
Age	30	28	23	20
Profession	Beatboxer	Beatboxer	Animateur	Gendarme
Nombre d'années de pratique	12	12	8	2

Travail de la voix	- voix - rythme - scratches - basses - puissances - finesse - texture des sons	- voix - rythme - scratches - basses - puissances - finesse - texture des sons	- endurance - jeux de scène - adaptabilité à l'ambiance générale	- rythme - basses
Autre instrument	Basse et guitare	Guitare	Batterie	Non
Nombre d'heures de pratique sans ressentir de gêne	5 à 6h	2h et plus	5 à 6h	1h

Tableau 2 Présentation de l'échantillon de population.

2.1. BB1

BB1 a 30 ans et pratique le beatbox depuis 12 ans. Grâce à un apprentissage en autodidacte et par la rencontre d'autres beatboxers, il vit aujourd'hui du beatbox et l'enseigne auprès des professionnels de la musique, enfants et beatboxers. Il donne plus de 60 concerts par an. Par ailleurs, il joue de la basse et de la guitare.

Il exerce le beatbox seul et en groupe une à trois fois par semaine, et explique qu'il travaille particulièrement chacun des aspects du beatbox, à savoir la voix, le rythme, les scratches, les basses, la puissance ainsi que la finesse et la texture des sons. Selon lui, sa gestion du souffle est bonne, même s'il lui arrive parfois de ressentir un essoufflement.

Il rapporte que « *les nouveaux sons de basses développés par les nouvelles générations* » sont les plus difficiles à produire, et qu'il les utilise donc très peu.

Il lui arrive de ressentir une gêne vocale après un effort important, il a alors « *l'impression d'avoir la voix un peu "voilée"* », surtout après avoir parlé dans un contexte bruyant. Il est aussi parfois sujet à une fatigue vocale, en particulier après plusieurs nuits sans sommeil. Il remarque que « *le grain de (s)a voix change* » au fil des années. En revanche, il ne semble pas souffrir de trouble chronique de la voix ni d'aphonie.

Avant un concert, il prépare sa voix avec des exercices de relaxation basée sur la respiration ainsi qu'en faisant des bâillements et vocalises.

2.2. BB2

BB2 est âgé de 28 ans et a découvert le beatbox lorsqu'il avait 16 ans, grâce aux disques des quelques artistes qui le pratiquaient, puisque d'après lui, « *il n'y avait rien de précis au sujet du human beatbox sur internet* ». Il a ensuite participé à une convention de beatbox à l'étranger, ce qui lui a permis de rencontrer d'autres artistes avec qui « *des liens se sont tissés* ». Aujourd'hui, il vit du beatbox et l'enseigne à un public de tout âge, sous forme d'ateliers ou de stages. Il met en place des projets alliant le beatbox avec d'autres

styles musicaux (piano, etc.). De plus, il a suivi des cours de solfège et de guitare dans son enfance.

Sa pratique du beatbox est essentiellement individuelle et quotidienne, mais il s'exerce aussi une à trois fois par mois au sein d'un groupe. Il tient à travailler chacun des aspects du beatbox. Il aime le travail de recherche vocal personnel, puisque selon lui, «*vous pouvez produire des sons d'instruments mais également créer vos propres sons.*». Il évoque la nécessité de l'entraînement de longue durée, essentiel pour réussir à produire certains sons.

Après un effort vocal important, il explique ressentir une fatigue vocale, de même qu'après des répétitions ou des événements nécessitant de parler dans le bruit. Sa voix est alors plus grave et il lui est difficile de produire des sons aigus. Il ne paraît cependant pas sujet à un trouble chronique vocal.

Sa manière de préparer sa voix avant un concert passe par des échauffements et exercices vocaux, des massages et un repos vocal. Il aime aussi boire des boissons chaudes, qui lui apportent une certaine détente.

2.3. BB3

BB3 a 23 ans et a découvert le beatbox à 15 ans grâce à la batterie, qu'il a pratiquée pendant plusieurs années. En tant qu'animateur socio-culturel, il intègre le beatbox à ses interventions depuis deux ans, sous forme de stages ou d'ateliers pour collégiens et autres pratiquants du beatbox.

Il s'entraîne quotidiennement en individuel, et parfois avec d'autres beatboxers. Tous les aspects du beatbox l'intéressent, même s'il dit mettre l'accent sur la respiration, l'endurance, les jeux de scène et «*l'adaptabilité à l'ambiance générale*». Il explique qu'il gère son souffle avec aisance et équilibre.

Après une participation à un concert ou lorsqu'il est fatigué, il dit ressentir une gêne vocale. Celle-ci est liée à un épuisement qui peut le conduire à l'insomnie. En situation d'aphonie, ce qui lui arrive parfois à la suite d'un concert, il axe son travail essentiellement sur les «*roulés rythmiques*» qui se réalisent sans phonation.

Selon lui, les aliments gras ont une influence sur les productions vocales, et permettent entre autres de réaliser les sons de «*basse*» plus aisément. Ainsi, la puissance est possible avec un investissement d'énergie moindre.

2.4. BB4

BB4 est âgé de 20 ans. Il est le beatboxer de notre population ayant la plus courte expérience, puisqu'il pratique le beatbox depuis deux ans. Il a commencé à s'entraîner par lui-même puis à l'aide de vidéos sur internet. Le beatbox est une passion qu'il exerce en dehors de son activité de gendarme. Sa pratique musicale est uniquement orientée vers le beatbox.

Aujourd'hui, il pratique individuellement de manière quotidienne, et rejoint un groupe plusieurs fois par mois pour des entraînements communs. Il travaille en particulier le rythme et les basses et explique que ces sons, difficiles à produire, demandent plus de concentration et de force pour être réalisés. Il n'est sujet à aucune gêne ou douleur vocale qu'elle soit aiguë ou chronique.

II. Méthodes et mesures

1. Etude acoustique et aérodynamique

Pour caractériser le comportement phonatoire des chanteurs et évaluer leur performance vocale, nous avons mené des analyses acoustique et aérodynamique en laboratoire. Nous avons utilisé la station d'évaluation vocale assistée, EVA2® (SQLab-LPL, Aix en Provence, France) installée dans une chambre sourde du Laboratoire GIPSA-lab à Grenoble. Cette station permet de réaliser l'évaluation acoustique et aérodynamique de la voix parlée et chantée (Henrich et Savariaux, 2012). Les mesures sont peu invasives et compatibles avec les gestes phonatoires et articulatoires mis en œuvre dans le Human Beatbox. Nous avons par ailleurs mesuré l'efficacité des beatboxers en termes de rendement vocal et de répartition spectrale d'énergie de la voix.

Pour recueillir les signaux, EVA2 dispose de plusieurs capteurs placés sur un ensemble appelé « pièce à main ». Celle-ci est disposée face au sujet, à hauteur de son visage, afin que celui-ci adopte une posture la plus naturelle possible au cours des mesures.

Le dispositif EVA2 nous a donc permis de mesurer le débit d'air oral, le débit d'air nasal, l'intensité vocale, la fréquence fondamentale, la pression intra-orale ainsi que l'aire relative de contact des plis vocaux (Figure 2).

Une station de travail composée d'un ordinateur PC (logiciel Phonedit d'édition et de traitement des signaux obtenus) et d'une carte d'acquisition (Data Instrument PCI 6220) était raccordée à ces éléments et permettait l'enregistrement, la visualisation, les mesures et le traitement des paramètres aérodynamiques et acoustiques de la parole.

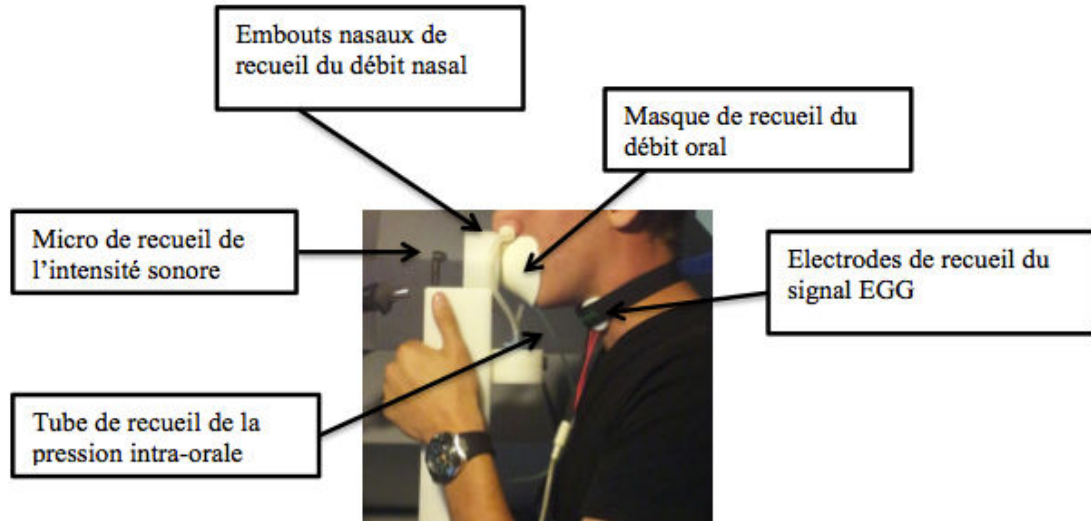


Figure 2 dispositif EVA 2 et EGG, au cours de la manipulation

1.1. Débit d'air oral

Nous avons choisi d'utiliser le pneumotachographe pour calculer le débit d'air oral. Celui-ci « *consiste en un débitmètre et un transducteur différentiel de pression* » (Rothenberg, 1973 cité par Pillot, 2004, p. 31).

Il est composé d'un masque en silicone posé sur le visage du sujet permettant l'imperméabilité grâce à un joint étanche. La pression est enregistrée par le transducteur. Ainsi, la chute de pression est corrélée au taux de débit (Pillot, 2004).

Le débit d'air oral est calculé en millilitres par seconde (ml/s), sa fréquence d'échantillonnage est de 6250 Hz pour 16 bits au cours de notre mesure.

1.2. Débit d'air nasal

Le sujet est invité à placer deux embouts dans ses orifices nasaux de manière à transmettre l'air évacué par le nez jusqu'au capteur mesurant le débit nasal, en ml/s.

La fréquence d'échantillonnage du débit d'air nasal est de 6250 Hz pour 16 bits.

1.3. Pression intra-orale

Un capteur mesurant la pression intra-orale est relié à un tube en plastique souple, placé dans la bouche du sujet à travers la commissure des lèvres. Le sujet a pour consigne de ne pas mordre le tube ni de le placer entre sa gencive et sa joue, auquel cas la pression ne peut être recueillie correctement.

La mesure de la pression intra-orale est particulièrement intéressante dans la mesure où elle permet d'estimer la pression sous-glottique lors de la production de trains syllabiques composés de plosives sourdes.

La pression intra-orale est mesurée en hectopascals (hPa) et sa fréquence d'échantillonnage est de 6250 Hz pour 16 bits.

1.4. Intensité vocale

Comme l'explique Ghio (2007), la mesure précise de l'intensité doit être réalisée avec précaution. Le microphone intégré dans le dispositif EVA2 a donc été utilisé pour sa grande sensibilité.

L'intensité en décibels (dB) et sa fréquence d'échantillonnage est de 12 500 Hz pour 16 bits.

1.5. Electroglottographie (EGG)

Pour mesurer la dynamique du contact des plis vocaux, nous avons utilisé un électroglottographe (EGG) branché sur la station EVA. Deux électrodes étaient placées sur le cou du chanteur, de part et d'autre du cartilage thyroïde, et maintenues par un collier. Par ailleurs, un gel facilitant la conduction du signal électrique entre les deux capteurs a été utilisé sur chacune des électrodes.

Afin de vérifier le bon fonctionnement des électrodes, un oscilloscope est placé au sein de la chambre sourde permettant un retour visuel à l'expérimentateur.

La fréquence d'échantillonnage du signal EGG est de 25 000 Hz pour 16 bits, son unité de mesure est la seconde (s).

1.6. Etude des mouvements respiratoires

En parallèle des mesures acoustiques et aérodynamiques, nous avons également enregistré les mouvements respiratoires des beatboxers à l'aide de ceintures placées sur l'abdomen et le thorax des sujets et du logiciel Biopac®. Nous avons rencontré des difficultés pour maintenir les ceintures en position stable durant l'expérience, ce qui questionne sur la validité des signaux mesurés. Nous avons préféré écarter ces données par la suite.

2. Analyse de la posture

Comme nous l'avons vu précédemment, la posture est liée aux différentes modalités de voix. En effet, la voix criée se distingue souvent de la voix parlée par un redressement du corps, ainsi qu'une projection antérieure de la tête (Le Huche et Allali, 2010). C'est pourquoi nous avons cherché à qualifier la posture employée par les beatboxers au cours de leur pratique. Pour cela, chaque sujet a été filmé, et la grille S-TRAV d'évaluation de

la posture pour les dysphonies nous a servi de support pour l'analyse (Lobryeau-Desnus, Lamy et Amiel, 2011).

Cette grille propose d'observer les critères spécifiques que sont la sévérité du trouble (S), la tension (T), la respiration (R), l'ancrage au sol (A) et la verticalité (V), dans une condition de repos et au moins une condition de phonation. La grille utilisée pour l'observation des beatboxers ayant été adaptée de la grille S-TRAV, certains paramètres n'ont pas été observés. Un exemple de grille est disponible en annexe II.

Les beatboxers ont été filmés de face et de profil à l'aide de deux caméras (Sony HDR XR-500 E).

III. Protocole

Chaque enregistrement a duré environ une heure. Les beatboxers ne se sont pas échauffés avant les mesures. Les sujets étaient informés du but de l'étude et avaient donné leur consentement éclairé à l'expérimentateur. Nous leur avons proposé d'effectuer un bilan phoniatryque afin de constater la présence ou non de pathologie vocale. Cette démarche étant personnelle et non obligatoire, et n'ayant pas pris le temps de relancer les sujets à ce propos, nous n'avons pas eu de retour.

1. Installation du sujet

Le sujet beatboxer était installé debout dans la chambre sourde, assisté par deux personnes qui veillaient au bon déroulement des enregistrements et du protocole. Le sujet visualisait les consignes et items du protocole sur un écran placé en face de lui.

Un ingénieur de GIPSA-lab, Christophe Savariaux, et un expérimentateur se trouvaient à l'extérieur de la chambre sourde afin de piloter et vérifier l'enregistrement des données sur la station de travail.

2. Consignes

2.1. Analyses acoustiques et aérodynamiques

Dans un premier temps, nous avons demandé aux beatboxers de produire des séries de cinq syllabes de type « pæ pæ pæ pæ pæ » en voix parlée, chantée, criée, projetée et beatboxée. Le but de ces premières mesures était d'estimer la pression sous-glottique grâce à la pression intra-orale durant la période de fermeture des occlusives sourdes (Pillot, 2004).

Des études antérieures (Cleveland et al., 1997 ; Holmberg, Hillman et Perkell, 1988 ; Holmberg et Hillman, 1994 ; Sundberg et al., 1999 ; Thalén et Sundberg, 2001) ont en effet utilisé ce même protocole dans différents modes de production de la voix (parlée faible, neutre et forte, et chantée). Celui-ci permet d'avoir une alternance d'occlusives sourdes et de voyelles. Les données de débit intra-oral et de pression sont par ailleurs plus fiables si

le mode articulatoire des consonnes est toujours le même, et que cette consonne est répétée à plusieurs reprises (Holmberg et al., 1988), ce qui est donc le cas dans notre protocole.

La voix chantée a été enregistrée à des fréquences moyennes de do₂ (131 Hz), mi₂ (165 Hz) et sol₂ (196 Hz) la note étant donnée par l'expérimentateur à l'intérieur de la chambre sourde.

Ensuite, nous avons enregistré une série de phrases utilisées en orthophonie pour travailler l'articulation. Nous avons sélectionné des phrases contenant uniquement des consonnes occlusives sourdes, sonores et des voyelles afin de mesurer la gestion du souffle et l'accolement des plis vocaux ainsi que le débit et le rythme des phrases (Centre d'orthophonie Etienne Coissard, 1974).

Ces phrases ont été enregistrées dans les cinq modalités suivantes : parlée, chantée, criée, projetée, beatboxée. Pour transcrire le texte des phrases en beatbox, BB1 avait auparavant réalisé des correspondances écrites, lisibles par le sujet sur le moniteur informatique (Annexe III). En revanche, deux des sujets ont montré des difficultés à respecter la consigne et en particulier la structure de phrase en beatbox.

2.2. Analyse de la posture

Pour réaliser cette partie du protocole, le sujet se tenait debout, dans le champ des deux caméras disposées de manière à le filmer à la fois de face et de profil. Une calibration a eu lieu, après quoi le sujet a été filmé en position de « repos », dans l'attente de la consigne.

Les phrases du protocole d'analyses acoustiques et aérodynamiques étaient données à l'oral par deux expérimentateurs situés à l'intérieur de la chambre sourde avec le sujet. Ce dernier avait pour consigne de répéter chacune des phrases selon les conditions suivantes : parlée, chantée, criée, projetée, beatboxée. A la fin du protocole, une session de beatbox libre a été réalisée.

IV. Analyse des données

1. Analyse du questionnaire

La plateforme de questionnaires en ligne Soorvey nous a permis l'extraction des réponses au questionnaire sous forme de feuille de calcul. Les données ont été vérifiées afin d'éliminer les feuillets de réponse incomplets ou en double. Nous avons aussi écarté de l'analyse trois feuillets qui n'indiquaient pas les coordonnées de leur auteur, l'existence de celui-ci ne pouvant être vérifiée. Deux sujets ont répondu à l'intégralité des questions en anglais ; nous avons conservé leurs réponses car elles étaient en adéquation avec les questions.

1.1. Questions à choix multiples

Les statistiques descriptives ont servi à l'analyse des réponses à choix multiples, de manière à observer la répartition des sujets sur les différentes questions.

1.2. Questions à réponses libres

Les réponses ouvertes, pour lesquelles les sujets étaient libres de composer leur réponse, ont été dépouillées. A partir de chaque question, nous avons regroupé les réponses par thèmes récurrents et nous les avons transformés en graphiques, disponibles en annexe IV.

1.3. Synthèse de l'analyse

Les statistiques descriptives nous ont permis de connaître les pourcentages de réponses pour les questions à choix multiples ainsi que d'observer des tendances dans les réponses libres. Ces analyses ont été effectuées en coopération avec la statisticienne de l'université Claude Bernard Lyon 1, Anne-Laure Charlois.

2. Analyse des signaux obtenus

2.1. Choix des productions analysées

Nous avons sélectionné les consonnes occlusives sur l'ensemble de la base de données. En effet, ces phonèmes prédominent dans notre protocole car elles sont très présentes dans le Human Beatbox. Cela permet ainsi la comparaison du beatbox avec les autres modes d'utilisation de la voix. De plus, comme il a été cité précédemment, les études en acoustique et aérodynamique offrent une grande précision sur la formation de ces consonnes plosives.

2.1.1. Syllabes

Nous avons procédé à l'analyse des occlusives /p/ dans les trains de syllabes /pæ pæ pæ/ afin de comparer les valeurs de pression sous-glottique estimée à partie de la pression intra-orale pour chacune des modalités de production.

Comme il a été évoqué précédemment, les consonnes occlusives sont caractérisées par une phase de tenue, suivie d'une phase d'explosion (Marchal, 2007). Ces éléments caractéristiques du signal acoustique nous ont permis de repérer chacune des occlusives produites par les sujets et de créer 621 étiquettes selon le processus présenté ci-après. Le signal du débit d'air oral a servi de support pour mesurer l'amplitude des pics, comme l'ont réalisé auparavant Sundberg et al. (1999) et Thalén et Sundberg (2001).

2.1.2. Phrases

Nous avons en premier lieu sélectionné chacune des phrases dans son intégralité, et ce afin d'observer la variation des paramètres acoustiques et aérodynamiques à un niveau supérieur à la syllabe. En effet, la production de phrases reflète la parole spontanée mais aussi le beatbox, puisque divers sons s'enchaînent rapidement sur un même souffle. Le but était ainsi d'observer la gestion du débit sur l'ensemble de la phrase, pour chacun des modes de production de la voix.

Dans un second temps, nous avons procédé à l'analyse des occlusives de ces mêmes phrases, en les marquant de manière similaire à la segmentation des syllabes. Nous avons donc étiqueté 6128 occlusives de la base de données obtenues. Ainsi, le corpus a permis d'extraire des données concernant les occlusives /p, t, k, b, d, m, n/. Seules les consonnes plosives /g/ et /ŋ/ de la langue française ne sont pas représentées.

2.2. Procédures d'analyse

2.2.1. Procédure pour l'analyse acoustique et aérodynamique

Pour les syllabes, nous avons sélectionné les données à partir des valeurs des pics de pression intra-orale formée lors de l'occlusion de la consonne plosive /p/, à l'aide du logiciel Phonedit (LPL, Aix-en-Provence, France) (Figure 3). Pour cela, nous avons étiqueté manuellement les maximums des pics de pression dans chaque modalité, et à l'aide du logiciel de calcul numérique, visualisation et programmation Matlab® (The MathsWorks Inc, Natick, Etats-Unis) nous avons sélectionné l'intégralité de chacun de ces pics de pression. De cette manière, nous obtenons des données comparables dans toutes les modalités enregistrées et pour chacun des chanteurs. Nous avons ensuite recueilli les valeurs de débit et d'intensité mesurées simultanément aux pics de pression.

Pour éviter les biais dans les mesures obtenues au début et à la fin de chaque production, nous avons sélectionné uniquement les 3 syllabes centrales de chaque train, qui en comprenait 5 au total.

Nous avons procédé de manière similaire pour les phrases, à partir du signal de débit intra-oral, à la manière de Sundberg et al., (1999) et Thalén et Sundberg. (2001).

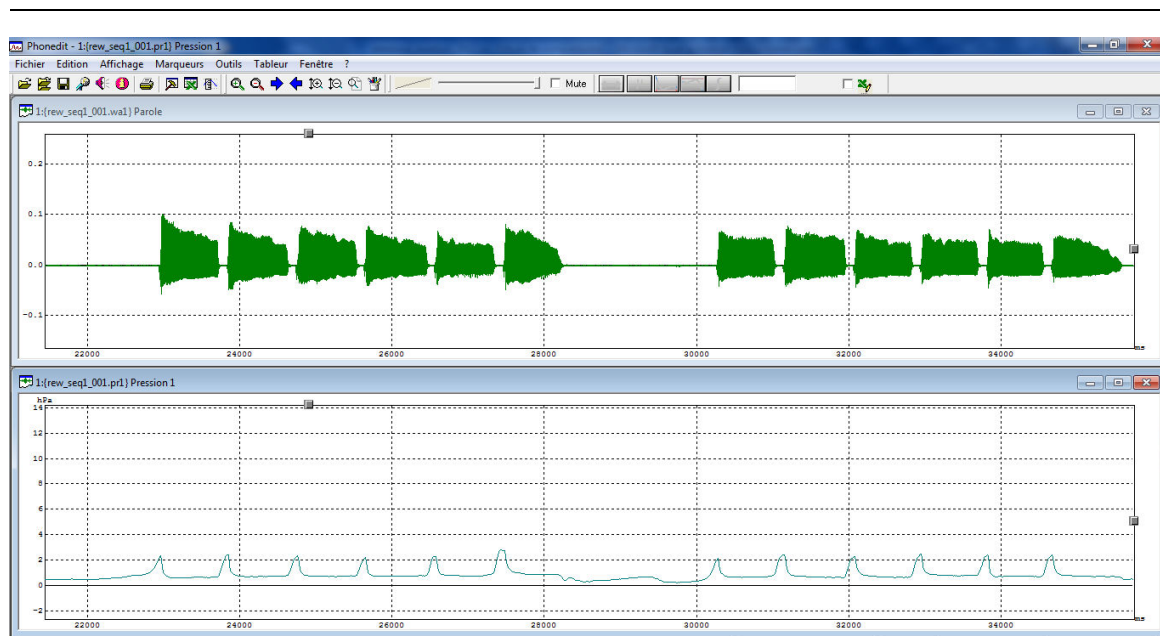


Figure 3 Exemple de trains de syllabe /pæ, pæ, pæ/ en voix parlée analysés avec le logiciel Phonedit. En haut, le signal acoustique et en bas, le signal de pression intra-orale.

Ensuite, une analyse de ces données a été réalisée à l'aide du logiciel Matlab, dans le but de calculer le rendement vocal dans le débit R_q . Cette analyse est détaillée dans 2.3.3.

2.3. Calcul des données dérivées

2.3.1. P_s à partir de P_{i0}

Dans les syllables, nous avons cherché à estimer la valeur de la pression sous-glottique (P_s) à partir des valeurs de la pression intra-orale (P_{i0}) (Holmberg et Hillman, 1994 ; Pillot, 2004 ; Sundberg et al., 1999, Thalén et Sundberg, 2001). Cette méthode d'estimation est très usitée dans la littérature pour son caractère non-invasif et sa simplicité de mise en oeuvre. Lors de la phase de tenue des occlusives sourdes, la P_{i0} s'équilibre avec la P_s , atteignant ainsi des valeurs égales (pour une revue de la littérature, voir Pillot, 2004). Smitheran et Hixon (1981) ont été les premiers à présenter cette méthode de mesure indirecte de la P_s , grâce à laquelle ils mesurent les pics de P_{i0} au cours d'une tâche de production de syllables de type /pi/.

En pratique, cette mesure n'est pas si aisée, car la salive du sujet obstrue régulièrement le tube, et le contact avec la langue peut fermer partiellement le tube. Nous n'avons donc pas pu recueillir de données suffisamment fiables permettant d'effectuer cette estimation chez tous les sujets.

2.3.2. F_0 à partir de EGG

Pour calculer la fréquence fondamentale des voix de chaque sujet au cours de la production des syllables, nous nous sommes appuyées sur le signal EGG. Nous avons appliqué la méthode YIN de Cheveigné et Kawahara (2002). Basée sur le calcul de la fonction d'autocorrélation, YIN apporte une robustesse plus importante et offre une

marge d'erreurs de calcul réduite. De plus, elle convient particulièrement pour la musique, ce qui permet son utilisation pour l'ensemble des conditions de phonation et en particulier pour la voix chantée.

2.3.3. Rendement vocal dans le débit R_q

Le rendement vocal permet d'objectiver l'efficacité de l'appareil phonatoire, à partir de données numériques. Elle permet de calculer l'efficacité vocale.

Le rendement vocal a été calculé à partir des données d'intensité vocale et de débit oral sélectionnées pour chaque occlusive non voisée, dans les syllabes comme dans les phrases. Comme nous l'avons vu dans la partie sur le calcul de l'efficacité vocale, la formule de Sawashima et al. (1988) permet d'obtenir une mesure du rendement vocal R_q à partir des données de débit oral et d'intensité. La corrélation existant entre cette formule et celle du rendement vocal R_{pq} de Schutte (1980) mise en évidence par Pillot (2004) nous permet d'utiliser cette formule comme outil de mesure du rendement vocal dans la parole et le chant. Par extension, nous l'avons utilisée pour calculer le rendement vocal dans la voix projetée, criée et dans le beatbox.

Par ailleurs, Pillot (2004) explique que c'est la formule la plus utilisable en clinique, ce qui justifie son utilisation pour l'acquisition des données.

Afin de réaliser ce calcul, nous avons utilisé le logiciel Matlab en mettant en place un programme de calcul à partir des données sélectionnées sur les signaux d'intensité et de débit. Un tableau de données en a été tiré, présenté dans la partie résultats.

2.4. Comparaison des données

A partir des données obtenues dans les syllabes, une analyse qualitative a été menée par comparaison des paramètres. Nous avons observé la répartition des valeurs pour chacun des chanteurs en termes de variation de l'intensité en fonction du rendement, afin de constater l'existence ou non d'une différence marquée entre chacun des modes de production, ainsi que des différences interindividuelles. Nous avons procédé de même pour l'analyse de la variation du débit en fonction du rendement.

3. Analyse vidéo

L'analyse de la posture a été effectuée à l'aide de la grille S-TRAV pour chaque sujet. La vidéo de face était visionnée en premier lieu, suivie de la vidéo de profil. La posture de chaque sujet a été observée et qualifiée pour les différents modes de phonation, ainsi que pour la condition « repos », en cochant les items de la grille observés au cours de la lecture de la vidéo. Certaines caractéristiques de la posture telles que les gestes n'étaient pas évaluées par la grille, si bien que des annotations supplémentaires ont été réalisées.

Chapitre IV
PRESENTATION DES RESULTATS

I. Résultats du questionnaire

A la suite de l'enquête diffusée auprès de la communauté des beatboxers, nous avons analysé les réponses obtenues. Une analyse statistique (tests de student, de Levene, khi deux et Anova) a été réalisée pour observer les liens entre plusieurs questions, mais celle-ci n'a pas montré de différences statistiquement significatives. Cependant nous avons pu observer des tendances intéressantes et cela nous a permis de mieux connaître les pratiquants de Human Beatbox.

1. Population

Nous avons constaté que les participants (53 personnes) ayant répondu à notre enquête sont en majorité des hommes (96%), âgés de 19 à 25 ans (55%).

Les chanteurs commencent le beatbox jeune puisque plus de la moitié a commencé entre 16 et 21 ans (55%).

Les beatboxers sont amateurs (81%), c'est-à-dire qu'ils pratiquent leur discipline en dehors de leurs études ou d'une activité professionnelle. Or, cela ne les empêche pas de s'entraîner de manière intensive puisque 68% d'entre eux s'exercent quotidiennement (Figure 4).

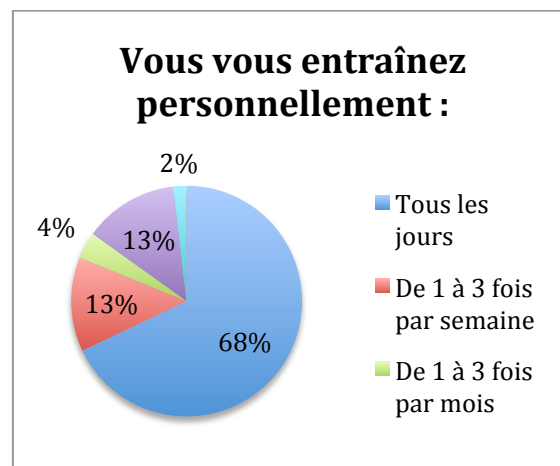


Figure 4 Synthèse des réponses obtenues pour la question n°10

Les beatboxers rapportent qu'ils pratiquent leur art dans divers endroits (40% des beatboxers se produisent «partout») et qu'ils n'ont pas suivi de cours (80% sont autodidactes). Cependant, au fil du temps et grâce à internet, on remarque une volonté forte de la part des beatboxers de vouloir transmettre leurs connaissances en enseignant à travers des tutoriels (enseignements assistés par étapes sur internet) ou des stages (55%).

De plus, bien que le beatboxer s'entraîne de manière individuelle, on retrouve cette notion de partage car la moitié des beatboxers fait aussi partie d'un groupe (53%).

Les résultats montrent que le beatboxer n'est pas un chanteur, étant donné que 68% des sujets ne pratiquent pas d'autre style de chant. De plus, 41% n'ont jamais joué d'un autre

instrument, ce qui nous amène à dire que cette pratique attire des personnes qui n'ont pas nécessairement eu accès à la musique.

Enfin, nous constatons que les beatboxers sont vigilants à garder une hygiène de vie saine (62% se soucient de leur alimentation, 53% pratiquent une activité sportive) bien que 50% d'entre eux soient des fumeurs actifs. Ils ont conscience de leur instrument et portent attention à certaines techniques de prévention, en particulier avant un concert, comme des exercices vocaux (47%), des échauffements (28%), une bonne hydratation (18%) ou autre (28%). La catégorie « autre » correspond à : « *relaxation, miel, boissons alcoolisées, arrêt de la prise alimentaire, massages, repos vocal, alimentation grasse* » (réponses obtenues au questionnaire) *pour* augmenter la viscosité des plis vocaux ».

2. Sons

Nous avons souhaité connaître les différentes techniques travaillées dans le beatbox (Figure 5), savoir si certains sons étaient plus difficiles que d'autres et comparer ces deux aspects.

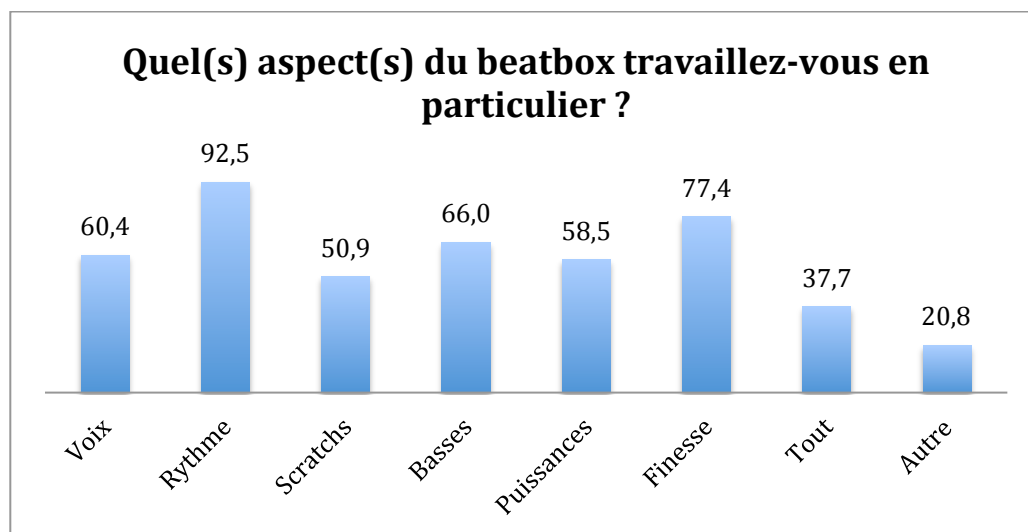


Figure 5 Synthèse des réponses obtenues pour la question à choix multiples n°14. Les valeurs sont exprimées en pourcentages par rapport à la totalité de la population.

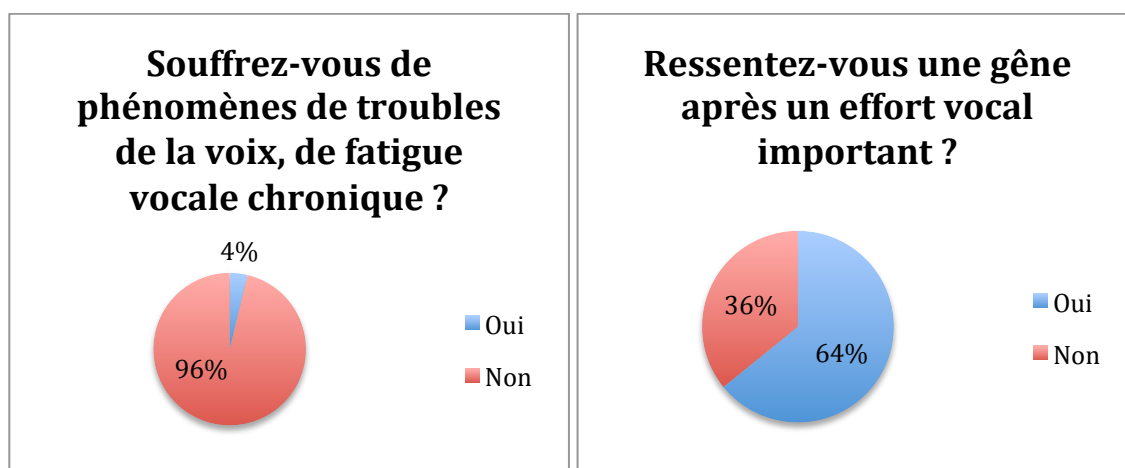
Nos résultats confirment la définition même du « beatbox » (boîte à rythmes) puisque la quasi-totalité des beatboxers travaille le rythme (92,5%). Nous notons que la voix fait partie intégrante des exercices d'entraînement (60,4 %) tout comme les scratchs (50,9 %) et les basses (66%), ce qui reflète le panel de sons que le beatboxer peut être capable de produire.

Enfin, nous constatons que le beatboxer a pour objectif d'être entendu (58,5% travaillent la puissance) tout en étant précis (77,4 % travaillent la finesse).

Après analyse des réponses à la question n°23, nous constatons que la majorité des beatboxers (92%) rapportent que certains sons semblent plus difficiles à produire que d'autres. Nous retrouvons les basses (46%), les scratchs (30,2%), la catégorie « autre » (37,2%) qui correspond à « *des sons électroniques, le double snare (son de caisse claire permettant de reprendre sa respiration tout en beatboxant), les cuivres, la caisse claire, les rythmes rapides, les sons par aspiration, les vibrations* » (réponses obtenues au questionnaire), les aigus et tous les sons (11%) et le lip roll (9%).

3. Troubles de la voix

Les beatboxers ne souffrent pas de troubles de la voix ou de fatigue vocale chronique (96%, Figure 6). Cependant, la moitié des participants se plaignent parfois de gêne ou fatigue vocale (49%, Figure 7).



Figures 6 et 7 Synthèse des réponses obtenues pour les questions n°32 et 25.

Cette gêne est d'autant plus présente après un effort vocal important puisqu'on recense alors une plainte chez les deux tiers des beatboxers (64%).

Les types de gêne sont recensés dans la Figure 8. Nous constatons donc que les beatboxers se plaignent de gênes nombreuses et variées lors de leur pratique (28%). Les problèmes de voix et de maux de gorge sont indiqués par 21% des beatboxers, suivis de l'assèchement (15%), de l'essoufflement (9%) et enfin de la fatigue (6%). La catégorie « autre » fait référence aux types de gênes qui n'étaient pas dans nos propositions et que les beatboxers nous ont alors décrits, c'est-à-dire des « *crampes, chatouillements, sensation de décollement de la mâchoire, toux, engourdissement, irritation, bouche paralysée, mâchoire crispée, gorge dilatée, déglutissement difficile, douleurs aux muscles de la langue* » (réponses obtenues au questionnaire).

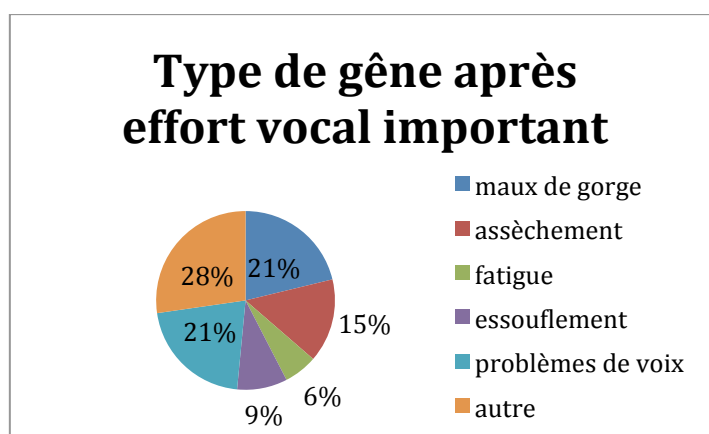


Figure 8 Synthèse des réponses obtenues à la question n°26

Nous avons comparé les types de gêne et les sons travaillés par les beatboxers dans les figures ci-dessous dans le but d'observer un éventuel lien entre eux :

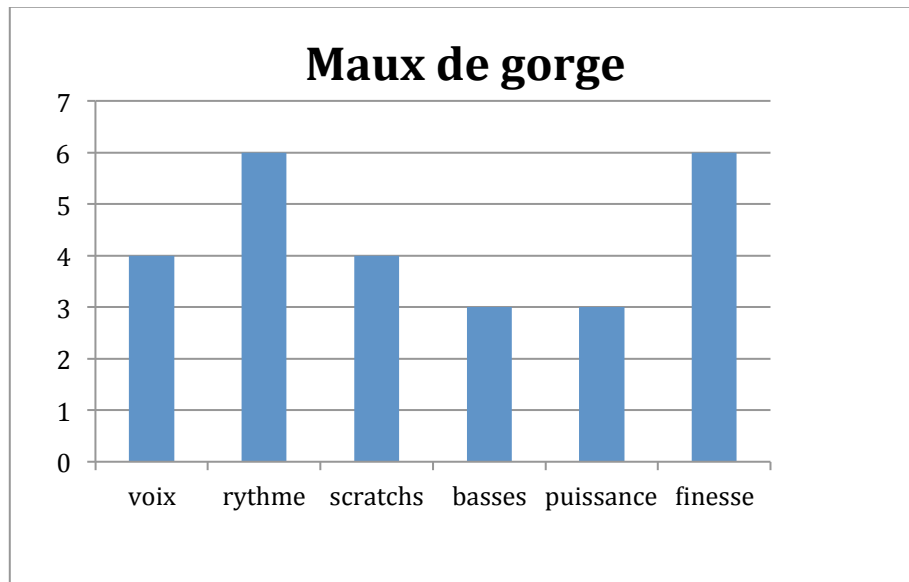


Figure 9 Sons travaillés par les 7 sujets évoquant des maux de gorge

Certains beatboxers (21%) se plaignent de maux de gorge (Figure 9). Ils les décrivent comme « *des douleurs, des brûlures à la gorge, une sensation de gêne ou douleur aux cordes vocales, grattement dans le fond de la gorge* » (réponses obtenues au questionnaire).

Ceux-ci travaillent en particulier le rythme et la finesse (86%), la voix et les scratchs (57%) et les basses et la puissance (43%).

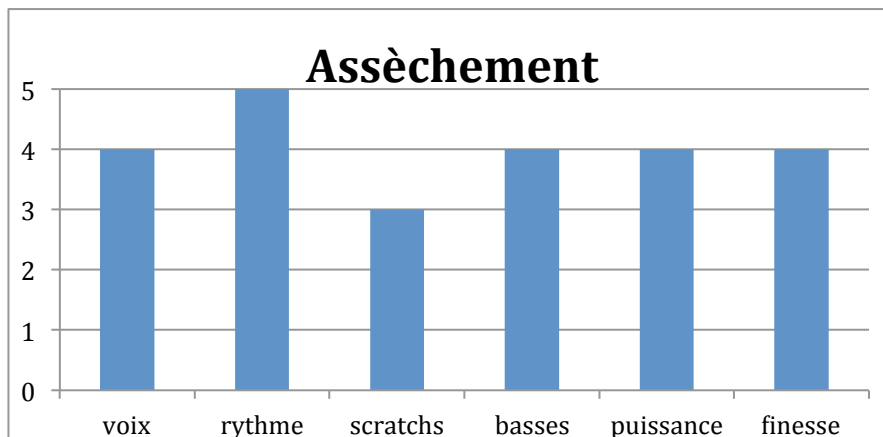


Figure 10 Sons travaillés par les 5 sujets évoquant un assèchement

Les beatboxers qui rapportent un assèchement (15%, Figure 10) travaillent tous le rythme (100%). Cet assèchement concerne « *les lèvres, la gorge, la bouche et la cavité buccale* » (réponses obtenues au questionnaire).

La grande majorité (80%) travaille la voix, les basses, la puissance et la finesse. Enfin, certains travaillent les scratchs (60%).

Une minorité des beatboxers (6%) se plaint de fatigue. Ils travaillent toutes les techniques (100%).

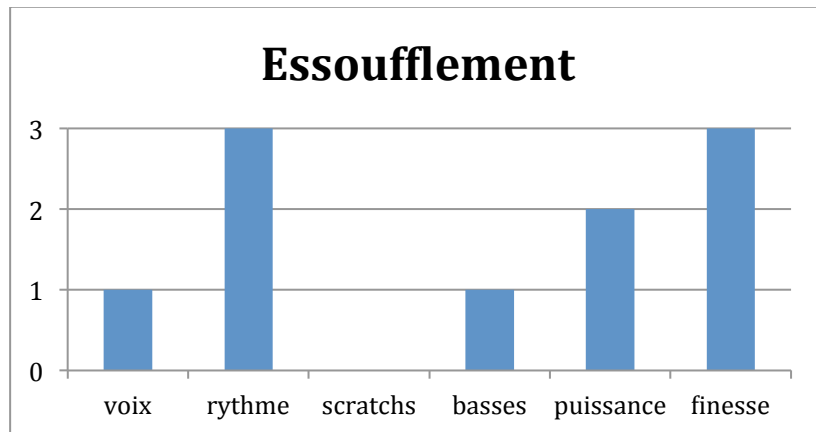


Figure 11 Sons travaillés par les 3 sujets évoquant un essoufflement

Une petite partie des beatboxers (9%) se plaint d'essoufflement (Figure 11). La totalité de ceux-ci (100%) travaille le rythme et la finesse. Une majorité (66%) travaille la puissance, un tiers travaille la voix et les basses (33%), aucun ne travaille les scratches (0%).

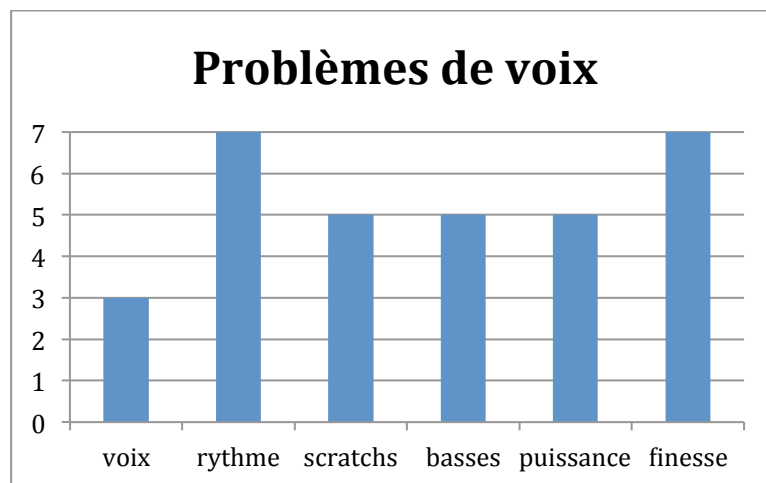


Figure 12 Sons travaillés par les 7 sujets évoquant des problèmes de voix

Une partie des beatboxers (21%) rapporte des problèmes de voix (Figure 12). Ceux-ci sont décrits ainsi : « *voix cassée, voix grave, perte des aigus, voix voilée, perte de voix, forçage, voix saturée* » (réponses obtenues au questionnaire). La totalité travaille le rythme et la finesse (100%). Une grande majorité (71%) travaille les scratches, les basses et la puissance. Enfin une minorité (43%) travaille la voix.

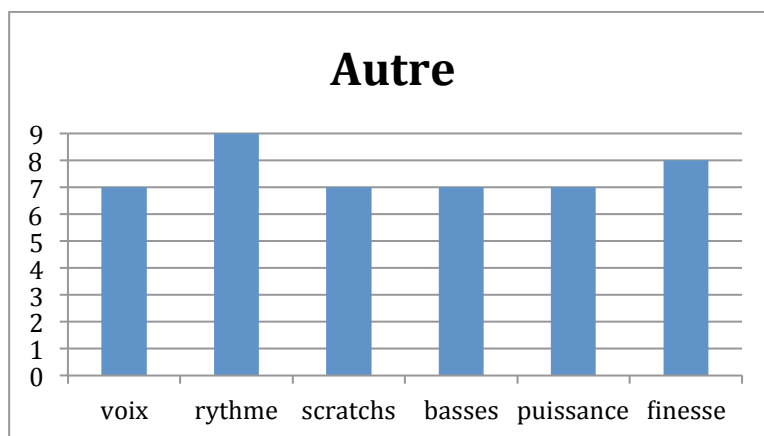


Figure 13 Sons travaillés par les 9 sujets évoquant d'autres types de gêne

Enfin une partie des beatboxers (28%) se plaint d'autres types de gêne (Figure 13). Il s'agit de « *crampes, chatouillements, sensation de décollement de la mâchoire, toux, engourdissement, irritation, bouche paralysée, mâchoire crispée, gorge dilatée, déglutissement difficile, douleurs aux muscles de la langue* » (réponses obtenues au questionnaire). Tous travaillent le rythme (100%). Une grande majorité travaille la finesse (89%). Enfin, 78% d'entre eux travaillent la voix, les scratches, les basses et la puissance.

II. Analyse de la posture

1. Posture au repos

La grille d'analyse de la posture S-TRAV a permis de mettre en évidence une absence de tensions et un ancrage au sol neutre chez tous les sujets dans la condition de repos. De même, on observe une neutralité de la verticalité de la tête, du cou et des épaules chez tous les chanteurs, à l'exception de BB3, pour qui la tête est en flexion antérieure et les épaules sont relevées. Le type de respiration utilisé par les chanteurs n'a pas pu être mis en évidence car les mouvements de la cage thoracique et de l'abdomen étaient trop peu marqués. L'intégralité des résultats est disponible en annexe V.

2. Posture dans les modalités parlée, chantée, criée, projetée

Au cours de la voix parlée, les paramètres varient peu par rapport à la condition de repos. On retrouve ainsi une neutralité des tensions et de l'ancrage au sol, ainsi que de la verticalité du cou pour tous les chanteurs. BB4 présente une projection antérieure de la tête et BB3 conserve une élévation des épaules, tandis que chez les autres chanteurs, la verticalité de la tête, du cou et des épaules sont neutres.

Le caractère neutre des tensions et de l'ancrage au sol est conservé dans la voix chantée, en revanche on note des différences marquées entre les chanteurs au niveau de la position de tête. En effet, BB1 montre une tenue de tête légèrement projetée en arrière, tandis qu'on note chez BB4 une projection postérieure complète. Néanmoins, BB3 et BB2 conservent une verticalité de tête neutre. La tenue du cou et des épaules est similaire aux conditions de repos et voix parlée.

Dans la voix criée, l'état de tensions général est à nouveau neutre chez trois sujets, en revanche BB1 montre des tensions en excès. L'ancrage au sol conserve aussi sa neutralité, tandis que chez trois chanteurs, la tête est projetée antérieurement. Seul BB1 met en jeu une flexion postérieure de la tête dans cette condition. La verticalité du cou apparaît neutre chez BB2 et BB4, tandis qu'elle est marquée d'une projection chez BB3 et d'une flexion chez BB1. Enfin, BB4 et BB2 présentent des épaules basses alors que celles de BB1 sont marquées par un positionnement arrière et que celle BB3 sont plus relevées que dans les autres conditions. La posture de BB1 et BB3 dans le cri diffère donc sensiblement de celle de BB2 et BB4.

Enfin, nous n'avons pu observer la voix projetée que chez BB4. Celle-ci est marquée par une neutralité des tensions générales, de l'ancrage au sol et de la verticalité du cou, une projection antérieure de la tête et des épaules basses.



Figures 14 et 15 Exemples de posture au repos et dans la parole.

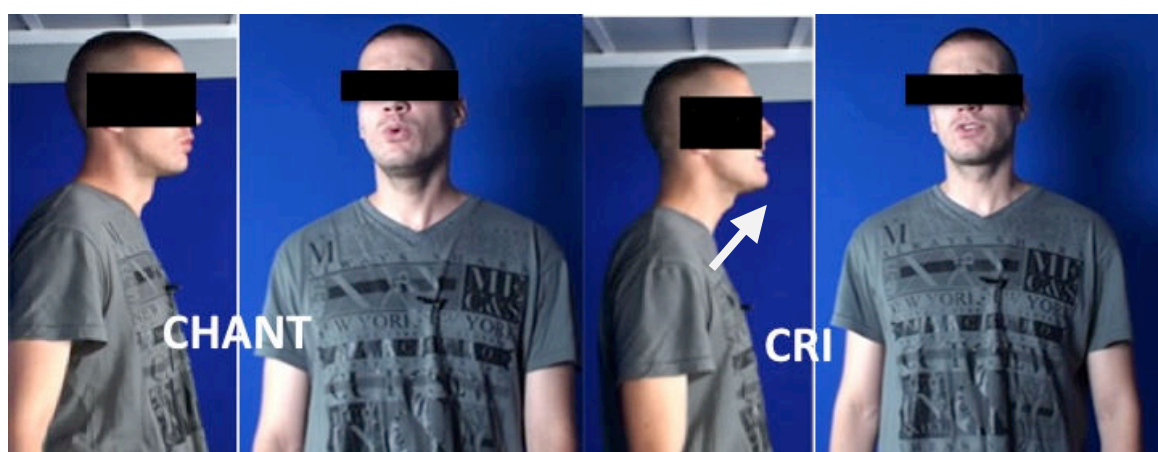


Figure 16 et Figure 17 Exemples de posture dans le chant et le cri

3. Posture dans le beatbox

L'analyse de la posture de nos sujets montre que dans le beatbox, les tensions générales sont neutres (BB3 et BB4) alors qu'elles apparaissent en excès chez BB1 et BB2.

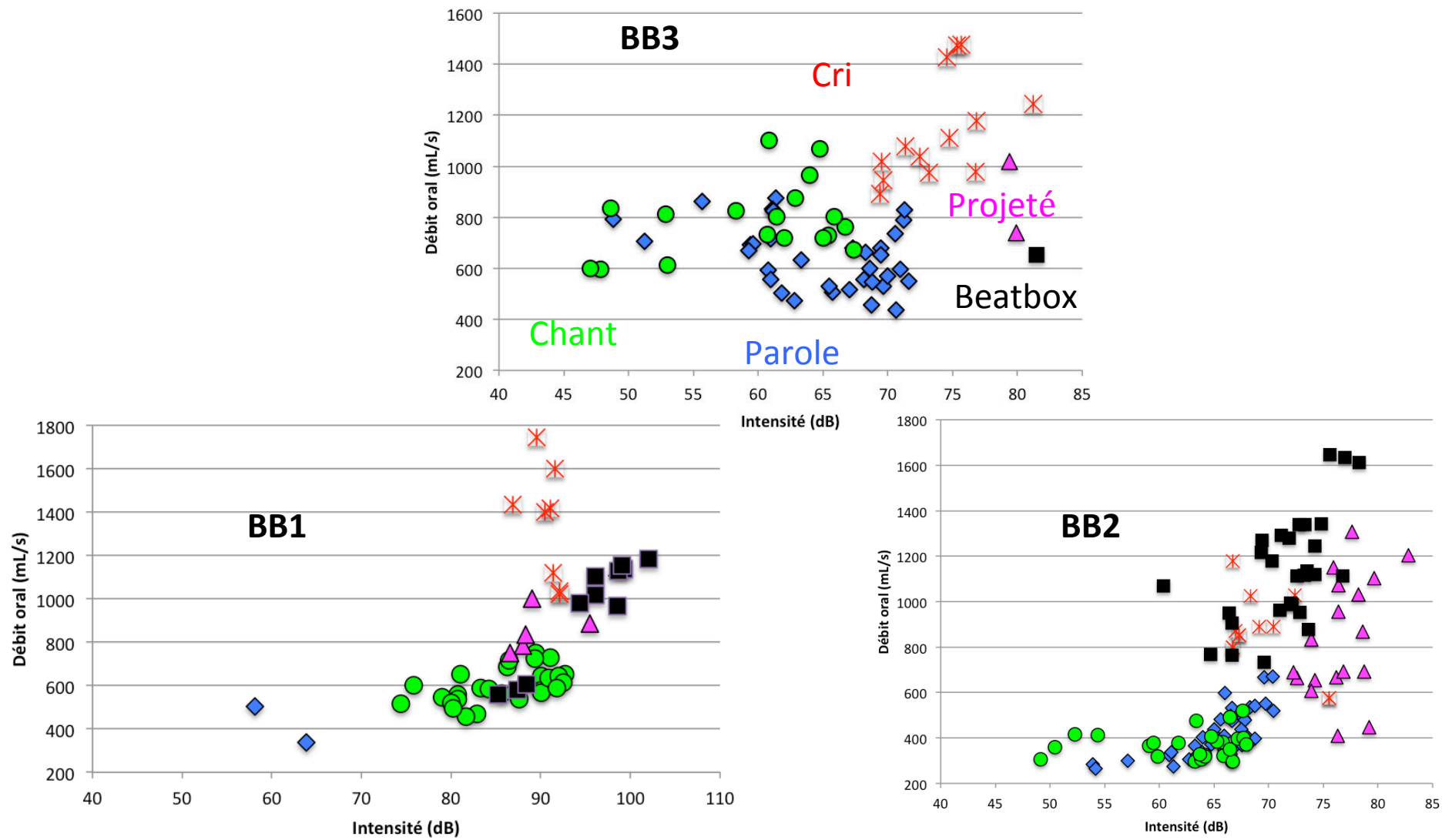


Figure 19 Variation des paramètres d'intensité et de débit oral dans chaque mode de production de la voix

On observe chez tous les sujets un balancement antéro-postérieur ou latéro-latéral allant de paire avec une projection antérieure de la tête. Ce balancement s'accompagne de nombreux gestes, en lien avec les instruments que les beatboxers imitent, ainsi que des mouvements de bras et du tronc marquant le rythme de la mélodie.

Contrairement à la tête, la verticalité du cou est neutre chez trois sujets sur quatre, de même que la verticalité des épaules. On note cependant un cou en extension et des épaules relevées chez BB3, mais comme noté précédemment, celui-ci utilise cette posture dans toutes les modalités.



Figure 18 Exemple de posture dans le beatbox

III. Analyses acoustique et aérodynamique

1. Débit oral et intensité vocale dans le beatbox

Les résultats des études acoustique et aérodynamique présentés Figure 19 sont issus de l'analyse des syllabes. Nous notons que le beatbox est marqué des valeurs les plus hautes en termes d'intensité (BB2) et de débit oral (BB3 et BB1).

Les valeurs de débit oral les plus fortes apparaissent dans le cri pour deux sujets, et dans le beatbox pour un sujet (Tableau 3). L'absence des conditions de voix projetée et beatbox chez BB4 nous empêche de prendre ses valeurs en considération.

En ce qui concerne l'intensité, on remarque que les valeurs les plus hautes apparaissent dans les conditions de voix projetée, de voix criée et de beatbox : entre 69 et 100 dB (Tableau 4). De même que pour l'analyse de l'intensité, nous écartons les valeurs obtenues par BB4.

Par ailleurs, BB1 exécute ici deux types de production en beatbox, l'une avec phonation de type /pæ/, et l'autre sans phonation de type /p:/. On constate que la voix beatboxée sans phonation atteint des valeurs supérieures à la voix beatboxée avec phonation.

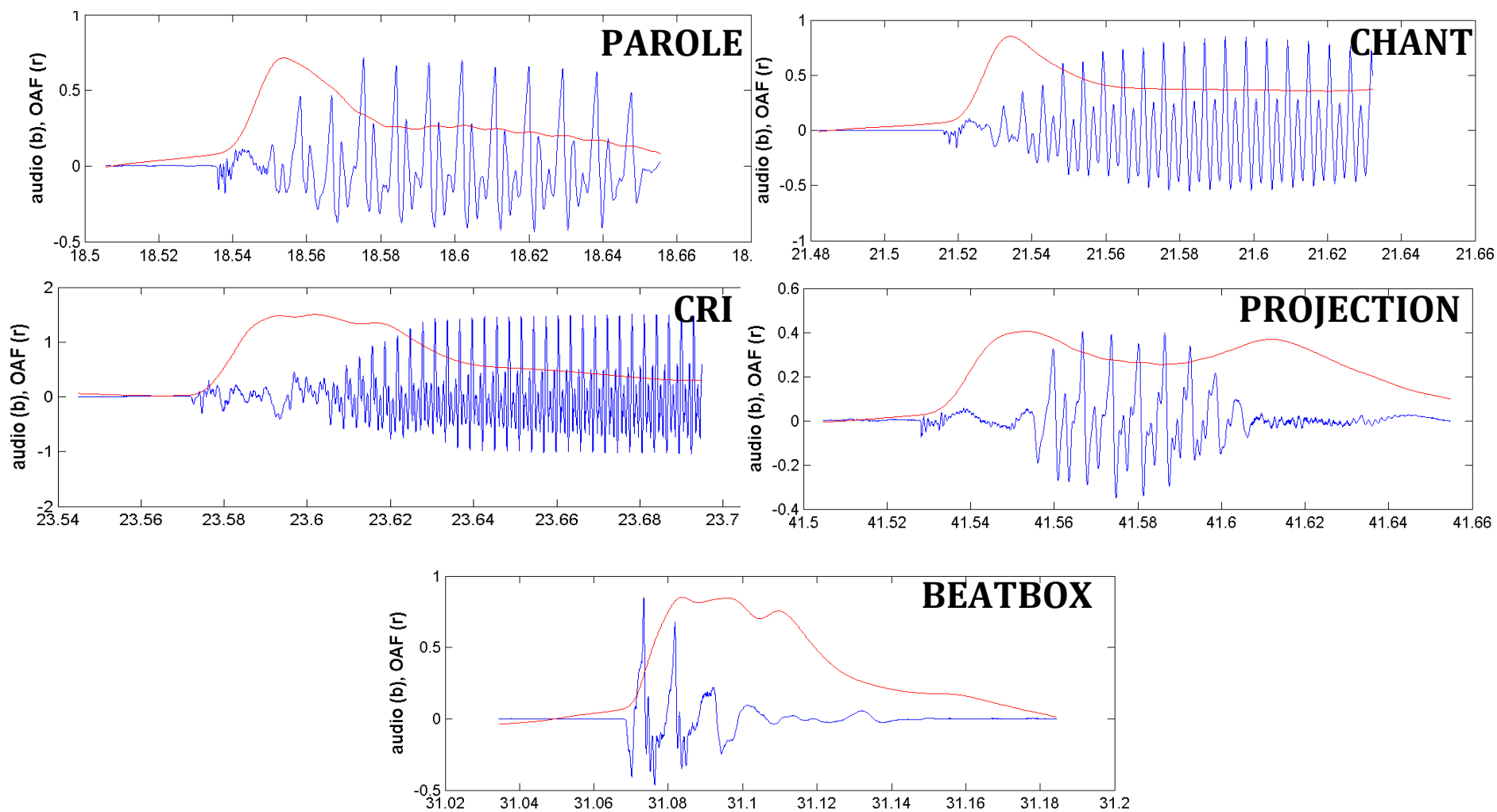


Figure 20 Extraits du signal acoustique et de l'onde de débit oral pour l'occlusive /p/ dans les syllabes dans les différentes modalités de voix. En ordonnées, le débit oral en ml/s et en abscisses, le signal audio en secondes.

	Voix Parlée	Voix Chantée	Voix Criée	Voix projetée	Voix Beatboxée sans phonation	Voix Beatboxée avec phonation
BB1	422 (82)	599 (78)	1348 (248)	900 (135)	1060 (68)	975 (120)
BB2	421 (103)	370 (59)	861 (165)	836 (256)	1141 (41)	
BB3	648 (124)	791 (140)	1142 (197)	879 (141)	654 (0)	

Tableau 3 Valeurs de débit moyen en ml/s : moyenne (écart-type)

	Voix Parlée	Voix Chantée	Voix Criée	Voix Projetée	Voix Beatboxée sans phonation	Voix Beatboxée avec phonation
BB1	61 (3)	85 (5)	91 (2)	91 (4)	100 (1)	96 (2)
BB2	65 (4)	63 (5)	69 (3)	77 (3)	71 (4)	
BB3	65 (6)	60 (7)	74 (3)	80 (0)	81 (0)	

Tableau 4 Valeurs de l'intensité moyenne en dB : moyenne (écart-type)

Les Figures 24 et 25 présentées ci-après détaillent les résultats de la variation du rendement vocal en fonction du débit et de l'intensité.

2. Pression sous-glottique dans le beatbox

La pression sous-glottique estimée (P_s) à partir de la mesure de la pression intra-orale dans les syllabes fait l'objet d'une étude de cas, puisque la manipulation a mis en évidence une grande difficulté de mesure. En effet, chez trois chanteurs, les données sont inexploitable à cause d'une obstruction du tube de mesure par la salive. Nous présentons donc ici les résultats de BB1 (Tableau 5).

Modalité de phonation	P_s estimée moyenne cmH₂O
Parlé	2
Chanté	5,3
Cri	33,6
Projeté	6,6
Beatboxé avec phonation	16,6
Beatboxé sans phonation	27,2

Tableau 5 P_s estimée moyenne par mode de phonation pour BB1 dans les syllabes

Nous constatons que la P_s estimée est maximale dans la voix criée (33,6 cmH₂O). Nous notons une différence entre la voix beatboxée sans phonation (27,2 cmH₂O) et la voix

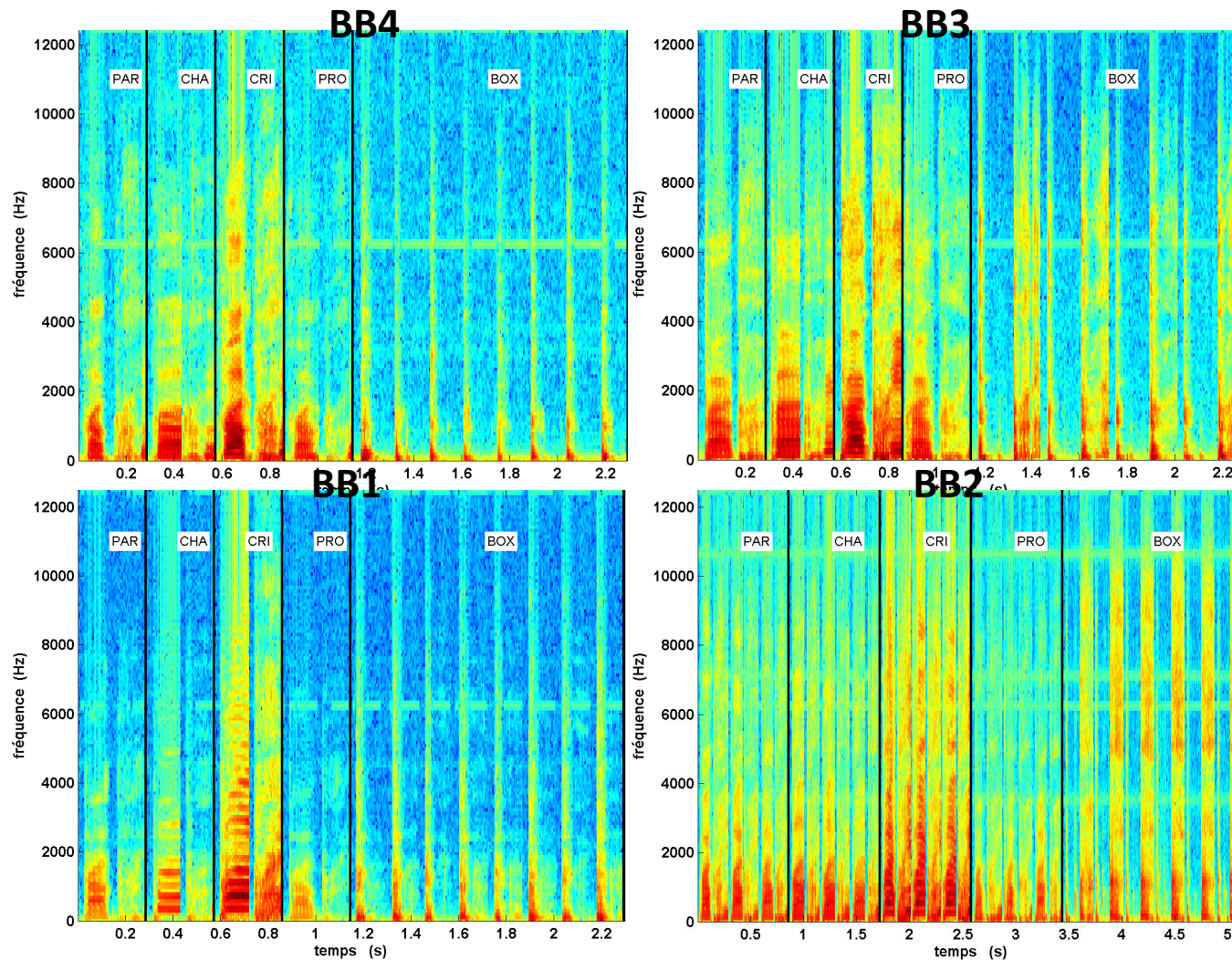


Figure 21 Répartition spectrale de l'énergie en fonction du temps pour la plosive /p/, dans les différents modes de production de la voix. Les fréquences les plus présentes apparaissent en rouge, tandis que les fréquences absentes apparaissent en bleu.

beatboxée avec phonation (16,6 cmH₂O) puisque la première obtient une valeur proche de la voix criée tandis que la deuxième est nettement plus inférieure.

3. Dynamique de la plosion

L'étude du signal acoustique en relation avec l'onde de débit a été réalisée à partir des données issues de l'enregistrement des syllabes (Figure 20).

L'analyse de l'onde acoustique et du débit oral en voix parlée montre qu'il existe une libération différée de l'énergie par rapport au relâchement de l'occlusive. Lors de l'émission d'une voyelle, on observe une forme périodique du signal acoustique due à la mise en vibration des plis vocaux.

La voix chantée est caractérisée par un signal de fréquence plus élevé que celui de la voix parlée. L'énergie se concentre aussi lors de la mise en vibration des plis vocaux, et non au moment d'explosion de l'occlusive.

C'est dans la voix criée que la fréquence du signal est la plus élevée. On constate un délai important entre le relâchement de la consonne et la concentration d'énergie. Dans cette condition, les valeurs de débit oral sont les plus élevées.

Dans la voix projetée, on note un décalage entre le début de la production et la concentration d'énergie du signal acoustique. On y trouve aussi les valeurs de débit oral les plus faibles.

Le signal acoustique révèle que la forme du signal acoustique dans le beatbox se distingue des autres types de production par sa forme. En effet, l'énergie du signal se concentre au moment de l'explosion de la plosive pour atteindre immédiatement des valeurs d'intensité maximales. On constate une absence de voisement dans le beatbox à la suite de l'explosion, alors que ce voisement est présent dans les autres modes de phonation. De plus, le beatbox est marqué par le caractère impulsionnel de l'onde et la montée rapide de débit oral.

Nous constatons que les valeurs de débit sont les plus importantes dans le cri et le beatbox, comme il a été évoqué précédemment.

La figure 20 représente les formes acoustiques du signal acoustique et de l'onde de débit dans les différentes modalités de voix. La fenêtre temporelle est la même pour chaque signal et le signal audio a été normalisé pour être présenté sur la même figure que le débit oral (Oral Air Flow).

4. Répartition spectrale de l'énergie dans le Beatbox

A partir des données recueillies dans les phrases, nous avons réalisé une comparaison de la répartition spectrale de l'énergie pour chacun des modes de production exécutés. Il apparaît ainsi que dans chacun des types de production, l'énergie est plus importante dans les fréquences les plus basses. Dans les voix parlée, chantée et criée, les fréquences les plus présentes, marquées par la couleur rouge, sont inférieures ou voisines de 2000 Hz, pour tous les sujets. On note néanmoins des différences inter-individuelles, puisque les fréquences très

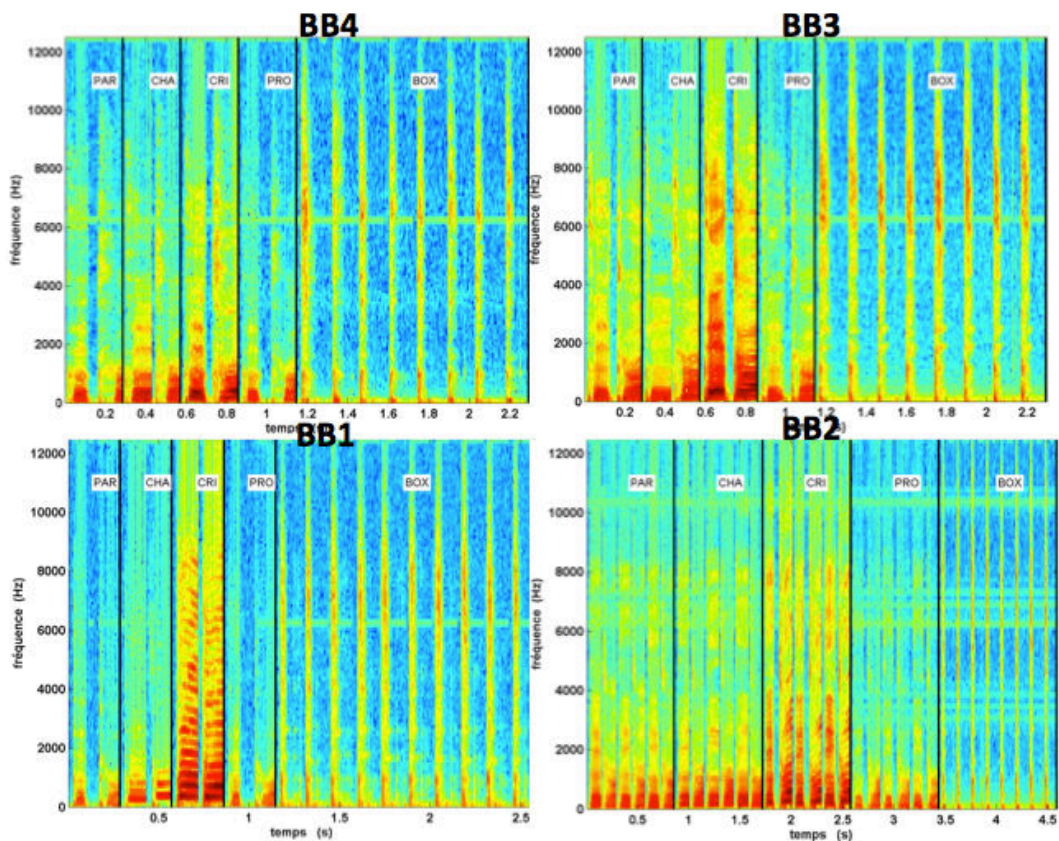


Figure 22 Répartition spectrale de l'énergie en fonction du temps pour la plosive /t/, dans les différents modes de production de la voix. Les fréquences les plus présentes apparaissent en rouge, tandis que les fréquences absentes apparaissent en bleu

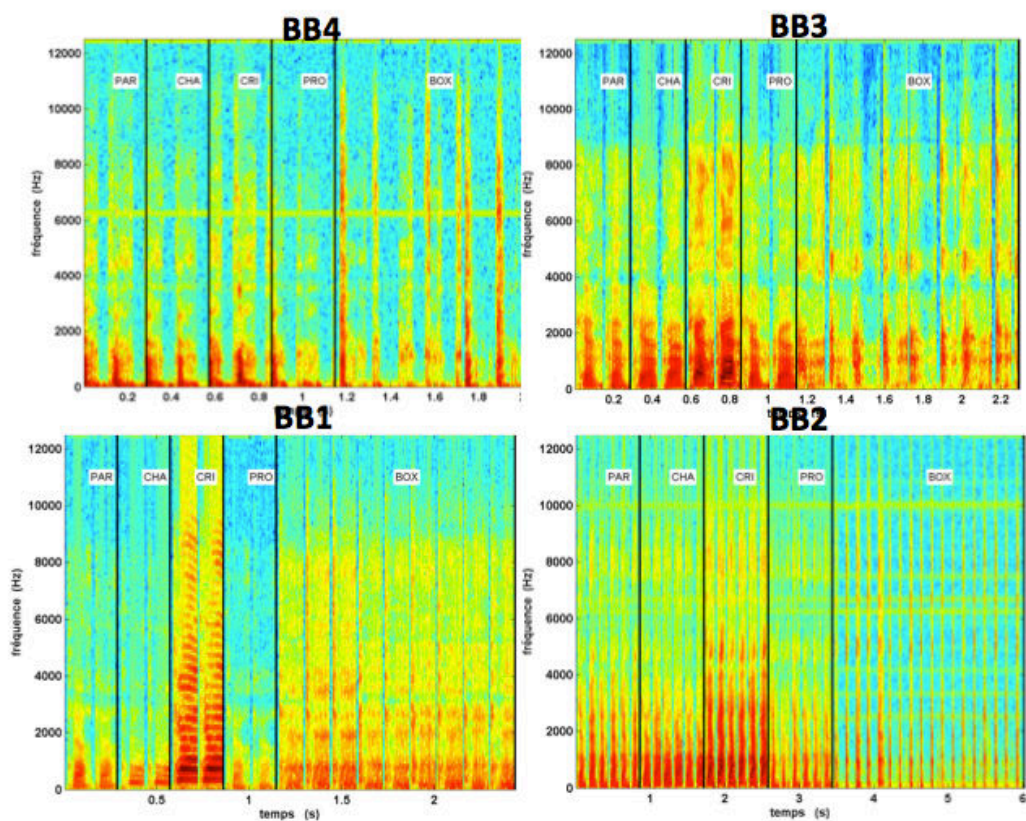


Figure 23 Répartition spectrale de l'énergie en fonction du temps pour la plosive /k/, dans les différents modes de production de la voix. Les fréquences les plus présentes apparaissent en rouge, tandis que les fréquences absentes apparaissent en bleu.

présentes chez BB3 et BB2 apparaissent au-delà de 2000 Hz dans les voix parlée, chantée et projetée.

Par ailleurs, on constate que dans la voix criée, les fréquences les plus présentes apparaissent aussi dans les fréquences hautes, entre 4000 et 8000 Hz. De même, un phénomène similaire est observé dans la voix beatboxée.

Nous présentons les figures illustrant les occlusives /p,t,k/ dans cet ordre car elles correspondent à un positionnement articulaire de plus en plus postérieur (Figures 21, 22, 23).

Il existe des différences de répartition d'énergie en fonction de la nature de l'occlusive choisie. En effet, l'énergie apparaît à des fréquences différentes pour les occlusives /p/ (Figure 21), /t/ (Figure 22) et /k/ (Figure 23).

On observe que pour la bilabiale /p/, l'énergie dans la voix beatboxée n'est pas répartie de la même façon chez tous les chanteurs. En effet, on note que chez BB3 et BB2, la répartition suit le même schéma que dans l'occlusive /k/, alors que BB4 et BB1 montrent une énergie centralisée autour des basses fréquences. On constate enfin que la répartition d'énergie dans les occlusives /t/ et /k/ dans le beatbox est comparable.

La répartition d'énergie dans le beatbox confirme les résultats quant à la dynamique de la plosion. En effet, le caractère impulsionnel des consonnes beatboxées se traduit par une répartition spectrale de l'énergie sur toutes les fréquences et en particulier les fréquences élevées à 2kHz.

5. Rendement vocal dans les différents modes de production de la voix

5.1. Calcul du rendement vocal R_q

En ce qui concerne l'efficacité vocale dans le beatbox, il apparaît que celle-ci obtient des valeurs de rendement vocal importantes (entre 41 et 53 dB), supérieures aux autres modes de production de la voix chez BB3 et BB1 (Tableau 6).

Par ailleurs, ces valeurs de rendement vocal sont du même ordre que la voix projetée (entre 48 et 61 dB) chez tous les sujets ; et du même ordre que la voix criée (40 dB) et parlée (39 dB) chez BB2.

	Voix Parlée	Voix Chantée	Voix Criée	Voix Projetée	Voix Beatboxée
BB4	31 (8)	42 (5)	49 (1)		
BB3	37 (6)	31 (6)	43 (3)	50 (1)	53 (0)
BB1	35 (4)	58 (5)	60 (2)	61 (4)	65 (4)
BB2	39 (3)	37 (5)	40 (4)	48 (2)	41 (3)

Tableau 6 Valeurs moyennes (écart-types) de R_q (en dB) pour chaque chanteur et chaque modalité

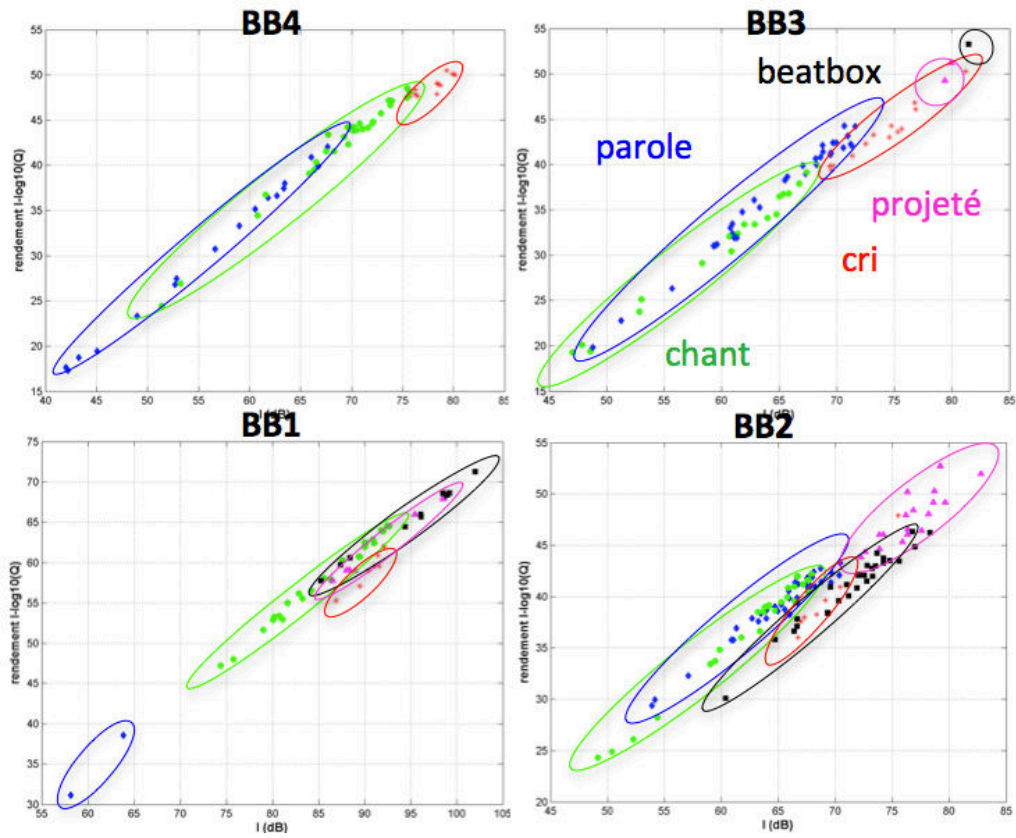


Figure 24 Evolution du rendement vocal R_q en fonction de l'intensité I chez tous les sujets

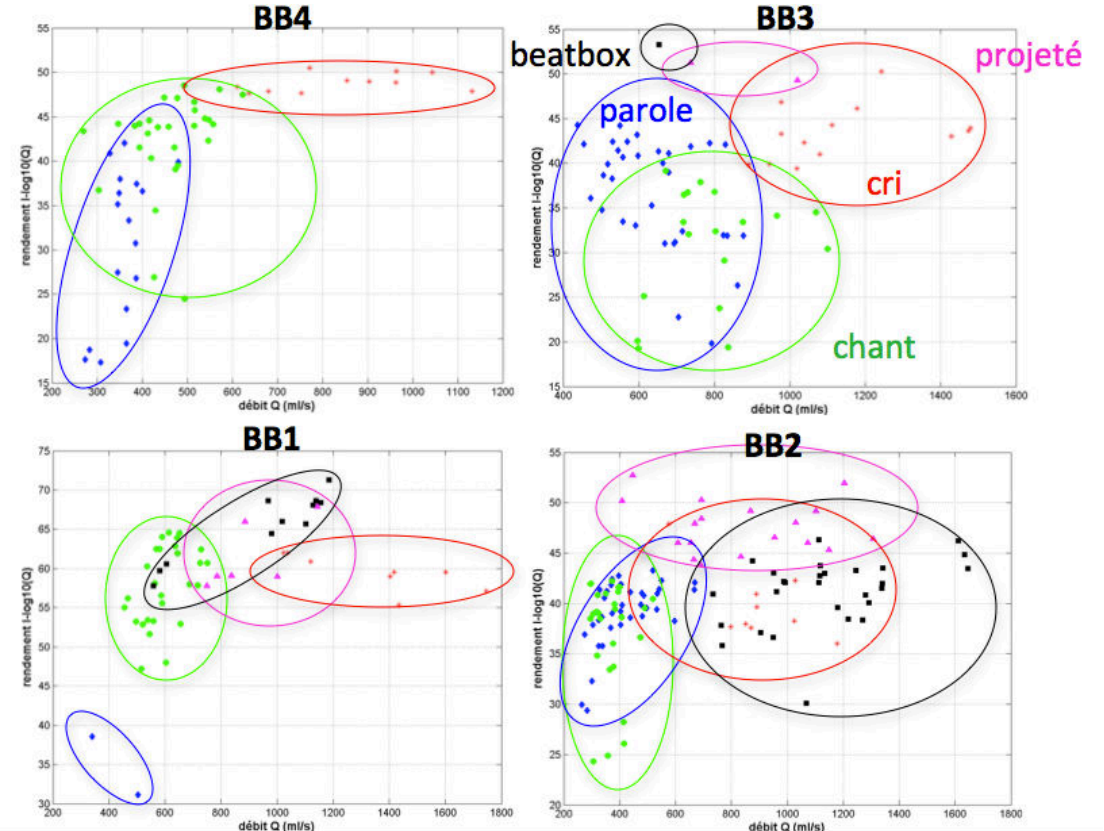


Figure 25 Evolution du rendement vocal R_q en fonction du débit q chez tous les sujets

5.2. Variation du rendement vocal en fonction de l'intensité

La Figure 24 présente les résultats quant à la variation du rendement vocal R_q dans chacun des modes de production de la voix, en fonction de l'intensité, moyennée à partir de la voyelle. Chaque point représente une occlusive /p/ produite par le sujet dans la tâche de production de syllabes.

Il apparaît que les valeurs de rendement maximales sont atteintes dans la voix projetée et le beatbox (BB3 et BB1), ou seulement dans la voix projetée (BB2).

Pour tous, les valeurs de rendements les plus importantes sont atteintes par les sons produits avec la plus forte intensité.

Chez BB2, BB1 et BB3, la voix projetée a un rendement supérieur aux autres modes de production de la voix. Nous n'avons pas obtenu de valeurs en voix projetée pour BB4.

La voix beatboxée a un rendement comparable à la voix projetée chez BB3, BB1 et BB2, néanmoins des différences inter-individuelles viennent compléter ces observations. En effet, on constate des valeurs comparables en voix beatboxée et en voix chantée chez BB1 tandis que BB2 obtient des valeurs en voix beatboxée comparables à celles de la voix criée.

Enfin, on note que le rendement et l'intensité de la voix beatboxée chez BB1 sont très supérieurs aux valeurs observables chez les autres sujets.

5.3. Variation du débit en fonction du rendement vocal

Pour chacun de nos sujets, on constate une grande variabilité des valeurs de rendement vocal en fonction du débit oral selon les différents modes de production de la voix. En effet, les valeurs de débit varient entre 300 ml/s et 1700 ml/s et celles du rendement entre 15 et 75 dB (Figure 25).

Les faibles valeurs de débit oral qui apparaissent en voix parlée et en voix chantée sont comparables pour tous les chanteurs. En revanche, le débit oral augmente dans la voix criée alors que les valeurs de rendement restent les mêmes (BB2 et BB1) ou légèrement supérieures (BB4 et BB3).

Le débit oral de la voix beatboxée se situe dans les mêmes zones que celles de la voix criée pour BB1 et des voix parlée et chantée pour BB3. Pour BB2, l'étendue du débit oral dans le beatbox est large puisqu'il s'étend entre 700 et 1700 ml/s. Ses valeurs sont alors comparables à celles de la voix projetée et de la voix criée.

Chapitre V
DISCUSSION DES RESULTATS

I. Le beatbox et les habitudes vocales des beatboxers

Nous allons à présent discuter les résultats obtenus, au regard des données de la littérature préexistantes d'une part, et par rapport à nos hypothèses opérationnelles d'autre part.

Nous rappelons que notre hypothèse générale est la suivante : « Les beatboxers utilisent des stratégies leur permettant de pratiquer le beatbox sans conséquence sur leur voix (hygiène vocale, préparation, choix des sons, posture). Ils développent une maîtrise des paramètres acoustiques et aérodynamiques lors de la production, tels que le débit, l'intensité, la répartition de l'énergie et la pression sous-glottique. »

L'enquête a montré que la communauté des beatboxers est composée majoritairement d'hommes. Nous pouvons penser que ceci est en lien avec la culture hip-hop en général et le fait que cette discipline soit urbaine. Cependant, lors de nos rencontres et de nos recherches, nous avons constaté que les femmes sont de plus en plus présentes dans ce milieu.

Nous avons découvert que le beatbox est une pratique en pleine expansion. En effet, internet a permis aux beatboxers du monde entier de se mettre en lien les uns avec les autres, de créer des réseaux de partage ainsi que des tutoriels (enseignement assisté par étapes sur internet) pour permettre aux novices de découvrir rapidement les bases techniques sans passer par un apprentissage de la musique et du solfège au sein d'établissements. Ainsi, le beatbox reste une pratique orale, ancrée dans une culture riche qui n'obéit à aucune règle et n'entre pas dans un cadre défini.

1. Le beatbox, une pratique intensive

Les pratiquants pouvant donc s'exercer partout et à toute heure, ceux-ci évoquent le caractère important et omniprésent du beatbox puisque 68% affirment s'entraîner tous les jours. Ils ajoutent que cet art tient une place notable dans leur quotidien. Cet aspect intensif, c'est-à-dire la mise en œuvre d'importants moyens (énergie, temps) nous a alertées sur les risques vocaux encourus à long terme.

Notre hypothèse (Ho1) « Les beatboxers ont une pratique intensive du Human Beatbox. » est donc validée.

2. L'utilisation de techniques de prévention

Nous avons remarqué que les beatboxers ont conscience de la nécessité de garder une alimentation saine tout en pratiquant une activité physique régulière (62% se soucient de leur alimentation, 53% pratiquent une activité sportive). Le suivi d'une alimentation équilibrée peut être mis en lien avec la prévention du reflux gastro-oesophagien, qui, comme nous l'avons présenté précédemment, peut avoir une influence importante sur la qualité de la voix (Colton et al., 2011). Cependant, les beatboxers rapportent consommer régulièrement des produits nocifs tels que le tabac, l'alcool, les drogues.

En outre, ces chanteurs connaissent la fragilité de leur voix et utilisent pour cela des techniques de prévention. Ces stratégies sont particulièrement utiles avant un concert ou un événement qui va leur demander un effort particulier. En effet, les résultats montrent que plus de la moitié des beatboxers interrogés réalisent des exercices vocaux, des échauffements comme des étirements, des bâillements, des répétitions de routines (reprise d'une musique connue) de beatbox impliquant la voix, des vocalises, des virelangues, ou des onomatopées avant un concert. D'après Garnier (2009), l'effet bénéfique d'un échauffement vocal avant une performance ne fait pas l'unanimité dans la littérature. En effet, certains auteurs montrent qu'il aurait un effet positif sur la voix (Stemple, 1994, cité par Garnier, p. 6) mais la majorité des études ne montrent pas d'effet significatif. En revanche, l'échauffement vocal permettrait au chanteur d'atteindre un niveau d'alerte suffisant pour sa performance, ainsi qu'une voix stable. Il s'agit donc d'une technique de préparation utile au chanteur.

La notion d'hydratation est aussi présente puisque 18% disent boire beaucoup d'eau. Par ailleurs, certains sont concernés par l'augmentation de la viscosité des plis vocaux, en mangeant des aliments gras juste avant la pratique. D'après Giovanni et al. (2004), l'hydratation a pour conséquence d'atténuer les efforts nécessaires à la mise en contact des plis vocaux lors de la phonation, tout en améliorant leur viscosité.

Ainsi, nous constatons que même sans connaissance particulière, les beatboxers recherchent des stratégies variées de protection de leur voix qui s'avèrent efficaces et qui se rapprochent de celles que l'on peut trouver dans la littérature.

3. Les troubles de la voix chez les beatboxers

3.1. Validation de nos hypothèses Ho2 et Ho3

Notre enquête nous a permis de vérifier, à la lumière de nos connaissances antérieures, que les beatboxers ne semblent pas souffrir de troubles de la voix chroniques, puisque 96% ne rapportent aucune plainte lors de l'enquête.

Notre hypothèse (Ho3) « Les beatboxers ne sont sujets à aucune pathologie vocale chronique » semble donc validée. Cela correspond aux observations réalisées dans le mémoire de Clouet et de Torcy (2010), puisqu'elles constataient l'absence de pathologie organique ou de dysphonie suite à l'examen nasofibrosopique des trois sujets de leur étude. Il serait cependant nécessaire d'effectuer un examen similaire auprès de nos sujets.

En revanche, la moitié (64%) se plaint de fatigue vocale après un effort important.

Notre hypothèse (Ho2) « Les beatboxers ressentent une gêne vocale après avoir réalisé un effort vocal important. » est donc validée. Ce résultat s'accorde à nouveau avec celui de Clouet et Torcy (2010), car « *imiter trop longtemps et trop souvent les instruments provoquent chez [les beatboxers] des sensations d'irritation au niveau laryngé.* » (Clouet et Torcy, 2010 p. 93)

3.2. Analyse des types de gêne

Dans le but de comprendre la provenance de cette plainte vocale, nous nous sommes penchées sur les types de gêne décrits par notre population ainsi que les techniques utilisées dans le beatbox.

Nous notons que le rythme et la finesse des sons sont les caractéristiques les plus travaillées et qu'elles apparaissent chez tous les sujets qui présentent une gêne vocale. En effet, les beatboxers souhaitent principalement être entendus et faire preuve de précision dans l'exécution des sons. On peut envisager que la répétition intensive des gestes rythmiques soient la cause des douleurs et gênes exprimées par les beatboxers.

Par ailleurs, nous constatons que la quasi-totalité des beatboxers considère que certains sons leur semblent plus difficiles à produire que d'autres. Les basses, les scratches et la catégorie « autre » arrivent en tête. La catégorie « autre » correspond à « *des sons électroniques, le double snare, les cuivres, la caisse claire, les rythmes rapides, les sons par aspiration, les vibrations* » (réponses obtenues au questionnaire).

Le mémoire de Clouet et de Torcy (2010) a aussi montré des comportements de forçage vocal dans les « *scratches* » et les sons de « *guitare électrique saturée* ». De plus, les sons de caisse claire et de grosse caisse amènent le larynx à un mécanisme glottal éjectif, c'est-à-dire une « fermeture complète de la glotte suivie d'une remontée plus ou moins importante du larynx. Une surpression s'installe dans la cavité buccale au niveau du point d'occlusion. Enfin, lors de la phase de désocclusion, la décompression de l'air qui s'échappe par la bouche est audible ». (Ladefoged cité par Clouet et de Torcy, 2010, p. 100). Enfin, une compression du laryngo-pharynx a été relevée lors de l'imitation de la trompette bouchée, de la guitare électrique, de la guitare électrique saturée et du scratch vocal.

Ainsi, parmi les sons décrits par les beatboxers comme étant les plus difficiles à produire, les scratches, les cuivres et la caisse claire sont aussi ceux qui contribuent au forçage vocal.

Pour autant, les beatboxers ne mettent pas ces sons de côté lors de leurs exercices puisqu'ils sont travaillés par la moitié d'entre eux. Le choix des sons semble donc primordial pour l'exercice continu du beatbox. En effet, BB1 précise que les sons qui lui paraissent les plus difficiles sont ceux qu'il utilise le moins en représentation. Cela lui permet ainsi d'augmenter la durée de sa performance.

En conclusion, il apparaît que la majorité des beatboxers se soucient de leur alimentation et de la nécessité d'avoir une activité physique régulière, adoptant ainsi un mode de vie sain. Par ailleurs, les chanteurs mettent en place des exercices pour préparer leur voix avant leurs performances majeures, montrant ainsi une conscience de la fragilité de la voix. Enfin, l'enquête révèle que certains sons du beatbox sont plus difficiles à réaliser que d'autres, ce qui signifie que les chanteurs doivent sélectionner des sonorités qu'ils maîtrisent bien s'ils veulent réaliser une performance de durée maximale.

Notre hypothèse selon laquelle les beatboxers utilisent des stratégies telles que l'hygiène vocale, la préparation et le choix des sons est donc validée (Ho4).

4. La posture dans le Human Beatbox

Dans un deuxième temps, nous avons observé la posture de nos sujets à l'aide de la grille S-TRAV. Nous avons fait l'hypothèse que les beatboxers utilisent une posture qui se rapproche de celle de la voix projetée lors de leur pratique (Ho12). En effet, ceci expliquerait en partie leur efficacité.

Comme présenté dans la partie théorique, nous notons quatre composantes dans la voix projetée : la certitude d'être entendu, le regard en face, le redressement du corps et l'utilisation du souffle abdominal (Le Huche, 2012).

L'analyse des résultats met en évidence des composantes communes entre la voix créée et la voix beatboxée, puisqu'on retrouve dans ces deux modes de production une tête projetée antérieurement chez tous les sujets. Par ailleurs, BB1 utilise une « sur-articulation » des phonèmes dans chacune de ces deux conditions, ainsi qu'un excès général de tensions. Nous notons aussi que la composante « *certitude d'être entendu* » de Le Huche (2012) est présente, le corps se redresse mais le regard est abaissé. Par ailleurs, nous n'avons pas pu décrire l'utilisation du souffle. Enfin, l'observation de la posture en voix projetée seulement chez BB4 limite les conclusions que nous pourrions émettre.

Notre hypothèse (Ho12) n'est donc pas validée.

II. La maîtrise des paramètres acoustiques et aérodynamiques

1. Forme du signal dans la production des occlusives sourdes

Lors de l'analyse des signaux acoustiques obtenus, nous avons remarqué la spécificité du signal sonore dans le beatbox. En effet, contrairement aux autres modalités, l'énergie du signal dans le beatbox se concentre au moment de l'explosion de la plosive et n'est pas répartie uniformément sur toute la durée. Au sein des occlusives, le beatbox a donc une forme d'impulsion qui s'éteint. Ceci pourrait être lié à une fermeture en amont du conduit vocal au niveau glottique et vélaire. En effet, plus le conduit est fermé, moins il y a de perte au niveau de la réflexion acoustique en début de conduit.

2. Débit

2.1.1. Comparaison avec les données de la littérature

En ce qui concerne le débit, nous constatons que dans l'ensemble, nos valeurs sont nettement supérieures à celles de la littérature. En effet, dans la voix parlée, nos données s'étendent de 421 à 647 ml/s, alors que la littérature présente des valeurs de 100 à 394 ml/s (Baken et Orlikoff, 2000 ; Holmberg et al., 1988 ; Lundy et al., 2000).

De même, concernant la voix projetée, les données de la littérature sont comprises entre 120 et 340 ml/s (Holmberg et al.) ou 91 et 210 ml/s (Baken et Orlikoff) tandis que nos valeurs se situent entre 787 et 878 ml/s.

Ce phénomène se retrouve aussi dans la voix criée, puisque nos sujets obtiennent des valeurs de 860 à 1347 ml/s alors que les valeurs de la littérature s'étendent de 105 à 350 ml/s (Baken et Orlikoff).

En revanche, chez nos sujets, le débit oral dans la voix chantée varie entre 370 et 790 ml/s, ce qui concorde en partie avec les données de Lundy et al. puisque ceux-ci obtiennent des valeurs de 145 à 764 ml/s.

Les différences apparentes entre nos données et celles de la littérature pourraient être expliquées par les critères de sélection de la population dans les études de référence. En effet, Holmberg et al. (1988) ont sélectionné une population de vingt-cinq sujets masculins dont aucun ne pratiquait d'activité musicale à un niveau professionnel. Notre population est donc plus restreinte, et les sujets sont experts en pratique vocale. Ces différences peuvent donc être source du décalage entre nos valeurs et celles de ces auteurs.

2.1.2. Validation de notre hypothèse Ho8

Nous avons émis l'hypothèse suivante (Ho8) : « L'efficacité vocale en beatbox se rapproche de l'efficacité dans la voix projetée, et partage donc des valeurs de débit avec celle-ci. »

La comparaison de nos données entre elles montre que le débit oral dans le beatbox est compris entre 654 et 1141 ml/s, entre 788 et 879 ml/s dans la voix projetée et entre 861 et 1142 ml/s dans la voix criée. Ainsi, les valeurs en beatbox sont du même ordre que celles de la voix criée et projetée, mais elles sont plus proches de celles de la voix criée.

Notre hypothèse (Ho8) n'est donc pas validée.

3. Intensité

3.1.1. Comparaison avec les données de la littérature

Les valeurs d'intensité vocale obtenues sont similaires à celles de la littérature en voix parlée et chantée (Lundy et al., 2000), ainsi qu'en voix projetée (Holmberg et al. 1988). L'absence de données de la littérature en voix criée nous empêche de conclure sur la correspondance de nos données avec celles des études précédentes.

3.1.2. Validation de notre hypothèse Ho9

Notre hypothèse est la suivante (Ho9) : « L'efficacité vocale en beatbox se rapproche de l'efficacité dans la voix projetée, et partage donc des valeurs d'intensité avec celle-ci. »

Dans nos résultats, les valeurs de l'intensité dans le beatbox vont de 72 à 101 dB, celles de la voix criée se situent de 69 à 91 dB et celles de la voix projetée apparaissent entre 77 à 88 dB. Si l'on considère ces données, le beatbox partage des valeurs avec la voix projetée et criée, mais il se rapproche plus de la voix criée. Cependant, ces résultats sont à nuancer puisqu'il existe une variabilité interindividuelle. En effet, chez BB3, les valeurs d'intensité en beatbox se rapprochent de celles de la voix projetée, tandis que pour BB1 et Romain, les valeurs en beatbox sont plus proches de celles de la voix criée, et ce d'autant plus si l'on considère les valeurs de beatbox avec phonation de BB1.

En conclusion, notre hypothèse (Ho9) est invalidée.

4. Pression sous-glottique estimée

Nous souhaitons mesurer la pression intra-orale dans les différentes modalités de voix pour obtenir une estimation de la pression sous-glottique. Or, cette mesure s'est avérée difficile à recueillir dans le beatbox en raison de l'obstruction fréquente du tube de mesure par la salive. Ainsi, seules les données de BB1 ont pu être exploitées.

4.1. Comparaison avec les données de la littérature

Les valeurs estimées de la pression sous-glottique chez BB1 concordent avec celles de la littérature dans toutes les modalités (Cleveland et al., 1997 ; Cornut, 2004 ; Le Huche et Allali, 2010 ; Schutte, 1980).

4.2. Validation de notre hypothèse Ho7

Nous avons émis l'hypothèse selon laquelle (Ho7) : « L'efficacité vocale en beatbox se rapproche de l'efficacité dans la voix projetée, et partage donc des valeurs de pression sous-glottique avec celle-ci. »

Nous constatons que la pression sous-glottique estimée est maximale dans la voix criée (34 cmH₂O) et très faible en voix parlée (2 cmH₂O), tandis qu'elle atteint une valeur intermédiaire dans la voix projetée (7 cmH₂O) et chantée (5 cmH₂O). Nous notons par ailleurs une différence importante entre les valeurs de beatbox avec phonation (17 cmH₂O) et celles de beatbox sans phonation (27 cmH₂O). Ainsi, le beatbox sans phonation obtient des valeurs de pression sous-glottique se rapprochant le plus de celles de la voix criée.

Notre hypothèse (Ho7) n'est donc pas validée.

5. Répartition spectrale de l'énergie

Notre hypothèse Ho10 est la suivante : « L'efficacité vocale en beatbox se rapproche de l'efficacité dans la voix projetée, et présente donc une répartition d'énergie spectrale comparable à celle-ci. »

Les résultats ont montré qu'il existe une différence importante dans la répartition de l'énergie selon le mode de production de la voix. En effet, dans la voix parlée, chantée et projetée, l'énergie se répartit de façon similaire, sur des valeurs de basses fréquences (2000 Hz). En revanche, dans la voix criée et le beatbox, les fréquences les plus présentes apparaissent jusqu'à 8000 Hz et plus pour certains chanteurs. L'énergie nécessaire à la réalisation de ces deux modes de production est donc plus importante que pour la voix parlée, chantée et projetée.

En outre, on observe des différences interindividuelles dans la répartition d'énergie pour l'occlusive /p/ en voix beatboxée. Chez deux sujets, l'énergie est comparable à celle de l'occlusive /k/ et /t/ dans le beatbox, tandis que pour les deux autres chanteurs, les fréquences renforcées sont uniquement présentes dans les zones inférieures à 2000 Hz. Nous pouvons alors penser qu'il existe différentes façons de gérer l'énergie dans la production d'une occlusive bilabiale telle que le /p/ en voix beatboxée.

Nous pouvons donc conclure que la répartition spectrale de l'énergie dans le beatbox se rapporte à celle de la voix criée, et non de la voix projetée.

Notre hypothèse (Ho10) n'est donc pas validée.

III. L'efficacité vocale dans le Human Beatbox

Nous avons évalué l'efficacité vocale des beatboxers, c'est-à-dire leur capacité à produire un maximum d'effet pour un minimum d'effort. Pour cela, nous avons utilisé la formule du rendement vocal R_q de Sawashima et al. (1988), calculée à partir des données de débit et d'intensité.

Une fois le rendement vocal R_q calculé, nous avons choisi de le comparer aux paramètres qui composent sa formule, afin d'observer avec quelles modalités de production les valeurs de rendement vocal dans le beatbox pouvaient être mises en lien.

1. Validation de nos hypothèses Ho6 et Ho11

Nous avons émis l'hypothèse que l'efficacité vocale dans le beatbox est comparable à celle de la voix projetée (Ho11) et supérieure à celle des autres modalités de la voix (Ho6). Par extension, le rendement vocal devrait donc atteindre des valeurs de même ordre dans le beatbox et dans la voix projetée, et les valeurs devraient être supérieures dans le beatbox pour que ces hypothèses soient validées.

Les résultats numériques ont montré que les valeurs de rendement vocal moyennes dans le beatbox se rapprochent le plus de celles de la voix projetée pour deux sujets sur trois. Chez eux, la voix beatboxée a un rendement vocal supérieur aux autres modalités. Cependant, chez le troisième sujet, le rendement vocal dans le beatbox est comparable à celui de la voix criée, et les valeurs de rendement maximales apparaissent dans la voix projetée.

L'analyse des productions en termes de rendement et d'intensité montre que ces deux paramètres sont corrélés, ce qui correspond au fait que l'intensité fait partie de la formule du R_q .

Chez nos trois sujets, les valeurs de R_q dans le beatbox sont comparables au rendement vocal dans la voix projetée, mais aussi au rendement vocal dans la voix chantée et criée, pour deux sujets sur trois.

Par ailleurs, il est intéressant de souligner que les valeurs de rendement vocal obtenues par BB1 en beatbox sont nettement supérieures à celles des autres sujets. Ceci aurait pu être expliqué par l'expérience, mais BB1 et BB2 ont le même nombre d'années de pratique. Nous pouvons alors nous demander si BB1 a une meilleure conscience de son appareil vocal ou des stratégies de prévention plus efficaces, pour obtenir des valeurs aussi supérieures.

Lors de la comparaison du rendement vocal en fonction du débit, les résultats montrent une très grande variabilité inter-individuelle. En effet, la voix beatboxée chez BB3 obtient un R_q comparable à la voix projetée, tandis que chez BB1, le R_q de la voix beatboxée est dans l'ensemble du même ordre que celui de la voix projetée, mais partage aussi des valeurs avec la voix chantée et criée. Enfin, pour BB2, la voix beatboxée atteint un R_q dont les valeurs sont similaires à toutes celles de la voix criée, ainsi qu'à certaines valeurs des voix parlée, chantée et projetée.

Notre hypothèse (Ho11) est donc partiellement validée.

De plus, chez deux sujets, le beatbox obtient un rendement vocal supérieur aux valeurs des autres modalités de production. En revanche, pour le troisième sujet, les valeurs de rendement vocal dans la voix projetée sont supérieures à celles du beatbox.

Notre hypothèse (Ho6) est donc partiellement validée.

2. Validation de notre hypothèse Ho5.

Nous rappelons notre hypothèse (Ho5) : « Les beatboxers ont une gestion efficace de leur voix malgré des comportements à risque »

Les résultats acoustiques et aérodynamiques du beatbox se rapprochent des valeurs de la voix criée, ce qui nous amène à penser que le beatboxer est dans une situation de forçage vocal important lors de sa pratique. De plus, la projection du visage en avant et les tensions musculaires importantes notamment au niveau des cervicales sont observées dans la posture lors de la modalité beatbox, ce qui, d'après Grini et al. (1998) correspond à une posture typique du forçage vocal. Ces observations confirment les résultats du mémoire de Clouet et de Torcy (2010, p. 97) puisqu'elles montrent que « *les sujets étudiés adoptent des comportements laryngo-pharyngés et posturaux décrits comme à risque (serrage laryngé, compression pharyngée, malmenage, voix de détresse, forçage)* ».

Nous nous sommes alors demandé ce qu'il advenait de l'efficacité vocale du beatboxer dans de telles conditions.

Nous avons vu que l'efficacité vocale dans le beatbox pouvait être mesurée par le calcul du rendement vocal. Dans le beatbox, celui-ci atteint des valeurs supérieures au rendement vocal dans les autres modes de production de la voix, chez deux artistes sur trois. Le beatbox est donc un mode de production caractérisé par une haute efficacité.

En conclusion, les beatboxers ont une gestion efficace de leur voix malgré des comportements à risque, caractéristiques du forçage vocal.

Notre hypothèse (Ho5) est donc validée.

3. Conclusion sur l'efficacité vocale dans le beatbox

Les valeurs de rendement vocal dans le beatbox sont comparables avec celles de la voix projetée pour deux chanteurs, mais cela n'apparaît pas chez le troisième sujet. Chez ce dernier, le R_q en beatbox est comparable avec celui de la voix criée. En termes de rendement vocal, le beatbox peut donc être comparé à la voix projetée chez deux sujets sur trois.

Par ailleurs, nous avons montré que les valeurs de débit oral et la répartition spectrale d'énergie dans le beatbox sont plus proches de la voix criée que de la voix projetée. Il en est de même pour les valeurs d'intensité, même si les résultats sont marqués de différences inter-individuelles importantes. L'analyse de cas concernant la pression sous-glottique estimée confirme aussi cette tendance.

En conclusion, les paramètres acoustiques et aérodynamiques mesurés dans le beatbox atteignent des valeurs différentes des mesures effectuées en voix projetée. Nous pouvons donc en conclure que l'efficacité vocale dans le beatbox ne se rapproche pas de l'efficacité vocale dans la voix projetée.

Néanmoins, il est intéressant de noter qu'une grande majorité des résultats vont dans le même sens. En effet, les paramètres mesurés dans le beatbox sont très souvent comparables à ceux mesurés dans la voix criée.

Ces résultats ne confirment pas nos hypothèses. Ainsi, le beatbox serait à rapprocher de la voix criée (ou voix de détresse) en termes de production acoustique, et donc d'un comportement « à risque ». En effet, d'après Le Huche et Allali (2010, p.8) « *[la voix d'insistance] est un mécanisme qui est efficace mais coûteux et qui peut devenir dangereux si son usage se prolonge.* »

Ainsi, nous pouvons nous interroger sur l'absence de pathologie vocale, en raison des comportements à risque mis en évidence, de l'existence d'une plainte vocale après effort important et de l'absence d'examen laryngé au cours de cette étude.

4. Conclusion sur l'analyse des résultats

Au vu des résultats, nous confirmons le comportement d'effort vocal décrit chez les beatboxers. La posture ainsi que les données de débit, d'intensité et de pression sous-glottique estimée sont comparables ou proches de celles obtenues dans la voix criée.

Cependant, les beatboxers ont une gestion efficace de leur voix avec un rendement vocal supérieur à toutes les autres modalités de voix et ce grâce à des stratégies de prévention, un choix particulier de sons et une bonne hygiène de vie.

Nous rappelons notre hypothèse générale : « Les beatboxers utilisent des stratégies leur permettant de pratiquer le beatbox sans conséquence sur leur voix (hygiène vocale, préparation, choix des sons, posture). Ils développent une maîtrise des paramètres acoustiques et aérodynamiques lors de la production, tels que le débit, l'intensité, la répartition de l'énergie et la pression sous-glottique. ».

Les hypothèses opérationnelles Ho1, Ho2, Ho3, Ho4, Ho5, sont validées, tandis que les hypothèses Ho7, Ho8, Ho9, Ho10 et Ho12 ont été invalidées. Enfin, nous avons pu valider partiellement les hypothèses Ho6 et Ho11.

Ainsi, nous pouvons conclure que notre hypothèse générale est validée. En effet, les beatboxers utilisent des stratégies de prévention et d'hygiène vocale, de sélection des sons à travailler, de préparation avant les concerts ou événements afin de minimiser l'impact de leurs comportements à risque sur leur voix. Le travail du beatbox leur permet d'atteindre une maîtrise des paramètres acoustiques et aérodynamiques que sont le débit oral, l'intensité, la répartition d'énergie et la pression sous-glottique, ce qui illustre la grande efficacité avec laquelle ils utilisent leur appareil vocal. En revanche, ces techniques de maîtrise ne s'apparentent pas à la voix projetée, mais à la voix criée, invalidant ainsi trois de nos hypothèses. L'adéquation entre ces deux modes de production apparaît d'ailleurs aussi dans la posture que prennent les artistes lors qu'ils beatboxent.

IV. Apports de la présente étude

1. Apport pour l'orthophonie

Lors d'une rééducation vocale en orthophonie, on retrouve la notion d'efficacité définie ainsi : « *qui produit l'effet attendu, se dit de quelqu'un dont l'action aboutit à des résultats utiles* », ce qui n'est pas le cas en début de rééducation, puisque le patient se présente avec une plainte. La thérapie s'arrête alors au moment où la personne juge l'efficacité de sa voix satisfaisante (Estienne, 1998, p. 181).

La plupart des études sur les dysphonies ont été réalisées sur des voyelles tenues comme le [a]. Or, il semble que ces voyelles sous-estiment la dysphonie puisqu'elles ne rendent pas compte de la qualité générale de la voix (attaques, arrêts vibratoires, cassures, etc.). Ainsi, les résultats obtenus sur les consonnes ont montré que la durée entre l'explosion de l'occlusive et le début du voisement s'allonge en fonction de la sévérité de la dysphonie. (Fredouille et al., 2009)

Le travail sur les occlusives avec les patients dysphoniques prend alors tout son sens. En effet, ces exercices sont particulièrement utiles dans les dysphonies organiques puisque la fermeture glottique est insuffisante et doit être travaillée énergiquement. (Le Huche et Allali, 2002)

Ainsi, notre recherche a permis d'illustrer en quoi la maîtrise des occlusives pouvait favoriser l'efficacité vocale chez une population de chanteurs de Human Beatbox. Par extension, nous pouvons envisager qu'un travail sur ces mêmes consonnes auprès de patients dysphoniques ayant des pathologies de type cordectomie, paralysie récurrentielle etc...ou de patients dysarthriques participerait aussi à augmenter leur efficacité vocale, en lien avec l'obtention d'une meilleure fermeture glottique.

Enfin, nous avons réalisé des mesures acoustiques et aérodynamiques à l'aide d'outils utilisables en clinique lors du bilan vocal (Hartl et al., 2005). Ces mesures participent directement à l'évaluation de l'efficacité vocale. Notre recherche permet donc de donner des mesures objectives de la voix, utiles au diagnostic orthophonique et surtout à la visualisation de l'évolution au cours de la rééducation.

2. Apport pour la recherche

Cette étude a permis d'apporter de nouvelles informations sur la communauté des beatboxers, leur façon de travailler ainsi que leurs pratiques vocales. La littérature étant très restreinte sur le beatbox, les artistes montrent une véritable curiosité pour les recherches qui concernent leur domaine. Nous espérons ainsi étendre les connaissances autour de cet art, et leur apporter des éléments utiles à l'évolution de leur pratique.

De plus, cette étude met au jour de nouvelles connaissances sur les techniques utilisées par les beatboxers pour atteindre la maîtrise de leur discipline, et cela grâce à des mesures inédites. En effet, notre recherche offre une perspective originale en analysant le rendement vocal dans différentes modalités de production de la voix pour un même sujet. Si des études précédentes ont comparé ce rendement vocal en situation de voix parlée et voix chantée (Pillot, 2004 ; Schutte, 1980), la mise en lien d'autant de modalités différentes n'a jamais été réalisée à ce jour.

Par ailleurs, la constitution d'une importante base de données a été réalisée lors de cette étude. En effet, nous avons répertorié plus de 6000 productions d'occlusives dans cinq modalités de production de voix différentes. De plus amples analyses pourront donc être réalisées à partir de ces données au cours d'études ultérieures.

Enfin, nos résultats confirment certaines données de la littérature préexistantes. En effet, nos mesures d'intensité et de pression sous-glottique estimée s'accordent avec les valeurs publiées dans les études précédentes. L'analyse de l'enquête confirme par ailleurs les résultats de Clouet et de Torcy (2010), à savoir l'absence de pathologie vocale chez les beatboxers. Celle-ci apparaît au sein d'une situation de comportements à risques les conduisant à adopter une attitude de forçage vocal. Dans la présente étude, ces résultats ont été étendus à une population plus importante de 53 sujets.

V. Limites de l'étude

1. Les outils utilisés

Au cours de notre expérimentation, nous avons fait face à plusieurs difficultés d'ordre technique qui ont entravé le bon déroulement du recueil des données. En effet, les signaux enregistrés avec le dispositif de mesure des mouvements respiratoires Biopac se sont révélés instables et nous n'avons donc pas réalisé leur exploitation.

De plus, l'acquisition des données acoustiques et aérodynamiques a été perturbée par un mauvais fonctionnement de la plate-forme informatique, ce qui a conduit à l'écrasement de certains fichiers et la perte des données correspondantes. Ainsi, nous n'avons pas pu exploiter les signaux initialement recueillis pour BB4 lors de la production des syllabes en voix projetée et beatboxée. L'absence de ces données représente une limitation non négligeable de l'analyse des paramètres acoustiques et aérodynamiques pour le beatbox, et la comparaison de ceux-ci avec leurs valeurs en voix projetée.

Enfin, il s'est avéré que la mesure de la pression intra-orale a été difficile à réaliser. En effet, chez trois sujets sur quatre, le tube de plastique placé dans la cavité buccale a été régulièrement obstrué par les productions salivaires des chanteurs, et ce malgré un contrôle et une procédure de nettoyage du tube très fréquemment réalisés au cours de l'enregistrement. Cette méthode indirecte de mesure de la pression sous-glottique reste donc difficilement utilisable de manière fiable.

2. La population

Nous avons choisi de réaliser cette étude auprès de quatre beatboxers français, deux amateurs et deux professionnels. Ce nombre de sujets restreint limite donc l'observation de tendances communes à tous les beatboxers pour les paramètres mesurés. Malgré un fort intérêt de la part de nombreux beatboxers à participer à cette étude, des contraintes temporelles et de disponibilités communes n'ont pas permis d'élargir notre population à un plus grand nombre.

3. Le protocole

La limitation principale constatée après réalisation du protocole réside dans l'absence d'examen phoniatrique chez les sujets. Dans un souci éthique de respecter le souhait des chanteurs, nous avons choisi de leur proposer une consultation phoniatrique de leur plein gré, en leur fournissant les informations nécessaires à la prise de rendez-vous. Nous avons aussi apporté des éléments quant à l'utilité d'une telle consultation, à savoir la confirmation de l'intégrité des structures laryngées et la possibilité de recevoir des conseils sur la gestion de leur voix au quotidien.

L'absence de cet examen limite donc la possibilité d'affirmer que les beatboxers ne souffrent pas de pathologie vocale, même s'ils ne ressentent pas de gêne chronique.

Enfin, certains sujets ont exprimé avoir des difficultés à réaliser les phrases du protocole en beatbox. Nous avons d'ailleurs observé une interprétation des phrases en voix beatboxée, car certaines consonnes étaient ajoutées, omises ou remplacées par d'autres. Cette difficulté peut être expliquée par le fait qu'il n'existe pas d'alphabet du beatbox, comme nous l'avons présenté dans la partie théorique. En effet, même si Stowell et Plumbley (2008) ont réalisé un inventaire des sons du beatbox, celui-ci ne fait pas l'unanimité au sein de la communauté des beatboxers. C'est pourquoi nous avons demandé à BB1 de traduire ces phrases d'une manière applicable au beatbox, mais malgré cela, les chanteurs ont réalisé des interprétations. Il est probable que si les sujets avaient bénéficié d'un temps de préparation et d'entraînement en préalable à la réalisation des mesures, ils auraient réussi cette tâche avec plus de facilité.

VI. Perspectives :

Nous avons effectué nos mesures sur quatre sujets. Une étude sur une population plus grande permettrait de généraliser les mesures acoustiques et aérodynamiques à tous les beatboxers.

L'analyse des données nous a permis de comparer le beatbox à la voix criée. Il serait intéressant de comprendre ce qui permet aux beatboxers d'avoir un meilleur rendement en beatbox qu'en voix criée alors que ces deux modalités possèdent certaines valeurs de débit, d'intensité et de pression sous-glottique en commun.

De plus, une étude prenant en compte l'aspect laryngé (filmer en nasofibroscopie par exemple) serait nécessaire pour écarter toute pathologie vocale.

Enfin, l'élaboration d'un outil en orthophonie pour la prise en charge de la dysphonie, basé essentiellement sur la gestion des occlusives pourrait être profitable.

CONCLUSION

Dans le Human Beatbox, l'artiste cherche à reproduire le plus fidèlement possible les sons nécessaires pour créer l'illusion d'une « boîte à rythme ». Ainsi, il développe une grande agilité dans le mouvement et la maîtrise de ses articulateurs, tout en utilisant diverses techniques vocales. L'artiste est contraint de développer une utilisation optimale de son appareil phonatoire afin d'atteindre une efficacité vocale maximale pour un meilleur effet sur le spectateur. Des recherches ont mis au jour l'existence de comportements à risque chez les chanteurs de Human Beatbox, caractérisés par des configurations laryngées pouvant conduire à l'apparition de dysphonie. Cependant, il semble que les beatboxers ne souffrent pas de troubles chroniques de la voix.

En réalisant cette étude, nous nous sommes donc penchées sur les techniques utilisées par ces artistes afin d'obtenir l'efficacité sonore recherchée malgré des configurations laryngées « nocives ». Nous avons fait l'hypothèse que les artistes utilisent des techniques de prévention des troubles vocaux ainsi qu'une gestion des paramètres acoustiques et aérodynamiques comparables à celles de la voix projetée. De plus, nous avons supposé que l'efficacité vocale dans le Human Beatbox était supérieure à celle des autres modes de production de la voix.

Nos résultats confirment les phénomènes observés dans les études précédentes, à savoir la présence d'une gêne vocale chez les beatboxers après un effort important et l'absence de plainte chronique. En outre, l'enquête réalisée a montré que le beatbox est pratiqué de manière intensive par la plupart des sujets interrogés, ce qui renforce l'idée de comportements à risque.

Par ailleurs, il s'est avéré que les chanteurs utilisent des techniques de préparation pour chauffer leur voix avant une performance, de même qu'ils veillent à s'hydrater, pratiquer une activité sportive de manière régulière et surveiller leur alimentation au quotidien. Cela témoigne du soin que les artistes apportent à leur hygiène vocale.

En outre, le rendement vocal dans le beatbox est supérieur à celui de la voix parlée, chantée, projetée et criée pour deux sujets sur trois, ce qui confirme que les chanteurs utilisent leur appareil phonatoire de manière efficace. Pour atteindre cet effet, les beatboxers développent une maîtrise des paramètres acoustiques et aérodynamiques, à savoir l'intensité, le débit d'air oral, la pression sous-glottique et la répartition de l'énergie. Ceux-ci atteignent des valeurs comparables ou supérieures à celles de la voix criée, si bien que le rendement vocal dans le beatbox peut être mis en lien avec celui de la voix criée. Enfin, on observe ce même phénomène dans la posture adoptée par les artistes en beatbox et en voix criée.

Ces résultats nous interrogent sur l'absence de pathologie vocale chez les chanteurs de beatbox, puisque la voix criée est considérée comme un comportement à risque, si elle est utilisée sur le long terme.

Certains chanteurs pratiquent le beatbox de manière professionnelle depuis plusieurs années, et rapportent néanmoins ne pas être gênés outre mesure. Cela porte à croire que l'apparition de pathologie sur le long terme n'est pas non plus à envisager, puisqu'à l'heure actuelle, aucune plainte n'est explicitée. On peut néanmoins se demander si nous disposons du recul nécessaire pour vérifier une telle hypothèse. De futures études

pourraient donc s'intéresser à l'examen laryngé auprès d'un plus grand nombre de chanteurs, en parallèle avec une évaluation de l'efficacité vocale.

Une étude sur une population plus importante permettrait de généraliser ces résultats. De plus, les beatboxers ont une maîtrise des occlusives, ce qui pourrait être une base de travail intéressante pour l'élaboration d'un outil en orthophonie.

BIBLIOGRAPHIE

Amy de la Bretèque, B. (2011). *L'équilibre et le rayonnement de la voix*. Marseille: Solal.

Baken, R. et Orlikoff, R. (2000). *Clinical measurement of speech and voice*. Stamford: Cengage Learning.

Centre d'orthophonie Etienne Coissard. (1974). *Troubles de l'articulation*. Clisson: Les éditions de l'olive.

Cleveland, T., Stone, R., Sundberg, J., et Iwarsson, J. (1997). Estimates subglottal pressure in six professional country singers. *Journal of Voice*, 11(4), 403-409.

Clouet, A., et de Torcy, T. (2010). *Le Human beatbox : Etudes qualitatives acoustique en video-fibronasoscopie*. (mémoire d'orthophonie non publié). Université Paris 6.

Colton, R., Casper, J. et Leonard, R. (2011). *Understanding voice problems* (éd. 4e). Ambler: Lippincott Williams&Wilkins.

Cornut, G. (2004). *La voix*. Paris : Presses Universitaires de France.

de Cheveigné, A et Kawahara, H. (2002). YIN, a fundamental frequency estimator for speech and music. *Acoustical Society of America*, 111(4), 1917-1930.

Dupessey, M., et Coulombeau, B. (2004). *A l'écoute des voix pathologiques*. Lyon : Symétrie.

Duval, A. (2006). *Human beat boxers, Le rythme bien en bouche : « De la musique avec la bouche »*. Obtenu sur le site arteradio : http://www.arteradio.com/son/23906/human_beat_boxers/

Fredouille, C., Pouchoulin, G., Bonastre, J.-F., Ghio, A. et Giovanni, A. (2009). *Pertinence des consonnes sourdes pour l'observation des phénomènes liés à la dysphonie ?* Communication présentée au Journées de Phonétique Clinique, Aix-en-Provence, France.

Fux, T., Zimpfer, V., Feng, G. (2011, juin). *Relevant Acoustic Features of Speech Signals for Natural-to-Shouted Voice Transformation*. Communication présentée au congrès Forum Acusticum, Aalborg, Danemark.

Garnier, M. (2007). *Communiquer en environnement bruyant : de l'adaptation jusqu'au forçage vocal*. (thèse de doctorat, Université Paris 6, France). Récupéré sur le site du laboratoire Gipsa-Lab de Grenoble : <http://www.gipsa-lab.grenoble-inp.fr/~maeva.garnier/publications.html>

Garnier, M. (2009). Forçage vocal et efficacité de communication . Dans P. Gatignol, *La voix dans tous ses maux* (pp. 83-107). Paris : Ortho Edition.

Garnier, M., Wolfe, J., Henrich, N. et Smith, J. (2008, septembre). *Interrelationship between vocal effort and vocal tract acoustics : a pilot study*. Communication présentée

au congrès Interspeech, Brisbane, Australie. Récupéré sur le site du laboratoire Gipsa-Lab : <http://www.gipsa-lab.grenoble-inp.fr/~maeva.garnier/publications.html>

Ghio, A. (2007). L'évaluation acoustique. Dans P. Auzou, V. Rolland-Monnoury, S. Pinto et C. Ozsancak (dir.), *Les dysarthries* (p. 236-247). Marseille: Solal.

Giovanni, A. (2004). *Le bilan d'une dysphonie : état actuel et perspectives*. Marseille: Solal.

Giovanni, A., Akl, L., et Ouaknine, M. (2008). Postural dynamics and vocal effort : Preliminary experimental analysis. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 60, 80-85.

Giovanni, A., Aumelas, E., Chapus, E., Lassalle, A., Remacle, M., et Ouaknine, M. (2004). Le forçage vocal et ses conséquences. *Annals of Otolaryngology Chirurgical Cervicofacial*, 121(4), 187-196.

Giovanni, A., Ouaknine M. et Garrel, R. (2003) *Physiologie de la phonation : Encyclopédie Médico Chirurgicale*. Paris: Elsevier.

Giovanni, A., Sacre, J., et Robert, D. (2007). Le forçage vocal. *Otho-rhino-laryngologie*. Paris : Elsevier.

Grini, M.-N., Ouaknine, M., et Giovanni, A. (1998). *Modifications posturales et segmentaires contemporaines du forçage vocal*. Récupéré sur le site ada-posturologie: <http://ada-posturologie.fr/PhonoPos.htm>

Hartl, D., Hans, S, Crevier Buchman, L., Laccourreye, O., Vaissière, J. et Brasnu, D. (2005). Méthodes actuelles d'évaluation des dysphonies. *Annals of Otolaryngology Chirurgical Cervicofacial*, 122(4), 163-172.

Henrich, N., Savariaux, C. (2010). Singing voice research at the Speech and Cognition Department, GIPSA-lab, Grenoble, France. *Psychomusicology: Music, Mind & Brain*, 21, 1-2.

Holmberg, E. et Hillman, R. (1994). Relationships between intra-speaker variation in aerodynamic measures of voice production and variation in SPL across repeated recordings. *Journal of Speech and Hearing Research*, 37(3), 484-496.

Holmberg, E., Hillman, R. et Perkell, J. (1988). Glottal airflow and transglottal air pressure measurements for male and female speakers in soft, normal and loud voice. *Journal of Acoustical Society of America*, 84(2), 511-528.

Junqua, J.-C. (1996). The influence of acoustics on speech production : A noise-induced stress phenomenon known as the Lombard reflex. *Speech Communication* , 20, 13-22.

Kim, J., Davis, C., Vignali, G. et Hill, H. (2005, septembre). *A visual cocomitant of the Lombard reflex. Auditory-Visual Speech processing workshop* (p. 17-21). Communication présentée au congrès Interspeech, Lisbonne, Portugal.

Klein-Dallant, C. (2001). *Dysphonies et rééducations vocales de l'adulte*. Marseille: Solal.

Lagier, A., Marianne, V., Ghio, A., Legou, T., Giovanni, A., et Assainte, C. (2010). Coordination between posture and phonation in vocal effort behavior. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 62, 195-202.

Lagier, A., Vaugoyeau, M., Bouché, C., Ghio, A., Legou, T., Assainte, C. et Giovanni A. (2009). Etude posturale de sujets normaux en situation expérimentale d'effort vocal. *Revue de laryngologie otologie rhinologie*, 130(1), 11-16.

Le Huche, F. (2012). *Et votre voix, comment va-t-elle ?* Marseille: Solal.

Le Huche, F. et Allali, A. (2002). *La voix* (éd. 3, Vol. 4). Paris : Masson.

Le Huche, F. et Allali, A. (2010). *La voix* (éd. 4e, Vol. 1, éd.2^e, Vol. 2, éd.3^e, Vol.3.). Paris : Masson.

Lederer, K. (2005). *The Phonetics of Beatboxing*. Récupéré le 1^{er} avril 2012 sur le site humanbeatbox: http://www.humanbeatbox.com/phonetics/p2_articleid/257

Liénard, J.-S. et Di Benedetto, M.-G. (1999). Effect of vocal effort on spectral properties of vowels. *Journal of Acoustical Society of America*, 106(1), 411-421.

Lobryeau-Desnus, C., Lamy, A., et Amiel, J. (2011). Proposition d'une échelle d'évaluation de la posture pour les dysphonies fonctionnelles simples : "S-TRAV". *Revue de laryngologie otologie rhinologie*, 132(1), 29-40.

Lundy, D., Roy, S., Casiano, R., Evans, J., Sullivan, P., et Xue, J. (2000). Relationship between aerodynamic measures of glottal efficiency and stroboscopic findings in asymptomatic singing students. *Journal of Voice*, 14(2), 178-183.

Marchal, A. (2007). *La production de la parole*. Cachan : Lavoisier .

Martino, R. (2009). *Le Human Beatbox et ses participants*. (mémoire de master 2, Université Pierre-Mendès-France, Grenoble, France). Récupéré sur le site personnel de l'auteur : http://robin.martino.perso.neuf.fr/Site/Robin_Martino.html

Menahem, R. (1983). La voix et la communication des affects. *L'année psychologique*, 83(2), 537-560.

Ojamaa, T., et Ross, J. (2009, octobre). *Sound and timing must be perfect. Production aspects of the human beatboxing*. Communication présentée à la 5^{ème} conférence sur Interdisciplinary musicology, Paris, France. Récupéré sur le site de la conférence cim09.lam.jussieu: http://cim09.lam.jussieu.fr/CIM09-fr/Actes_files/Ojamaa-Ross.pdf

Pelegrin-Garcia, D., et Smits, B. (2011). Vocal effort with changing talker-to-listener distance in different acoustic environments. *Journal of Acoustic Society of America*, 129(4), 1981-1990.

Pillot, C. (2011). Pression sous-glottique et débit oral d'air expiré comme aides à la pose du diagnostic de dysodie ; implications pour la rééducation vocale. *Entretiens de Bichat*.

Pillot, C. (2006). Représentation cognitive de l'efficacité vocale dans la parole et le chant : conséquences en rééducation. Dans K. Klein-Dallant (dir.), *Voix parlée et chantée : Bilans, rééducations, recherche, travail vocal comédiens et chanteurs* (p. 429-451). Ville d'Avray : KLEIN DALLANT Carine.

Pillot, C. (2004). *Sur l'efficacité vocale dans le chant lyrique, Aspects physiologique, cognitif, acoustique et perceptif*. (Thèse de doctorat non publiée) Paris 3.

Schutte, H. (1980). *The efficiency of voice production*. Groningen: Kemper.

Sluijter, A., et van Heuven, V. (1996). Spectral balance as an acoustic correlate of linguistic stress. *Acoustical Society of America*, 100(4), 2471-2485.

Smitheran, J. et Hixon, T. (1981). A clinical method for estimating laryngeal airway resistance during vowel production. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 46, 138-146.

Stowell, D. et Plumbley, M. (2008). *Characteristics of the beatboxing vocal style*. Récupéré sur le site d'ingénierie électronique de University of London: <http://goblin.elec.qmul.ac.uk/people/markp/2008/StowellPlumbley08-tr0801.pdf>

Sundberg, J., Cleveland, T., Stone, R., et Iwarsson, J. (1999). Voice source characteristics in six premier country singers. *Journal of voice*, 13(2), 168-183.

Teston, B. (2001). L'évaluation objective des dysarthries : les méthodes acoustiques et aérodynamiques. Dans P. Auzou, V. Rolland-Monnoury, S. Pinto et C. Ozsancak (dir.), *Les dysarthries* (p. 90-108). Paris : Masson .

Thalén, M., & Sundberg, J. (2001). A comparison of female singer's voice source in "Classical", "Pop", "Jazz" and "Blues". *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 26, 82-93.

Titze, I. (1992). Vocal efficiency. *Journal of Voice*, 6(2), 135-138

Titze I.R. (1992) Phonation threshold pressure: a missing link in glottal aerodynamics, *J. Acoust. Soc. Am.* 91(5), 2926–2935.

Traunmüller, H. et Eriksson, A. (2000). Acoustic effects of variation in vocal effort by men, women and children. *Journal of Acoustical Society of America*, 107(6), 3438-3451.

Verdolini Abbott, K. (1998). *Guide to Vocology*. Récupéré du site National Center for Voice and Speech : <http://www.ncvs.org/freebooks/vocologyguide.pdf>

Zhang, C. et Hansen, J. (2007, août). *Analysis and Classification of Speech Mode : whispered through Shouted*. Communication présentée au congrès Interspeech, Antwerp, Belgique. Récupéré du site de l'université de Dallas : http://www.utd.edu/~cxz055000/publication/CZ_IS_2007.pdf

ANNEXES

Annexe I : Questionnaire sur la pratique vocale des chanteurs de Beatbox

Questionnaire sur la pratique vocale des chanteurs de Beatbox

Cette enquête est menée par des chercheurs du CNRS et deux orthophonistes, dans le cadre d'un mémoire d'orthophonie. Elle vise à connaître le profil et les habitudes vocales des pratiquants de beatbox.

Merci de prendre quelques minutes pour y répondre. Nous garantissons la confidentialité de vos réponses.

1. Sexe *

Masculin Féminin

2. Langue(s) parlée(s) (Uniquement de niveau conversationnel) :

3. Date de naissance: *

4. A quel âge avez vous commencé le Human Beatbox ? *

5. Vivez-vous du Human Beatbox ?

Oui Non

6. Si non, quelle est votre activité professionnelle ?

7. Enseignez-vous le Human beatbox ?

Oui Non

8. Si oui, à quelle fréquence ? Pour qui ? :

9. Vous vous entraînez personnellement :

Tous les jours

De 1 à 3 fois par semaine

De 1 à 3 fois par mois

Autre :

10. Vous vous entraînez avec un groupe :

- Tous les jours
- De 1 à 3 fois par semaine
- De 1 à 3 fois par mois
- Jamais

Autre :

11. Comment avez-vous appris le beatbox ? (En autodidacte, avec un groupe, avec un prof, en regardant des vidéos sur internet...) :

12. Combien de concerts / événements avez-vous par an ?

13. Dans quel type de salle et dans quel contexte jouez-vous ? (Salle enfumée, insonorisée, plein air etc...) :

14. Quel aspect du beatbox travaillez-vous en particulier ? *

- La voix
- Le rythme
- Les scratches
- Les basses
- La puissance
- La finesse et texture des sons
- Tout

Autre :

15. Comment décririez-vous votre gestion du souffle au cours de votre pratique ? *

- Bonne gestion, bon équilibre

-
- Gestion convenable mais essoufflement possible
 - Gestion difficile, besoin de soutien et parfois manque d'air.

Autre :

16. Pratiquez-vous un autre style de chant que le beatbox ?

- Oui Non

17. Si oui, précisez :

18. Suivez-vous ou avez-vous suivi des cours de chant ?

- Oui Non

19. Si oui, précisez le nombre d'années et le style :

20. Pratiquez-vous un instrument de musique autre que votre voix ?

- Oui Non

21. Si oui, précisez le ou les instruments et le nombre d'années de pratique:

22. Comment préparez-vous votre voix avant un concert ? * (Exercices, médication, aliments ou boissons spéciaux...)

23. Certains sons vous paraissent-ils plus difficiles à produire que d'autres?*

- Oui Non

24. Si oui, lesquels et pourquoi ?

25. Ressentez-vous une gêne après un effort vocal important ? *

- Oui Non

26. Si oui, quel type de gêne ?

27. Ressentez-vous parfois une fatigue ou gêne vocale (troubles passagers)? *

- Oui Non

28. Si oui, à quelle fréquence ?

-
29. Faisant suite à quel type d'événement ?
30. Décrivez cette fatigue ou gêne vocale.
31. Combien de temps d'affilée pouvez-vous faire du beatbox sans ressentir aucune gêne ?
32. Souffrez-vous de phénomènes de troubles de la voix, de fatigue vocale chronique (troubles chroniques) ? *
- Oui Non
33. Si oui, à quelle fréquence ?
34. Faisant suite à quel type d'événement ?
35. Décrivez la façon dont vous ressentez ces troubles de la voix ou cette fatigue vocale chronique.
36. Souffrez-vous de perte passagère de la voix, êtes-vous parfois aphone (troubles handicapants) ?*
- Oui Non
37. Si oui, à quelle fréquence ?
38. Faisant suite à quel type d'événement ?
39. Décrivez votre ressenti lors de pertes passagères de voix ou d'aphonie.
40. Avez-vous déjà consulté un ORL ou phoniatre pour votre voix ? *
- Oui Non
41. Si oui, pourquoi ?
42. Avez-vous un problème vocal avéré ? (le décrire)
43. Avez-vous déjà suivi des séances d'orthophonie ? *
- Oui Non
44. Si oui pourquoi et pendant combien de temps ?
45. Suivez-vous un traitement médical ?
- Oui Non
-

46. Etes-vous fumeur ?

Actif Passif Aucun des deux

47. Si fumeur actif, à quelle fréquence ?

48. Que pensez-vous de votre alimentation ?

Vous faites attention à ce que vous mangez et évitez certains aliments

Vous vous en souciez mais vous ne vous imposez pas de limite particulière

Vous vous alimentez sans préoccupation particulière

Autre :

49. Pratiquez-vous un sport de manière régulière ?

Oui Non

50. Si oui, à quelle fréquence ?

Nous vous remercions de votre participation à cette enquête. Merci de compléter les renseignements ci-après si vous souhaitez recevoir les résultats de cette enquête et/ou pour participer à une étude sur l'utilisation de la voix et du souffle dans la pratique du Human Beatbox.

* requis

Annexe II : Grille S-TRAV

1. Grille S-TRAV vocale

Echelle d'évaluation posturale S-TRAV

Nom, prénom : _____
 Date du bilan : _____
 Profession : _____
 Date de naissance : _____

cotation évaluation qualitative
 0- aucune altération
 1-altération légère
 2-altération modérée
 3-altération sévère

	Au repos		En phonation	
			Vx projetée	Vx chantée
Sévérité du trouble « S » <i>Vocal :</i> -perçue par l'orthophoniste « SvO » -perçue par le patient « SvP » <i>Postural :</i> - perçue par l'orthophoniste « SpO » -perçue par le patient « SpP »	ortho: pat. :	ortho: Pat. : ortho: pat. :	ortho: pat. : ortho: pat. :	ortho: pat. : ortho: pat. :
Tension générale « T » -neutre -insuffisance de tension - excès de tension	neutre insuff. excès	neutre insuff. excès	neutre insuff. excès	neutre insuff. excès
Respiration « R » - abdominale - thoraco-abdominale - thoracique supérieure - reprise d'air inadaptée		n abdo. nT.A. n T > oR. I.		
Ancrage au sol « A » - neutre -appui en arrière (sur les talons) - appui en avant (sur les métatarses) -appui sur un pied -balancement	neutre talons meta. sur 1 pied	neutre talons meta. bal.	neutre talons meta. sur 1 pied	neutre talons meta. sur 1 pied
Verticalité « V » <i>Tête:</i> - en position neutre -en projection - en extension <i>Cou :</i> - en position neutre - en extension <i>Epaulés :</i> - basses - relevées - enroulées	neutre proj. ext. neutre ext. basses relevées enroulées	neutre proj. ext. neutre ext. basses relevées enroulées	neutre proj. ext. neutre ext. basses relevées enroulées	neutre proj. ext. neutre ext. basses relevées enroulées
Courbures : - Cervicale : neutre, exagérée ou atténuée - Dorsale - Lombaire : neutre, exagérée ou atténuée -Bassin : en position neutre bascule en avant bascule en arrière bascule latérale	C:... D L:...	C :... D L:...	C:... D L:...	C:... D L:...
Genoux : souples raides	souples raides	souples raides	souples raides	souples raides

2. grille S-TRAV au repos

	Au repos
<p>Sévérité du trouble « S »</p> <p><i>Vocal :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -perçue par l'orthophoniste « SvO » -perçue par le patient « SvP » <p><i>Postural :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - perçue par l'orthophoniste « SpO » -perçue par le patient « SpP » 	<p>ortho:</p> <p>pat. :</p>
<p>Tension générale « T »</p> <ul style="list-style-type: none"> -neutre -insuffisance de tension - excès de tension 	<p>neutre</p> <p>insuff.</p> <p>excès</p>
<p>Respiration « R »</p> <ul style="list-style-type: none"> - abdominale - thoraco-abdominale - thoracique supérieure - reprise d'air inadaptée 	
<p>Ancrage au sol « A »</p> <ul style="list-style-type: none"> - neutre -appui en arrière (sur les talons) - appui en avant (sur les métatarses) -appui sur un pied -balancement 	<p>neutre</p> <p>talons</p> <p>meta.</p> <p>sur 1 pied</p>
<p>Verticalité « V »</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Tête:</i> - en position neutre -en projection - en extension - <i>Cou :</i> - en position neutre - en extension - <i>Epaules :</i> - basses - relevées - enroulées 	<p>neutre</p> <p>proj.</p> <p>ext.</p> <p>neutre</p> <p>ext.</p> <p>basses</p> <p>relevées</p> <p>enroulées</p>

Annexe III : phrases du protocole

le sigle ° représente un équivalent de la voyelle avec un bruit de percussion gorge fermée. S'il y a plusieurs possibilités pour produire le son d'une consonne, les principales possibilités seront explorées.

Première série :

Elle est partie avec ton tonton, ton Taine et ton thon / ° ° P T ° K T T T N T T

Pâtes au pistou / P T Ps T

Petit pot de pesto / P T P D Ps T

Ecartons ton carton / ° Kr T T Kr T

Pourquoi pas / Pr K P

Tant pis pour toi / T P Pr T

N'aie pas peur / N P Pr

Peux-tu patiner? / P T P T N

Apporte un petit pot / ° Pr T ° P T P

Paul ne peut pas passer / P N P P P S

Qu'en penses-tu? / K Ps T

Deuxième série :

Tais toi! / TT

Ou étais-tu? / ° ° T T

On t'attend / ° T T

Tu étais têtu / T ° T T T

Tu as tout ton temps / T ° T T T

Tu es tout honteux / T ° T ° T

As-tu été à Tahiti? / ° T ° T ° T ° T

Ta tortue est toute petite / T T T ° T T P T T

Ton thé t'a t'il oté ta toux / T T T T ° T T T

Troisième série : (avec la snare)

Mon képi est kaki / M K P ° K K

Qui n'a pas compris / K N P K P

Il manque quelques briques / ° ° K K K B K

Les canards font coin coin coin / ° K N F K K K

Qui a commencé / K ° K ° s

Qu'est-ce qu'il y a? / Ks K ° °

Que c'est compliqué / K S K P K

Quatrième série :

Compte les tickets / K T ° T K

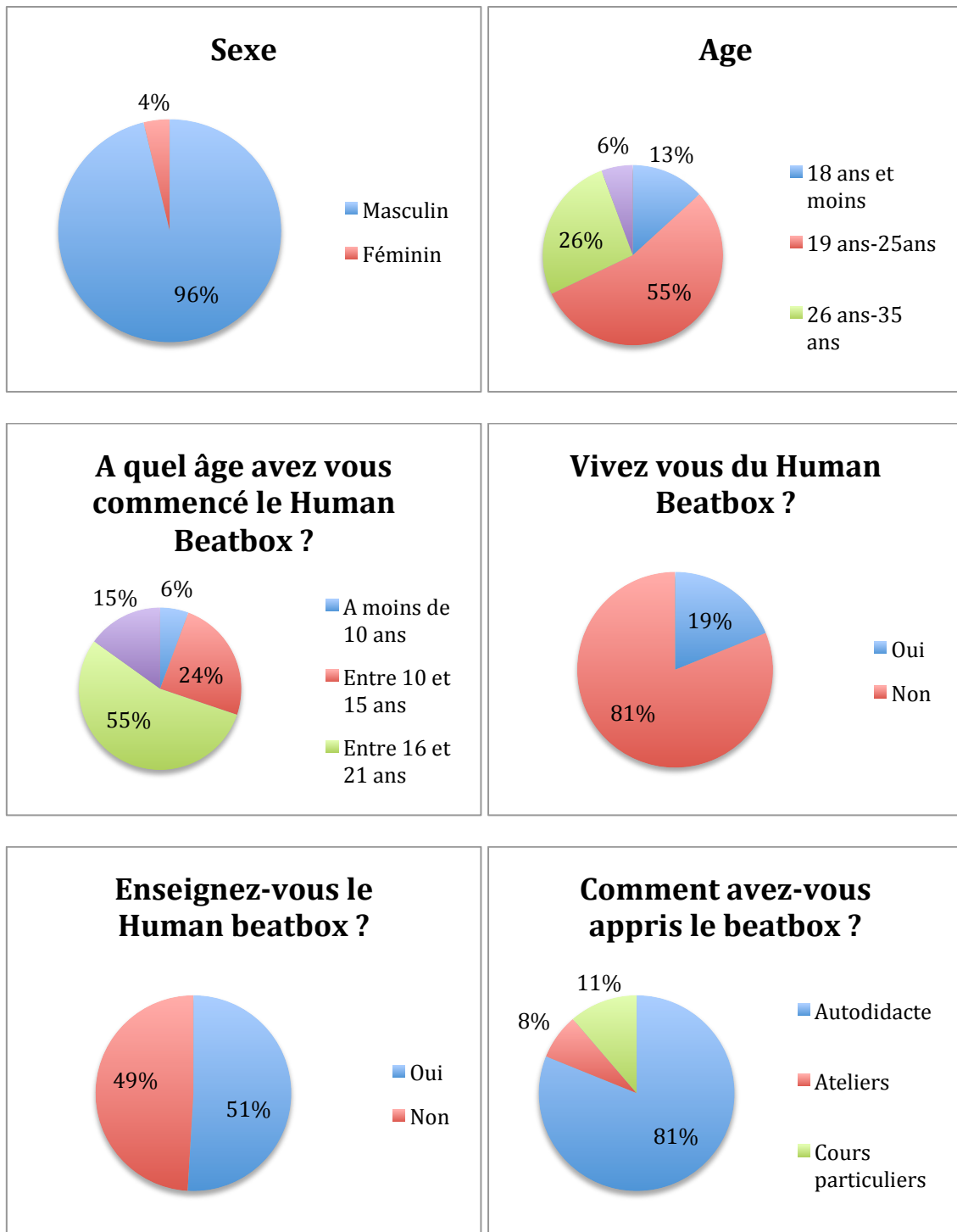
Luc est parti en tacot / ° K ° P T ° T K

Ma culotte est en coton / ° K ° T ° ° K T

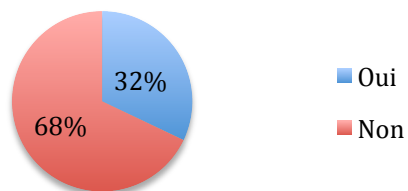
Combien a couté ton couteau? / K ° ° K T T K T

As-tu un train électrique / ° T ° T ° K T K

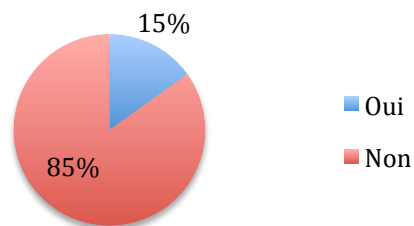
Annexe IV : statistiques descriptives



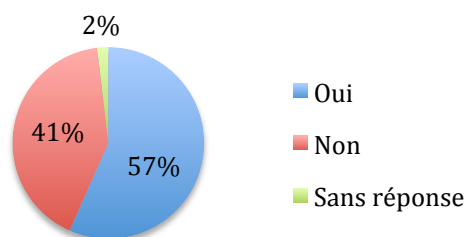
Pratiquez-vous un autre style de chant que le beatbox ?



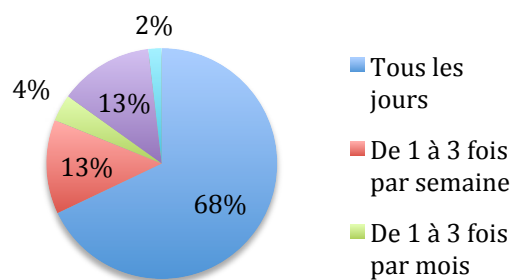
Suivez-vous ou avez-vous suivi des cours de chant ?



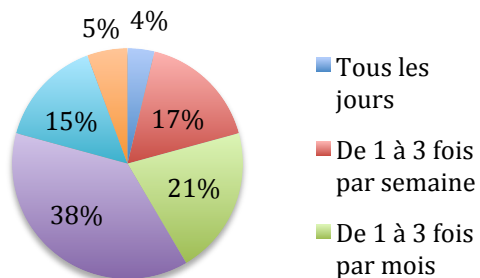
Pratiquez-vous un instrument de musique autre que votre voix ?



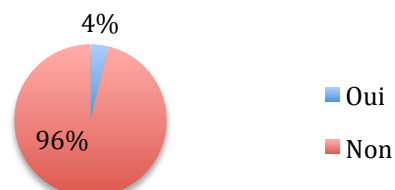
Vous vous entraînez personnellement :



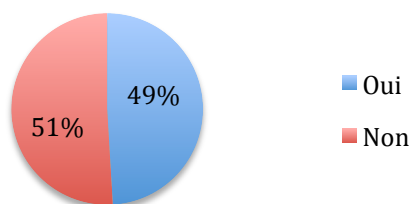
Vous vous entraînez avec un groupe :



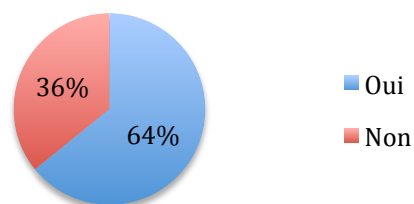
Souffrez-vous de phénomènes de troubles de la voix, de fatigue vocale chronique ?

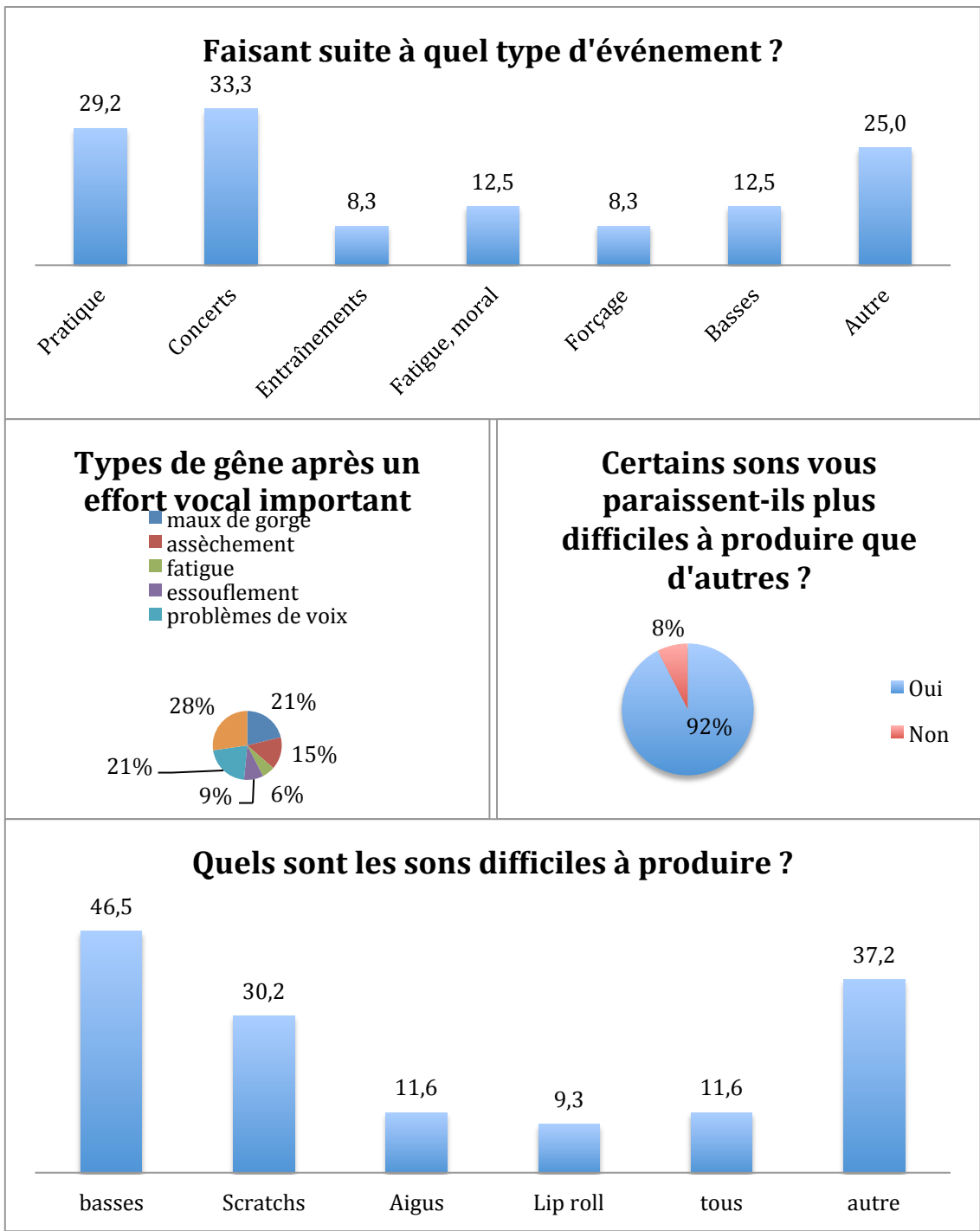


Ressentez-vous parfois une fatigue ou gêne vocale ?

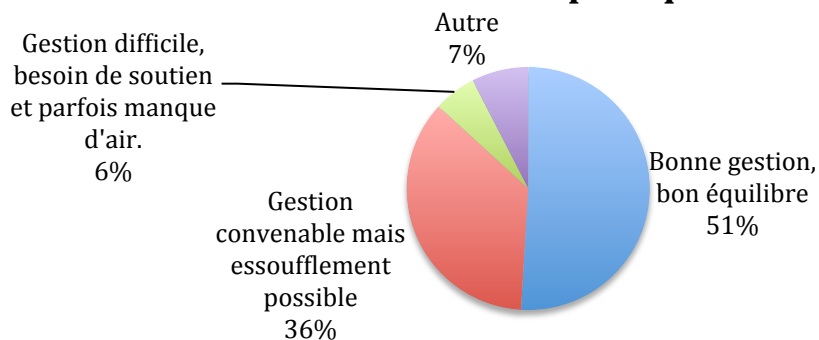


Ressentez-vous une gêne après un effort vocal important ?

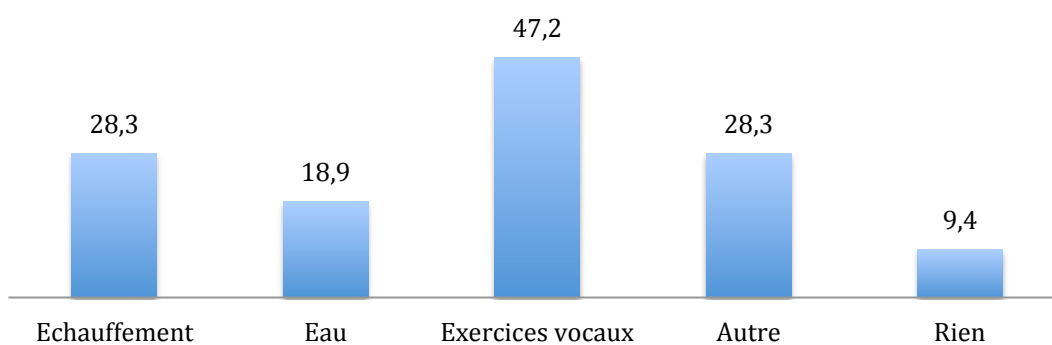




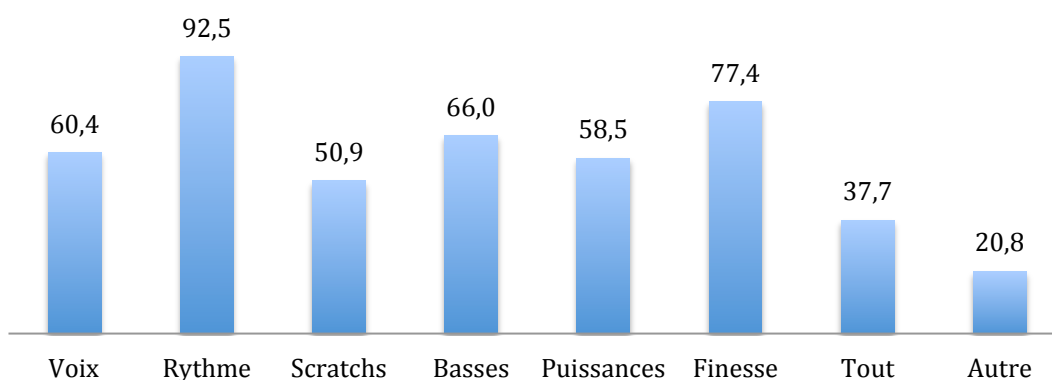
Comment décririez-vous votre gestion du souffle au cours de votre pratique ?



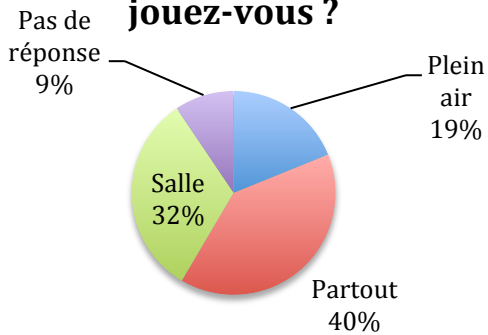
Comment préparez-vous votre voix avant un concert ?



Quel aspect du BB travaillez-vous en particulier ?

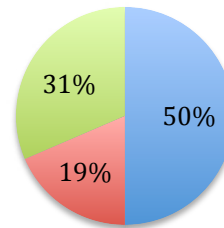


Dans quel type de salle et dans quel contexte jouez-vous ?

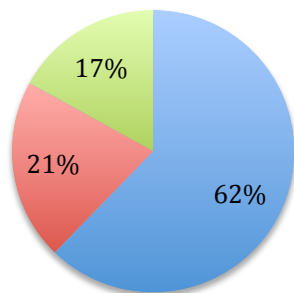


Etes-vous fumeur ?

■ Actif ■ Passif ■ Aucun des deux

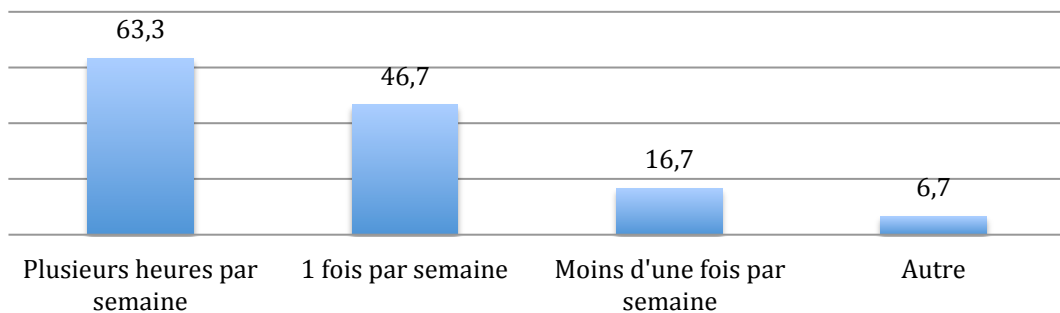


Que pensez-vous de votre alimentation ?

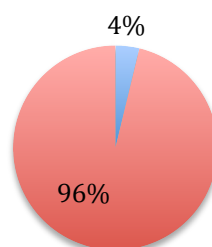


- Vous vous en souciez mais vous ne vous imposez pas de limite particulière
- Vous faites attention à ce que vous mangez et évitez certains aliments
- Vous vous alimentez sans préoccupation particulière

A quelle fréquence pratiquez-vous une activité sportive ?



Avez-vous déjà consulté un ORL ou phoniatre pour votre voix ?



■ Oui
■ Non

Annexe V : Tableaux récapitulatifs des postures dans les différentes modalités

1. Posture au repos

	BB4	BB3	BB2	BB1
Etat de tensions général	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre
Ancrage au sol	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre
Verticalité de la tête	Neutre	Flexion	Neutre	Neutre
Verticalité du cou	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre
Verticalité des épaules	Basses	Plus Relevées	Basses	Basses

2. Posture en voix parlée

	BB4	BB3	BB2	BB1
Etat de tensions général	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre
Ancrage au sol	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre
Verticalité de la tête	Projection avant	Neutre	Neutre	Neutre
Verticalité du cou	Neutre	Projection	Neutre	Flexion
Verticalité des épaules	Basses	Relevées	Basses	Basses

3. Posture en voix chantée

	BB4	BB3	BB2	BB1
Etat de tensions général	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre
Ancrage au sol	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre
Verticalité de la tête	Projection avant	Neutre	Neutre	Entre neutre et projeté postérieur
Verticalité du cou	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre
Verticalité des épaules	Basses	Relevées	Basses	Basses

4. Posture en voix projetée (BB4)

	BB4
Etat de tensions général	Neutre
Ancrage au sol	Neutre
Verticalité de la tête	Projection avant
Verticalité du cou	Neutre
Verticalité des épaules	Basses

5. Dans la voix criée

	BB4	BB3	BB2	BB1
Etat de tensions général	Neutre	Neutre	Neutre	Excès
Ancrage au sol	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre
Verticalité de la tête	Projection avant	Projection avant	Projection avant	Flexion arrière
Verticalité du cou	Neutre	Projection	Neutre	Flexion
Verticalité des épaules	Basses	Plus Relevées	Basses	Décalage postérieur

6. Dans le beatbox

	BB4	BB3	BB2	BB1
Etat de tensions général	Neutre	Neutre	Excès	Excès
Ancrage au sol	Balancement	Balancement	Balancement	Balancement
Verticalité de la tête	Projection avant	Projection avant	Projection avant	Projection avant
Verticalité du cou	Neutre	Extension	Neutre	Extension
Verticalité des épaules	Basses	Relevées	Basses	Basses

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1 VALEURS MOYENNES DE RQ OBTENUES PAR SAWASHIMA ET AL. (1988) EN COMPARAISON AVEC LES DONNEES MOYENNES DE PILLOT (2004) MESUREES A INTENSITE EGALE (D'APRES PILLOT, 2004)	17
FIGURE 2 DISPOSITIF EVA 2 ET EGG, AU COURS DE LA MANIPULATION	32
FIGURE 3 EXEMPLE DE TRAINS DE SYLLABE /PÆ, PÆ, PÆ/ EN VOIX PARLEE ANALYSES AVEC LE LOGICIEL PHONEDIT. 38	
FIGURE 4 SYNTHÈSE DES REPONSES OBTENUES POUR LA QUESTION N°10	41
FIGURE 5 SYNTHÈSE DES REPONSES OBTENUES POUR LA QUESTION A CHOIX MULTIPLES N°14. LES VALEURS SONT EXPRIMEES EN POURCENTAGES PAR RAPPORT A LA TOTALITE DE LA POPULATION.	42
FIGURES 6 ET 7 SYNTHÈSE DES REPONSES OBTENUES POUR LES QUESTIONS N°32 ET 25.....	43
FIGURE 8 SYNTHÈSE DES REPONSES OBTENUES A LA QUESTION N°26	43
FIGURE 9 SONS TRAVAILLES PAR LES 7 SUJETS EVOQUANT DES MAUX DE GORGE	44
FIGURE 10 SONS TRAVAILLES PAR LES 5 SUJETS EVOQUANT UN ASSECHEMENT	44
FIGURE 11 SONS TRAVAILLES PAR LES 3 SUJETS EVOQUANT UN ESSOUFFLEMENT	45
FIGURE 12 SONS TRAVAILLES PAR LES 7 SUJETS EVOQUANT DES PROBLEMES DE VOIX	45
FIGURE 13 SONS TRAVAILLES PAR LES 9 SUJETS EVOQUANT D'AUTRES TYPES DE GENE.....	46
FIGURES 14 ET 15 EXEMPLES DE POSTURE AU REPOS ET DANS LA PAROLE.....	47
FIGURE 16 ET FIGURE 17 EXEMPLES DE POSTURE DANS LE CHANT ET LE CRI	47
FIGURE 18 EXEMPLE DE POSTURE DANS LE BEATBOX	48
FIGURE 19 VARIATION DES PARAMETRES D'INTENSITE ET DE DEBIT ORAL DANS CHAQUE MODE DE PRODUCTION DE LA VOIX	48
FIGURE 20 EXTRAITS DU SIGNAL ACOUSTIQUE ET DE L'ONDE DE DEBIT ORAL POUR L'OCCLUSIVE /P/ DANS LES SYLLABES DANS LES DIFFERENTES MODALITES DE VOIX.....	49
FIGURE 21 REPARTITION SPECTRALE DE L'ENERGIE EN FONCTION DU TEMPS POUR LA PLOSIVE /P/, DANS LES DIFFERENTS MODES DE PRODUCTION DE LA VOIX.....	50
FIGURE 22 REPARTITION SPECTRALE DE L'ENERGIE EN FONCTION DU TEMPS POUR LA PLOSIVE /T/, DANS LES DIFFERENTS MODES DE PRODUCTION DE LA VOIX.....	51
FIGURE 23 REPARTITION SPECTRALE DE L'ENERGIE EN FONCTION DU TEMPS POUR LA PLOSIVE /K/, DANS LES DIFFERENTS MODES DE PRODUCTION DE LA VOIX.....	51
FIGURE 24 ÉVOLUTION DU RENDEMENT VOCAL RQ EN FONCTION DE L'INTENSITE I CHEZ TOUS LES SUJETS	52
FIGURE 25 ÉVOLUTION DU RENDEMENT VOCAL RQ EN FONCTION DU DEBIT Q CHEZ TOUS LES SUJETS	52

TABLEAU 1 SYNTHÈSE DES DONNEES DE LA LITTÉRATURE.	21
TABLEAU 2 PRÉSENTATION DE L'ÉCHANTILLON DE POPULATION.	29
TABLEAU 3 VALEURS DE DEBIT MOYEN EN ML/S : MOYENNE (ECART-TYPE).....	49
TABLEAU 4 VALEURS DE L'INTENSITE MOYENNE EN DB : MOYENNE (ECART-TYPE)	49
TABLEAU 5 PS ESTIMEE MOYENNE PAR MODE DE PHONATION POUR BB1 DANS LES SYLLABES	49
TABLEAU 6 VALEURS MOYENNES (ECART-TYPES) DE RQ (EN DB) POUR CHAQUE CHANTEUR ET CHAQUE MODALITE ..	51

TABLE DES MATIERES

ORGANIGRAMMES	2
1. <i>Université Claude Bernard Lyon I</i>	2
1.1 Secteur Santé :.....	2
1.2 Secteur Sciences et Technologies :.....	2
2. <i>Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION ORTHOPHONIE</i>	3
REMERCIEMENTS	4
SOMMAIRE	5
INTRODUCTION	7
PARTIE THEORIQUE	8
I. LA PRATIQUE DU HUMAN BEATBOX.....	9
1. <i>Origines et histoire</i> :.....	9
2. <i>Sons et techniques</i> :.....	10
3. <i>Une technique à risque ?</i>	11
II. DE L'EFFORT AU FORÇAGE VOCAL.....	12
1. <i>L'effort vocal</i>	12
2. <i>Le forçage vocal</i>	13
3. <i>Méthodes de prévention</i>	14
3.1. Repos vocal.....	14
3.2. Hydratation.....	15
3.3. Prévention et traitement du reflux gastro-œsophagien.....	15
3.4. Gestion du stress.....	15
3.5. Posture.....	15
4. <i>Efficacité vocale</i>	16
III. LES USAGES DE LA VOIX.....	17
1. <i>L'efficacité vocale dans les différents usages de la voix</i>	17
1.1. Les différents modes de production de la voix.....	18
1.2. Description phonétique des sons du français.....	19
1.3. L'accord pneumo-phonon-résonantiel.....	19
2. <i>Gestion des paramètres acoustiques dans les différents modes d'utilisation de la voix</i>	20
2.1. Variation de la fréquence fondamentale.....	20
2.2. Variation de l'intensité.....	21
3. <i>Gestion des paramètres aérodynamiques dans les différents modes d'utilisation de la voix</i>	21
3.1. Variation du débit d'air oral.....	21
3.2. Variation de la pression sous-glottique.....	21
3.3. Variation de l'utilisation des capacités respiratoires.....	22
4. <i>L'influence de l'effort vocal sur les syllabes</i>	23
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES	24
I. PROBLEMATIQUE :.....	25
II. HYPOTHESES.....	25
1. <i>Hypothèse générale</i>	25
2. <i>Hypothèses opérationnelles</i>	26
PARTIE EXPERIMENTALE	27
I. POPULATION.....	28
1. <i>Enquête sur une population de Beatboxers</i>	28
2. <i>Mesures en laboratoire</i>	28
2.1. BB1.....	29
2.2. BB2.....	29
2.3. BB3.....	30
2.4. BB4.....	30
II. METHODES ET MESURES.....	31
1. <i>Etude acoustique et aérodynamique</i>	31
1.1. Débit d'air oral.....	32
1.2. Débit d'air nasal.....	32
1.3. Pression intra-orale.....	32

1.4.	Intensité vocale.....	33
1.5.	Electroglottographie (EGG).....	33
1.6.	Etude des mouvements respiratoires.....	33
2.	<i>Analyse de la posture</i>	33
III.	PROTOCOLE.....	34
1.	<i>Installation du sujet</i>	34
2.	<i>Consignes</i>	34
2.1.	Analyses acoustiques et aérodynamiques.....	34
2.2.	Analyse de la posture.....	35
IV.	ANALYSE DES DONNEES.....	35
1.	<i>Analyse du questionnaire</i>	35
1.1.	Questions à choix multiples.....	36
1.2.	Questions à réponses libres.....	36
1.3.	Synthèse de l'analyse.....	36
2.	<i>Analyse des signaux obtenus</i>	36
2.1.	Choix des productions analysées.....	36
2.1.1.	Syllabes.....	36
2.1.2.	Phrases.....	37
2.2.	Procédures d'analyse.....	37
2.2.1.	Procédure pour l'analyse acoustique et aérodynamique.....	37
2.3.	Calcul des données dérivées.....	38
2.3.1.	P_s à partir de P_{i0}	38
2.3.2.	F_0 à partir de EGG.....	38
2.3.3.	Rendement vocal dans le débit R_q	39
2.4.	Comparaison des données.....	39
3.	<i>Analyse vidéo</i>	39
	PRESENTATION DES RESULTATS.....	40
I.	RESULTATS DU QUESTIONNAIRE.....	41
1.	<i>Population</i>	41
2.	<i>Sons</i>	42
3.	<i>Troubles de la voix</i>	43
II.	ANALYSE DE LA POSTURE.....	46
1.	<i>Posture au repos</i>	46
2.	<i>Posture dans les modalités parlée, chantée, criée, projetée</i>	46
3.	<i>Posture dans le beatbox</i>	47
III.	ANALYSES ACOUSTIQUE ET AERODYNAMIQUE.....	48
1.	<i>Débit oral et intensité vocale dans le beatbox</i>	48
2.	<i>Pression sous-glottique dans le beatbox</i>	49
3.	<i>Dynamique de la plosion</i>	50
4.	<i>Répartition spectrale de l'énergie dans le Beatbox</i>	50
5.	<i>Rendement vocal dans les différents modes de production de la voix</i>	51
5.1.	Calcul du rendement vocal R_q	51
5.2.	Variation du rendement vocal en fonction de l'intensité.....	52
5.3.	Variation du débit en fonction du rendement vocal.....	52
	DISCUSSION DES RESULTATS.....	53
I.	LE BEATBOX ET LES HABITUDES VOCALES DES BEATBOXERS.....	54
1.	<i>Le beatbox, une pratique intensive</i>	54
2.	<i>L'utilisation de techniques de prévention</i>	54
3.	<i>Les troubles de la voix chez les beatboxers</i>	55
3.1.	Validation de nos hypothèses Ho2 et Ho3.....	55
3.2.	Analyse des types de gêne.....	56
4.	<i>La posture dans le Human Beatbox</i>	57
II.	LA MAITRISE DES PARAMETRES ACOUSTIQUES ET AERODYNAMIQUES.....	57
1.	<i>Forme du signal dans la production des occlusives sourdes</i>	57
2.	<i>Débit</i>	57
2.1.1.	Comparaison avec les données de la littérature.....	57
2.1.2.	Validation de notre hypothèse Ho8.....	58
3.	<i>Intensité</i>	58
3.1.1.	Comparaison avec les données de la littérature.....	58
3.1.2.	Validation de notre hypothèse Ho9.....	58
4.	<i>Pression sous-glottique estimée</i>	59

4.1. Comparaison avec les données de la littérature	59
4.2. Validation de notre hypothèse Ho7	59
5. Répartition spectrale de l'énergie	59
III. L'EFFICACITE VOCALE DANS LE HUMAN BEATBOX	60
1. Validation de nos hypothèses Ho6 et Ho11	60
2. Validation de notre hypothèse Ho5.	61
3. Conclusion sur l'efficacité vocale dans le beatbox	62
4. Conclusion sur l'analyse des résultats	62
IV. APPORTS DE LA PRESENTE ETUDE	63
1. Apport pour l'orthophonie.....	63
2. Apport pour la recherche.....	64
V. LIMITES DE L'ETUDE	65
1. Les outils utilisés.....	65
2. La population.....	65
3. Le protocole.....	65
VI. PERSPECTIVES :	66
CONCLUSION.....	67
BIBLIOGRAPHIE	69
ANNEXES.....	73
ANNEXE I : QUESTIONNAIRE SUR LA PRATIQUE VOCALE DES CHANTEURS DE BEATBOX	74
ANNEXE II : GRILLE S-TRAV	79
1. Grille S-TRAV vocale	79
2. grille S-TRAV au repos.....	80
ANNEXE III : PHRASES DU PROTOCOLE	81
ANNEXE IV : STATISTIQUES DESCRIPTIVES	83
ANNEXE V : TABLEAUX RECAPITULATIFS DES POSTURES DANS LES DIFFERENTES MODALITES	88
1. Posture au repos	88
2. Posture en voix parlée	88
3. Posture en voix chantée	88
4. Posture en voix projetée (BB4).....	89
5. Dans la voix criée	89
6. Dans le beatbox	89
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	90
TABLE DES MATIERES	91

Vanessa Bourdin et Alexia Navion

MESURE DE L'EFFICACITE VOCALE AU SEIN D'UNE POPULATION DE CHANTEURS DE HUMAN BEATBOX :

Analyse acoustique, aérodynamique et observations comportementales

94 Pages

Tome 1 : 94 Pages

Mémoire d'orthophonie -UCBL-ISTR- Lyon 2013

RESUME

Le Human Beatbox est un art vocal apparu dans les années 1980 qui consiste à produire une multitude de sons et de rythmes avec la bouche grâce à la mise en jeu des articulateurs et des cavités de résonance du conduit vocal. Cela amène donc le « beatboxer » (chanteur de Human Beatbox) à développer une utilisation précise de son appareil phonatoire, malgré des comportements vocaux à risques causés par sa pratique intensive. Dans cette étude, nous avons mesuré les variations de pression intra-orale, débit oral et nasal, intensité et fréquence fondamentale, répartition de l'énergie, rendement vocal et posture chez quatre beatboxers, à l'aide de la station d'évaluation vocale EVA2. Chacune des mesures a été réalisée en voix parlée, chantée, criée, projetée et beatboxée, à partir d'un corpus riche en consonnes occlusives. Nous observons que la posture utilisée ainsi que les valeurs de débit et d'intensité mesurées dans le Human Beatbox se rapprochent de celles de la voix criée. Or, grâce à une comparaison des mesures de rendement vocal dans les différents modes de production de la voix, nous constatons une efficacité vocale dans le beatbox supérieure aux autres modalités vocales. De plus, une analyse qualitative nous a permis de constater que les beatboxers mettent en place des stratégies vocales (hygiène vocale, préparation, choix des sons) leur permettant de ne pas souffrir de troubles de la voix chroniques. Le travail des occlusives d'après la technique mise en œuvre par les beatboxers pourrait donc être un support de rééducation orthophonique pour les patients dysphoniques de type cordectomie et paralysie récurrentielle, dans le but d'augmenter leur efficacité vocale et de favoriser la fermeture glottique.

MOTS-CLES

Efficacité vocale – Forçage vocal – Human Beatbox – Rythme – Consonnes occlusives

MEMBRES DU JURY

Jérôme Gauthier

Claire Gentil

Isabelle Landreau

MAITRE DE MEMOIRE

Nathalie Henrich

DATE DE SOUTENANCE

27 juin 2013
