

**Application de la méthode « 3 notes et 8 étapes » de
Perrière et Révis (2019) pour féminiser la voix des femmes
transgenres : étude de quatre cas uniques**

Clémence JOUSSE

000441882

Mémoire réalisé sous la direction de
Professeure Angélique REMACLE et de
Madame Caroline DEOM en vue de
l'obtention du grade de Master en
Logopédie

Année académique 2022-2023



Remerciements

Ce mémoire est le fruit de deux ans de travail. Il n'aurait pas pu aboutir sans la collaboration de plusieurs personnes que je tiens à remercier en préambule.

En premier lieu, je souhaite remercier Angélique Remacle et Caroline Déom. Je les remercie d'avoir accepté de superviser ce travail et de m'avoir ainsi donné la chance de clôturer mes études sur un sujet qui me tient à cœur depuis plusieurs années. Je les remercie aussi grandement pour l'accompagnement bienveillant et rigoureux qui a été le leur à toutes les étapes de ce travail, ainsi que pour leurs encouragements qui ont inspiré ma motivation.

Je souhaite également remercier Stéphanie Perrière et Joana Révis qui ont partagé avec générosité leur expérience clinique et leur savoir-faire pour me guider dans ma démarche. Le temps qu'elles ont consacré à nos échanges a été très précieux dans l'avancement de ce travail.

J'adresse une reconnaissance particulière à Clémence Porte qui m'a ouvert les portes de son cabinet de toutes les manières qu'il était possible de le faire. De maître de stage à intervenante dans ce travail de fin d'étude, elle m'a transmis sa passion pour le domaine de la féminisation vocale et sa pratique clinique représente pour moi un exemple à suivre.

Je remercie aussi grandement l'association Genres Pluriels pour leur soutien et leurs conseils. Leur expertise m'a guidée dans une meilleure compréhension des questions transidentitaires et dans, je l'espère, un travail aussi respectueux que possible des personnes transgenres. Je remercie en particulier Aurore Dufrasne et Maxence Paquot pour leurs précieuses relectures.

Je souhaite remercier chaleureusement les quatre participantes qui ont accepté de se lancer dans l'aventure. Ce mémoire n'aurait pas pu se concrétiser sans leur investissement.

Merci à mes ami.e.s pour leur soutien et leurs encouragements depuis toutes ces années. Merci notamment à Catherine qui m'a sensibilisée aux transidentités en me partageant son vécu.

Merci à Alex. Je ne compte plus les fois où tu m'as rassurée, épaulée, écoutée. Le chemin aurait été plus difficile sans toi.

Enfin, et surtout, merci à ma famille et plus particulièrement à mes parents. Merci pour toutes les petites choses, les gestes d'amour simples qui m'ont donné beaucoup de courage.

Liste des figures

Figure 1. Pyramide de preuve (Définir le meilleur type d'étude, 2011).....	21
Figure 2. Dispositif d'enregistrement incluant un tuteur en bois de 10 cm.....	31
Figure 3. Représentation dans le logiciel Praat (Boersma & Weenink, 2023) de la voyelle /a/ du logatome <i>papo</i> produit par P1 au cours de la semaine 4 d'intervention (jour 29).....	33
Figure 4. Ligne du temps synthétisant le protocole expérimental selon un design de type AB	35
Figure 5. Évolution de la f_0 médiane de P1 au cours du temps	37
Figure 6. Évolution de la f_0 médiane de P2 au cours du temps.....	38
Figure 7. Évolution de la f_0 médiane de P3 au cours du temps	38
Figure 8. Évolution de la f_0 médiane de P4 au cours du temps	39
Figure 9. Évolution de F2 /i/ moyenne de P1 au cours du temps	40
Figure 10. Évolution de F2 /i/ moyenne de P3 au cours du temps	40
Figure 11. Évolution de F1 /a/ moyenne de P1 au cours du temps.....	41
Figure 12. Évolution de F1 /a/ moyenne de P3 au cours du temps	42
Figure 13. Évolution de F1 /a/ moyenne de P4 au cours du temps	42

Liste des tableaux

Tableau 1. Détail des étapes du protocole et de leurs objectifs selon Perrière et Révis (2019).....	25
Tableau 2. Informations démographiques complétées par les participantes	27
Tableau 3. Scores globaux des participantes au TWVQ en pré et post intervention.....	44
Tableau 4. Notes des participantes attribuées à l'évaluation subjective de la méthode	44

Table des matières

Résumé.....	5
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	6
I- PARTIE THÉORIQUE.....	7
1. Contextualisation.....	7
1.1. Les personnes transgenres	7
1.2. Trouver sa voix : une étape importante dans la transition	8
2. Les marqueurs du genre dans la voix	9
2.1. Les principaux paramètres acoustiques mis en exergue dans la littérature	9
2.1.1. La fréquence fondamentale	9
2.1.2. Les fréquences de résonance	12
2.2. Les autres paramètres acoustiques relevés dans la littérature.....	15
2.2.1. Les contrastes intonatifs	15
2.2.2. Le souffle.....	16
2.2.3. L'intensité.....	17
2.2.4. Le débit de parole.....	17
2.2.5. La précision articulatoire	18
2.2.6. La durée des voyelles	19
3. Le suivi logopédique d'une féminisation vocale.....	19
3.1. Évaluation vocale	19
3.1.1. Évaluation objective	19
3.1.2. Évaluation subjective.....	20
3.2. Prise en soin logopédique.....	20
3.2.1. Pyramide de preuve	21
3.2.2. Protocoles d'intervention ayant fait l'objet d'études	22
3.2.3. « Féminiser sa voix en 3 notes et 8 étapes » (Perrière & Révis, 2019) : une méthode non testée scientifiquement à ce jour	23
II- PARTIE EXPÉRIMENTALE	26
1. Problématique et hypothèses.....	26
1.1. Question de recherche.....	26
1.2. Hypothèses de recherche	26
2. Méthode	26
2.1. Participantes	27
2.2. Design expérimental	28
2.3. Intervention	29
2.3.1. Type d'intervention logopédique.....	29

2.3.2. Mise en place concrète.....	30
2.4. Évaluation.....	30
2.4.1. Enregistrement	30
2.4.2. Analyses acoustiques	32
2.4.3. Questionnaires.....	34
2.5. Méthodes d'analyse des données	35
3. Résultats.....	37
3.1. La fréquence fondamentale.....	37
3.2. Les fréquences de résonance.....	39
3.2.1. Voyelles /i/	39
3.2.2. Voyelle /a/.....	41
3.2.3. Voyelle /u/	43
3.3. Étendue fréquentielle	43
3.4. Questionnaires.....	44
4. Discussion	45
4.1. Discussion relative à la méthode.....	45
4.1.1. Apport d'un design SCED avec analyse statistique inférentielle.....	45
4.1.2. Intérêt de la représentation visuelle dans un design SCED	45
4.1.3. Mise en évidence des différences inter-individuelles dans un design SCED	46
4.1.4. Fidélité d'application de l'intervention	47
4.1.5. Tâche d'enregistrements quotidiens.....	48
4.2. Interprétation des résultats	49
4.2.1. La fréquence fondamentale	49
4.2.2. Les fréquences de résonance	50
4.2.3. L'étendue fréquentielle.....	52
4.2.4. Retour subjectif des participantes.....	53
4.3. Limites et perspectives	53
CONCLUSIONS GÉNÉRALES	54
Bibliographie	55
ANNEXES	64
Annexe 1. Protocole clinique appliqué pendant les huit séances d'intervention.....	64
Annexe 2. Exemple de documents envoyés aux participantes	74
Annexe 3. Questionnaire d'informations démographiques.....	78
Annexe 4. TWVQ	79
Annexe 5. Questionnaire d'évaluation subjective de la méthode	80
Annexe 6. Tableau reprenant toutes les valeurs Tau des FR et de l'étendue fréquentielle.....	81
Annexe 7. Graphiques supplémentaires.....	82

Résumé

Le présent mémoire a pour but de tester l'efficacité de la méthode « Féminiser sa voix en 3 notes et 8 étapes » (Perrière & Révis, 2019) sur la voix des femmes transgenres à travers une étude de cas unique. Pour ce faire, quatre femmes transgenres ont suivi le protocole d'intervention durant huit semaines au rythme d'une séance logopédique hebdomadaire. Les participantes ont enregistré leur voix quotidiennement avec leur smartphone durant les phases de ligne de base et d'intervention. Les résultats montrent que par rapport à la ligne de base, la phase d'intervention permet d'augmenter significativement la fréquence fondamentale de l'ensemble des participantes, ainsi que les formants F2 /i/ des participantes 1 et 3, et F1 /a/ des participantes 1, 3 et 4. Les formants de /u/ et l'étendue fréquentielle n'ont pas augmenté de façon significative. L'évaluation subjective de la méthode complétée en post intervention est dans l'ensemble positive. Les scores du Trans Woman Voice Questionnaire indiquent une augmentation du bien-être vocal pour l'ensemble des participantes à la suite de la phase d'intervention. Les données subjectives et objectives suggèrent qu'une phase d'intervention plus longue serait pertinente à mettre en place pour permettre aux participantes d'évoluer vocalement davantage. Cette étude contribue aux recherches portant sur les méthodes de féminisation vocale. Elle répond au manque constaté d'études évaluant, avec un niveau de preuve élevé, l'efficacité des protocoles de féminisation vocale existants.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Ces dernières années ont vu s'accroître la visibilité des personnes transgenres dans l'espace public. Jadis invisibles, les questions de genre et d'identité font maintenant partie des sujets de société actuels. Selon Dufrasne (2023), cette mise en lumière est cependant à double tranchant. « En l'espace de dix ans, les transidentités ont acquis une notoriété discutable dans les médias, car cette visibilisation express à la suite d'un historique global pour ne pas dire total d'invisibilité, comporte son lot de mésinformations et de fausses impressions » (Dufrasne, 2023, p.79). Des campagnes d'informations aux transidentités sont donc menées par plusieurs associations, comme Genres Pluriels en Belgique, afin de sensibiliser le plus grand nombre.

La communauté scientifique n'est pas imperméable aux sujets sociétaux. En outre, les questions transidentitaires suscitent un réel intérêt dans le monde de la recherche depuis une dizaine d'années. Parmi les champs investigués, nous retrouvons le domaine de la transition vocale. Ce domaine concerne les logopèdes de près, notamment car « Depuis quelques années, les demandes de féminisation vocale auprès des logopèdes spécialisé(e)s en voix augmentent, et ce, particulièrement de la part des femmes transgenres. » (Jaber & Morsomme, 2021, p.15). Les logopèdes sont également concerné.e.s par les demandes en masculinisation vocale.

Le but du présent mémoire est de contribuer à la recherche menée dans le domaine de la féminisation vocale, domaine encore jeune et pleinement d'actualité. Nous présenterons dans un premier temps une revue de la littérature à travers laquelle nous explorerons la place importante de la voix dans la construction identitaire d'une personne. Nous mettrons ensuite en évidence les principaux marqueurs du genre dans la voix avant de présenter les protocoles de féminisation vocale existants pour guider les logopèdes dans leur prise en soin.

Peu de protocoles cliniques ont fait l'objet d'études testant leur efficacité à travers des analyses statistiques inférentielles. En outre, la méthode « Féminiser sa voix en 3 notes et 8 étapes » de Perrière et Révis (2019) est détaillée dans un ouvrage mais son efficacité n'a pas fait à ce jour l'objet d'une étude scientifique. Ce constat nous amène à investiguer les effets de son intervention via l'étude de cas uniques de quatre femmes transgenres.

Nous explorerons l'efficacité de cette méthode à travers les paramètres vocaux de fréquence fondamentale, fréquences de résonance et d'étendue fréquentielle. Nous présenterons la méthode adoptée pour ce faire, puis nous exposerons les résultats qui seront discutés en fin de travail.

I- PARTIE THÉORIQUE

1. Contextualisation

1.1. Les personnes transgenres

Le concept des genres est né dans les années 1950 et a fait l'objet de nombreuses études et réflexions, notamment quant à son lien présumé avec le sexe biologique (Arnold, 2015a). Depuis une trentaine d'année, des auteur.rice.s comme Butler (1990, cité par Arnold, 2015a) ou Fausto-Sterling (1993, cité par Arnold, 2015a) ont conceptualisé les genres davantage comme le reflet de constructions sociales et culturelles que comme la conséquence d'un déterminisme biologique (genres homme et femme déterminés par les sexes mâle et femelle). Ces conceptualisations des sexes et des genres sont importantes à comprendre pour cerner la thématique transidentitaire qui est au cœur de ce travail. L'évolution dans la manière de percevoir les personnes transgenres a en effet été intrinsèquement liée à la manière de définir le concept des genres. Une définition actuelle pourrait être celle de Menezes et al. (2022) désignant les personnes transgenres¹ comme des individus dont l'identité de genre n'est pas en adéquation avec le genre (femme ou homme) qui leur a été assigné à la naissance en fonction de leur sexe biologique.

A l'égard de la pensée initiale considérant les genres homme/femme comme conséquences naturelles des sexes mâle/femelle, les personnes transgenres ont dans un premier temps été perçues comme des personnes malades, dont l'inadéquation entre leur identité de genre et leur sexe biologique relevait d'un trouble mental de l'identité (Morsomme & Remacle, 2016). L'évolution des concepts des genres et des sexes ont par la suite amené à l'évolution des mentalités quant à la perception des transidentités. La dernière version de la classification internationale des maladies et des problèmes de santé connexes (Organisation Mondiale de la Santé, 2022) remplace notamment le terme de «transsexualisme» par «incongruence de genre». Elle supprime aussi sa classification dans les «troubles mentaux et du comportement» pour la placer dans «les conditions liées à la santé sexuelle». Ces modifications témoignent d'une volonté de dépsychiatriser les transidentités (Morsomme & Remacle, 2016), bien que

¹ Les personnes cisgenres désignent des individus dont l'identité de genre est en adéquation avec le genre (femme ou homme) qui leur a été assigné à la naissance en fonction de leur sexe biologique.

l'existence même d'un diagnostic soit pathologisante. Selon Dufrasne (2022), psychologue à l'association Genres Pluriels (2023), la psychiatrisation est néfaste pour les personnes transgenres. Elle les oblige à se justifier sur leur identité afin d'obtenir un diagnostic, qui leur donnera *in fine* accès à un soin de santé trans-spécifique (Dufrasne, communication personnelle, 17 mars 2023). Ce processus est discriminatoire en regard de la loi et les personnes transgenres n'ont dans ces situations pas la liberté de disposer de leur corps (Dufrasne, communication personnelle, 17 mars 2023).

1.2. Trouver sa voix : une étape importante dans la transition

Les personnes transgenres peuvent faire appel à différents services afin d'accompagner leur transition vers le genre ressenti : un suivi psychologique, la prise d'hormones dites «sexuelles» (Arnold, 2015a), la chirurgie, ou encore la reconnaissance administrative de leur nouvelle identité. Un autre paramètre identitaire peut apparaître très important dans le processus de transition : la voix (Gelfer & Schofield, 2000).

Podesva et Callier (2015) montrent en effet que la voix est un élément essentiel dans la construction de l'identité d'une personne. Les auteurs développent notamment l'idée selon laquelle la voix donne de nombreux indices quant à différentes caractéristiques internes. L'état psychologique peut par exemple se révéler à travers la voix, notamment quand cette dernière est rendue instable à cause du stress (Kreiman, Vanlancker-Sidtis, & Gerratt, 2005, cité par Podesva & Callier, 2015). Des éléments internes plus installés comme la personnalité peuvent également être attribués à certains types de voix. Par exemple, dans la culture populaire, la voix est un moyen de communiquer le caractère bon ou mauvais d'un personnage. Teshigawara (2003, cité par Podesva & Callier, 2015) a notamment montré dans sa thèse que les personnages mauvais des animations japonaises ont une voix rauque alors que les héros ont une voix plus claire et parfois soufflée. Arnold (2015a, p.60) fait le même constat pour le monde de l'opéra en expliquant que « les rôles sont toujours composés pour un type spécifique de voix de femme - sopranos, mezzo-sopranos, contraltos - ou de voix d'homme - contre-ténors, ténors, barytons, basse - parce que les différentes tessitures évoquent des traits de caractère différents ».

La voix est ainsi un élément identitaire très important. Elle fait partie intégrante du soi, et est un moyen à part entière d'expression et de communication de son identité. Simpson (2009) explique que lorsque nous entendons une voix, nous ne faisons pas qu'analyser le message qu'elle transmet. Nous nous employons aussi à cerner cette voix, et avec elle, la personne à

laquelle elle appartient (Simpson, 2009). Nous estimons notamment son âge, son origine culturelle et son genre (Simpson, 2009). Aussi, certaines personnes transgenres connaissent une dysphorie vocale, c'est-à-dire un sentiment de détresse face à l'inadéquation entre le genre transmis par leur voix et le genre auquel elles se sentent appartenir (Novais Valente Junior & Mesquita De Medeiros, 2020 ; Nuyen et al., 2021). Une étude récente a notamment montré que la voix constituait le principal obstacle chez les femmes transgenres désirant pratiquer un sport (Stewart, Oates & O'Halloran, 2020). Ces dernières craignent de ne pas être identifiées en tant que femmes dans l'environnement très genré du monde sportif à cause de l'inadéquation entre leur physique féminin et leur voix masculine.

Jaber et Morsomme (2021, p. 19) insistent donc sur le fait que l'accompagnement des personnes transgenres dans leur quête d'identité vocale « répond à un besoin vital et un droit essentiel pour chacune de ces personnes de se sentir à l'aise dans sa communication orale ». L'accompagnement logopédique peut être proposé pour aider les personnes transgenres à trouver leur voix (Carew, Dacakis & Oates, 2007), nécessitant de la part du/de la thérapeute une connaissance des différents marqueurs du genre dans la voix.

2. Les marqueurs du genre dans la voix

2.1. Les principaux paramètres acoustiques mis en exergue dans la littérature

2.1.1. La fréquence fondamentale

Au niveau perceptif, la fréquence fondamentale (f_0) détermine si une voix est perçue comme aiguë ou grave (Arnold, 2015a). Elle est le corrélat acoustique de la hauteur : « plus la fréquence fondamentale est basse, plus le son est perçu comme grave ; plus la fréquence fondamentale est élevée, plus le son est perçu comme aigu » (Arnold, 2015a, p.74). La littérature dans le domaine de la phonétique présente souvent la f_0 comme le paramètre acoustique principal permettant de différencier les voix masculines, plutôt graves, des voix féminines, plutôt aiguës (Arnold, 2015a ; Gelfer & Mikos, 2005 ; Leung, Oates & Chan, 2018 ; Owen & Hancock, 2010 ; Wolfe et al., 1990).

La f_0 est le plus souvent exprimée en Hertz², correspondant au nombre de vibrations des plis vocaux par seconde. Plus ce nombre est grand, plus la f_0 est élevée (Arnold, 2015a). Cette fréquence vibratoire est « inversement proportionnelle à la masse vibrante des plis vocaux » (Arnold, 2012, p.5). Plus ces derniers sont épais et longs, plus la f_0 associée est basse (Arnold, 2015a). C'est sous l'effet de la testostérone que les plis vocaux deviennent massifs. Ainsi, lors de la mue, la voix des garçons pubères et des hommes transgenres sous hormonothérapie s'aggrave (Arnold, 2015a). Ceci explique pourquoi il n'y a pas de différences significatives entre les f_0 des filles et des garçons prépubères (Simpson, 2009).

Si la hauteur des voix des femmes est communément connue pour être plus élevée que celle des hommes (Arnold, 2015a), les valeurs précises des f_0 diffèrent selon plusieurs facteurs comme l'âge de la personne ou sa langue (Davies, Papp & Antoni, 2015 ; Traunmüller & Eriksson, 1995). Partons des valeurs prototypiques des f_0 proposées par Traunmüller et Eriksson (1995) qui sont en moyenne de 220 Hz pour les femmes et 120 Hz pour les hommes. Ces valeurs sont modulées par Gelfer et Tice (2013) qui indiquent qu'entre 20 et 69 ans, les femmes ont une f_0 moyenne comprise entre 189 et 224 Hz et les hommes une f_0 moyenne comprise entre 107 et 132 Hz. Après 65 ans, les normes féminines tendent à légèrement diminuer contrairement aux normes masculines qui tendent à légèrement augmenter (Traunmüller & Eriksson, 1995).

Traunmüller et Eriksson (1995) abordent également un autre facteur exerçant une influence importante sur la f_0 , il s'agit du cadre linguistique des locuteur.rice.s. Traunmüller et Eriksson (1995) ont conduit une méta-analyse à travers laquelle les résultats de 10 travaux ont permis de comparer les f_0 féminines et masculines de 6 communautés linguistiques. Les valeurs répertoriées montrent qu'il existe d'importantes variations de f_0 des femmes entre elles et des hommes entre eux. Par exemple, Arnold (2015a) calcule que la f_0 des locutrices allemandes est 1,3 fois plus élevée que celle des locutrices anglaises et que la f_0 des locuteurs anglais est 1,68 fois plus basse que celle des locuteurs du dialecte chinois wú. De grandes variations existent également dans les différences de f_0 hommes/femmes selon les langues (Arnold, 2015a). Selon Simpson (2009, cité par Arnold, 2015a), de telles différences linguistiques intra-genre et inter-genres ne peuvent pas s'expliquer par des différences anatomiques mais relèveraient davantage

² L'échelle de hauteur en Hertz étant une échelle linéaire qui ne permet pas de retranscrire la perception logarithmique du son par l'oreille humaine, l'échelle des demi-tons (ST) est parfois mise en avant. Cette échelle permet une meilleure représentation de la perception du son et un meilleur support de comparaison des voix féminines et masculines sur le plan perceptif (Bardieux & Mertens, 2014 ; Simpson, 2009).

d'un comportement appris. La f_0 n'est donc pas prisonnière de l'anatomie des plis vocaux et peut « performer » un certain genre par construction culturelle (Arnold, 2015a). Pour les femmes transgenres, cela signifie qu'une augmentation de la hauteur vocale est possible malgré des plis vocaux épaissis en pré-transition lors de leur puberté³.

Les chercheur.euse.s se sont également demandé si des valeurs seuils de f_0 pouvaient être déterminées ; valeurs seuils à partir desquelles une voix serait systématiquement perçue comme féminine ou masculine. Arnold (2015b) met en évidence qu'une fréquence de 140 Hz constitue un palier en deçà duquel une voix tend à être perçue comme masculine. En revanche, il n'existe pas de consensus dans la littérature quant à une valeur seuil de f_0 au-delà de laquelle une voix serait toujours perçue comme féminine (Davies et al., 2015). Certaines femmes transgenres avec une f_0 moyenne de 170 Hz (Arnold, 2015a) ou supérieure (Mount & Salmon, 1988) sont en effet perçues comme des hommes par des auditeur.ices naïf.ves malgré le fait que 170 Hz soit située dans les normes féminines. De la même façon, Van Borsel, De Pot et De Cuypere (2009) constatent qu'il n'y a pas de corrélation significative entre le niveau de masculinité des hommes transgenres et leur f_0 (Arnold, 2015a). Les chercheur.euse.s pensent ainsi qu'une hauteur vocale élevée chez les hommes est plus acceptée qu'une hauteur vocale basse chez les femmes (Arnold, 2015a). Face à ces résultats, les femmes transgenres désireuses de féminiser leur voix ont tout intérêt à viser une f_0 moyenne hors des normes masculines, afin d'être correctement identifiées vocalement. La littérature préconise de rechercher la zone « neutre » ou « d'ambiguïté » s'étendant selon les études de 145 Hz, 150 Hz ou 155 Hz en borne inférieure à 165 Hz en borne supérieure (Dahl & Malher, 2019 ; Davies et al., 2015 ; Gelfer & Schofield, 2000 ; Gorham-Rowan & Morris, 2006 ; Morsomme & Remacle, 2016 ; Wolfe et al., 1990). Certain.e.s auteur.rice.s préconisent de viser les normes féminines quand cela est possible, même si aucune valeur seuil ne fait consensus dans la littérature. Davies et al. (2015) et Leung et al. (2018) proposent un seuil cible de 180 Hz pour la féminisation vocale.

La f_0 apparaît ainsi comme un paramètre acoustique important dans la différenciation genrée des voix. Selon la méta-analyse de Leung et al. (2018), elle contribue à 41,6% de la variance de la perception genrée de la voix, ce qui laisse plus de la moitié de la variance sans explication. Sa seule prise en compte semble donc présenter des limites, notamment dans la prédiction des voix féminines. D'autres facteurs acoustiques permettant de différencier les voix masculines

³ La prise d'hormones féminines n'a pas d'impact sur la taille des plis vocaux. Elle ne permet pas de diminuer leur masse ou leur longueur.

des voix féminines sont mis en avant dans la littérature, dont les fréquences de résonance que nous détaillons ci-après.

2.1.2. Les fréquences de résonance

Les fréquences de résonance (FR) sont le corrélat acoustique du timbre (Arnold, 2015a). Le timbre est cet élément perceptif donnant une certaine couleur à la voix, qualifiée par exemple de chaude, sensuelle, sombre, claire, métallique ou rocailleuse (Delvaux, 2021). Au niveau acoustique, la formation des FR peut s'expliquer par le modèle Source-Filtre de Fant (1960). Selon ce modèle, les sons de la parole sont issus d'un signal source, filtré par la forme et la longueur du conduit vocal (Arnold, 2015a ; Davies et al., 2015 ; Fant, 1960 ; Leung et al., 2018). Les fréquences les plus amplifiées par ce filtrage sont appelées FR ou « formants » (Delvaux, 2021).

Le conduit vocal s'étend de l'espacement entre les plis vocaux (*la glotte*) aux lèvres et se compose des cavités laryngale, pharyngale, buccale et nasale (Arnold, 2015a). Les dimensions de ces cavités diffèrent d'une personne à l'autre et façonnent de façon singulière le filtrage de la source sonore (Leung et al., 2018). Vaissière (2006, cité par Arnold, 2015a) précise que la forme générale du conduit vocal influence le filtrage du signal source dans son ensemble mais que certaines configurations articulatoires permettent de cibler plus précisément la modification de certains formants. L'autrice indique que le premier formant (F1) est lié au degré d'ouverture de la mandibule, le deuxième formant (F2) à la position linguale (lieu d'articulation) et le troisième formant (F3) à la configuration labiale. Il apparaît donc qu'à la fois l'anatomie du conduit vocal et les configurations articulatoires impactent la morphologie du conduit vocal, influençant le timbre du signal de parole.

Il existe des normes genrées de FR des voyelles orales du français (Arnold, 2015a ; Kamiyama, 2009 ; Pépiot, 2013). Celles majoritairement utilisées comme références dans la littérature francophone sont les normes de Calliope (1989, cité par Kamiyama, 2009), basées sur le signal de parole de 19 locuteur.rice.s francophones (9 femmes et 10 hommes). Ces normes sont intéressantes dans la mesure où elles ont été recueillies dans des conditions de laboratoire, dans un contexte linguistique contrôlé. Les phonèmes du signal de parole ne sont en effet pas prononcés de façon indépendante mais sont coarticulés. Leur production est influencée par les autres phonèmes qui se trouvent dans leur environnement (Delvaux, 2021). Plusieurs

chercheur.euse.s ont donné des indications expérimentales afin de limiter le phénomène de coarticulation lors de la mesure des FR d'une voyelle. Il est conseillé d'éviter de mesurer la voyelle cible de façon isolée (Simpson, 2012), encadrée d'une consonne nasale (Carew et al., 2007 ; Simpson, 2012) ou entourée d'une autre voyelle (Carew et al., 2007). Il est au contraire indiqué d'encadrer la voyelle cible d'une consonne occlusive bilabiale non voisée (Loret, 2018), d'insérer la voyelle cible dans la première syllabe d'un logatome dissyllabique (Loret, 2018 ; Pépiot, 2013) et d'inclure ce logatome dans une phrase porteuse afin d'homogénéiser les paramètres prosodiques et ainsi, éviter « l'effet liste » (Pépiot, 2013, p.101). Les voyelles fréquemment utilisées dans la littérature pour mesurer et comparer les FR des voix féminines et masculines sont les voyelles cardinales du triangle vocalique /i/, /a/ et /u/ (Carew et al., 2007 ; Loret, 2018 ; Mount & Salmon, 1988). «Elles représentent les trois grands types de variations observables au niveau des différences acoustiques hommes-femmes sur les voyelles du français» (Pépiot, 2013, p.98).

Les FR sont reconnues dans la littérature comme un paramètre acoustique important permettant de distinguer les voix féminines des voix masculines. Les trois premiers formants semblent les plus saillants dans la différenciation genrée (Davies et al., 2015). Les formants des femmes et des enfants sont typiquement plus élevés que les formants des hommes (Davies et al., 2015 ; Pépiot, 2013). Ceci est cependant à nuancer car nous trouvons quelques subtilités dépendamment des articles. Par exemple, les trois premiers formants de /u/ des voix féminines ne sont pas statistiquement différents de ceux des voix masculines selon les normes de Calliope (1989, cité par Arnold, 2015a). Ce n'est pas ce qu'observent Pépiot et Arnold (2020) qui mettent en évidence une différence significative pour F1 et F3. Les deux travaux n'utilisent pas le même support linguistique, la coarticulation des voyelles cibles est donc différente, ce qui peut expliquer en partie pourquoi les observations divergent. Une harmonisation des méthodes de mesures des formants vocaliques serait souhaitable afin d'identifier plus précisément où se trouvent les différences, pour quelles voyelles et quels formants.

Les différences anatomiques femmes/hommes ont été mises en avant dans la littérature pour expliquer ces différences de FR. Simpson (2009) indique que le conduit vocal des hommes étant plus grand que celui des femmes, les FR résultantes sont différentes. Cet argument anatomique, bien que reconnu, n'est cependant pas considéré comme suffisant dans la littérature car des différences genrées de FR ont pu être constatées sans différences anatomiques sous-jacentes. Des études ont notamment montré que des différences formantiques entre filles et

garçons sont observées chez les enfants malgré le fait qu'aucune différence anatomique du conduit vocalique n'existe à un âge prépubère (Fox & Nissen, 2005). A travers une étude sociophonétique, Johnson (2006, cité par Arnold, 2015a) met quant à lui en évidence que les différences formantiques entre les hommes et les femmes diffèrent selon les langues et que ces différences peuvent être expliquées par la taille des locuteur.rice.s à hauteur de 6% à 40%. Pour les enfants comme pour les adultes de différentes communautés linguistiques, l'argument anatomique semble donc insuffisant pour expliquer les différences formantiques constatées. Ces dernières semblent être davantage la conséquence de stratégies articulatoires spécifiques (Arnold, 2015a).

L'importance de l'articulation est favorable à l'accompagnement logopédique des femmes transgenres dont la prise d'hormones n'a pas d'impact sur la morphologie du conduit vocal. Plusieurs chercheur.euse.s pensent que ce travail articulatoire est essentiel car la résonance représente le paramètre acoustique principal de féminisation ou masculinisation vocale (Arnold, 2015a ; Leung et al., 2021 ; Pépiot, 2013). Une étude longitudinale menée par Mount et Salmon (1988) a notamment montré que ce n'est qu'après avoir travaillé des stratégies spécifiquement articulatoires visant à augmenter le F2 d'une femme transgenre, que la voix de la participante a systématiquement été perçue comme féminine (malgré une f_0 initiale de 210 Hz). Carew et al. (2007) ont quant à elles constaté qu'un entraînement spécifique visant l'augmentation des trois premiers formants de dix femmes transgenres a permis une perception plus féminine de leur voix après intervention, ainsi qu'une augmentation spontanée de la f_0 . Les exercices proposés par les chercheuses pour féminiser la résonance des participantes « étaient essentiellement basés sur l'étirement labial (*lip spreading*) et l'adoption d'une position linguale antériorisée en phonation (*forward tongue carriage*) », selon Morsomme et Remacle (2016, p.9).

D'autres études n'attribuent cependant pas toute l'importance aux formants dans le processus de transition vocale. Hillenbrand et Clark (2009) pensent que la f_0 est également importante à prendre en compte avec la résonance pour prédire de façon efficace la perception genrée d'une voix. Arnold (2015b) avance quant à lui que si les deux paramètres sont importants dans la perception de la masculinité vocale, seules les FR jouent un rôle dans la perception de la féminité vocale.

La f_0 et les FR sont ainsi considérées comme les marqueurs principaux du genre dans la voix. Si certain.e.s chercheur.euse.s attribuent plus de poids à l'une ou à l'autre, d'autres considèrent

que les deux sont importantes. La littérature s'accorde sur le fait que ces deux paramètres acoustiques, bien que soumis à des contraintes anatomiques, peuvent être modulés par certains gestes phonatoires afin de correspondre aux normes linguistiques d'un groupe d'appartenance, culturel ou généré. D'autres paramètres ont par ailleurs été mis en évidence dans la littérature comme marqueurs du genre dans la voix, avec un poids plus discutable. Nous allons les aborder à présent.

2.2. Les autres paramètres acoustiques relevés dans la littérature

2.2.1. Les contrastes intonatifs

Des études mettent en avant le fait que les voix féminines sont caractérisées par plus d'intonations et moins de monotonie que les voix masculines. Ce constat est apparu relativement tôt dans la littérature.

L'intonation peut être définie comme « les variations de la fréquence fondamentale dans le temps » (Pépiot, 2013, p.30). Un moyen de rendre compte de cette variation est de calculer l'étendue fréquentielle des locuteur.rice.s, c'est-à-dire l'écart entre la f_0 minimale et la f_0 maximale au cours du discours (Simpson, 2009). Si de façon générale dans la littérature le discours féminin est caractérisé par des contrastes intonatifs plus marqués (Falla, 2021), certains articles apportent quelques subtilités à prendre en compte. Le support linguistique semble par exemple avoir son importance, car si la plage fréquentielle des voix féminines est plus grande que celle des voix masculines pour les phrases interrogatives (Haan, 2002, cité par Pépiot, 2013 ; Haan & Van Heuven, 1999, cité par Pépiot, 2013), aucune différence significative ne semble exister pour les supports linguistiques plus neutres comme les phrases déclaratives (Henton, 1989, cité par Pépiot, 2013). De plus, les différences de contrastes intonatifs semblent également dépendre de la culture des locuteur.rice.s, comme le montrent les chercheuses Clopper et Smiljanic (2011, cité par Pépiot, 2013) à travers leur analyse des schémas intonatifs des différents dialectes de l'anglais américain. Cette variable culturelle laisse penser que les locuteur.rice.s adaptent les schémas intonatifs utilisés en fonction de leur contexte socio-linguistique.

Malgré ces subtilités, la méta-analyse de Leung et al. (2018) met en évidence que le paramètre intonatif est une composante importante à l'identification du genre d'une voix. Plusieurs auteur.rice.s recommandent ainsi d'inclure le travail de l'intonation dans une transition vocale.

2.2.2. Le souffle

Une voix soufflée (*breathy voice*) « se caractérise par un type de phonation dans lequel la fermeture des plis vocaux est incomplète lors de chaque cycle et l'espace entre les plis vocaux lors de leur phase ouverte est plus important que dans un type de phonation dit normal » (Pépiot, 2013, p.47). Selon Simpson (2009), les voix féminines ont davantage de souffle que les voix masculines. Au niveau anatomique, Titze (1989) explique cette différence par le fait que les plis vocaux plus fins des femmes ont plus de difficultés à s'accoler complètement pendant la phonation, entraînant le passage d'un flux d'air constant responsable du caractère soufflé de la voix. Pour Trittin et De Santos y Lleo (1995, cité par Pépiot, 2013), cette explication anatomique ne suffit pas à expliquer les disparités qui existent entre les langues et considèrent que le facteur sociolinguistique a son rôle à jouer.

Plusieurs études montrent que le souffle renforce la perception de féminité d'une voix (Hardy et al., 2016 ; Van Borsel, Janssens & De Bodt, 2009). La méta-analyse de Leung et al. (2018) indique notamment que le souffle est le troisième paramètre de genre vocal le plus étudié dans la littérature.

Pourtant, ce paramètre vocal ne fait pas consensus dans la littérature car des limites ont été constatées concernant la méthode utilisée pour mesurer acoustiquement le souffle. De nombreuses études utilisent la différence d'amplitude (en décibels) entre le premier harmonique H1 et le deuxième harmonique H2 comme mesure acoustique du souffle (Pépiot, 2013). Cette mesure se base sur le fait que le souffle entraîne une augmentation de l'amplitude du premier harmonique par rapport au deuxième (Pépiot, 2013). Dans cette logique, plus la différence H1-H2 est importante, plus la voix est soufflée (Pépiot, 2013). Pourtant, Oates (2009, cité par Leung et al., 2018) souligne que la fiabilité et la validité de cette mesure acoustique ne fait pas l'unanimité dans la littérature en raison notamment, selon Simpson (2012, cité par Leung et al., 2018), des différences intrinsèques aux voix féminines et masculines dans l'espacement harmonique. Ceci biaise les différences H1-H2 des voix féminines et masculines et la conclusion que les chercheur.euse.s peuvent en tirer par rapport au souffle. Des chercheur.euse.s comme Davies et al. (2015) ou Leung et al. (2018) considèrent donc que d'autres études doivent être menées pour confirmer l'importance de la voix soufflée dans la perception féminine d'une voix, et conclure à son utilisation en tant que cible thérapeutique de féminisation vocale.

2.2.3. L'intensité

L'intensité vocale désigne communément le volume de la voix, sa puissance (Falla, 2021 ; Pintiaux, 2019). Elle est liée à la pression sous-glottique exercée sur les plis vocaux. Plus la pression est forte, plus l'amplitude des mouvements des plis vocaux est importante et plus élevé est le volume de la voix (Falla, 2021). On peut également parler de niveau de pression acoustique pour désigner l'intensité (De Smet, 2014).

L'intensité moyenne des voix féminines est généralement considérée comme moins élevée que l'intensité moyenne des voix masculines (Dacakis et al., 2013 ; Gelfer & Young, 1997). Holmberg et al., (2010) ont par ailleurs montré que ce paramètre contribuait à la perception du genre vocal de la part d'auditeur.ices naïf.ves. Il est cependant nécessaire de prendre du recul par rapport à ces données étant donné que très peu d'études ont investigué ce paramètre comme marqueur vocal du genre (Falla, 2021 ; Leung et al., 2018 ; Pépiot, 2013). Ceci s'explique par le fait que mesurer l'intensité vocale de façon rigoureuse pose plusieurs contraintes méthodologiques (Pépiot, 2013). Gelfer et Young (1997, cités par Pépiot, 2013) avancent notamment que les mesures de l'intensité varient fortement avec le type de matériel utilisé, les paramètres d'enregistrement choisis, la distance microphone-bouche, et la situation de locution. De plus, la faible intensité étant liée à la voix soufflée, l'une entraînant l'autre, il est difficile de dissocier la contribution de ces deux paramètres dans la perception féminine des voix (Davies et al., 2015 ; Leung et al., 2018). L'intensité vocale est donc un paramètre qui manque de robustesse dans la littérature. D'autres études seraient nécessaires afin d'avoir une vision plus claire de la pertinence de sa prise en compte dans le travail vocal des femmes transgenres (Leung et al., 2018 ; Pépiot, 2013).

2.2.4. Le débit de parole

Le débit de parole désigne le rythme d'élocution, c'est-à-dire la vitesse à laquelle un discours est prononcé par un.e locuteur.rice (Jacewicz et al., 2009). Fitzsimons, Sheahan et Staunton (2001) ont relevé des différences de débit entre les locuteur.rice.s féminines et masculins. Dans leur étude, les participant.e.s devaient lire vingt phrases déclaratives et interrogatives. Les hommes étaient statistiquement plus rapides que les femmes pour les deux modalités de lecture. Ces résultats sont cohérents avec l'étude plus récente de Hardy et al., (2020) dont l'analyse de régression multiple a montré que le débit de parole était un prédicteur significatif de l'évaluation du naturel vocal. Les chercheur.euse.s expliquent que les voix

masculines dont le débit était plus rapide étaient perçues par les évaluateur.ices comme plus naturelles.

Selon Pépiot (2013), le débit plus élevé dans le discours masculin s'expliquerait uniquement au niveau sociolinguistique. Whiteside (1995, cité par Pépiot, 2013) explique notamment que l'accélération du débit serait une forme de domination conversationnelle, dont le rythme plus soutenu aurait pour fonction d'éviter les interruptions et prises de parole des autres interlocuteur.ice.s.

Il importe néanmoins de garder une réserve quant à la contribution du débit à la perception du genre vocal car d'autres études n'ont pas montré de différences significatives entre le discours masculin et féminin (Jacewicz et al., 2009 ; Van Borsel & De Maesschalck, 2008). D'autre part, peu d'études ont investigué ce paramètre vocal (Leung et al., 2018 ; Pintiaux, 2019), il n'y a donc pas de consensus quant à son poids dans la différenciation du genre vocal (Davies et al., 2015 ; Falla, 2021 ; Pépiot, 2013). D'autres études sur le débit seraient souhaitables afin d'éclaircir la pertinence de sa prise en compte dans le processus de transition vocale.

2.2.5. La précision articulatoire

L'articulation féminine est montrée dans certains articles scientifiques comme plus précise que l'articulation masculine. Par exemple, selon Oates et Dacakis (1983, cité par Davies et al., 2015), les locutrices anglophones prononcent la terminaison verbale /ing/ de façon plus précise que les locuteurs masculins anglophones, ces derniers ayant tendance à la raccourcir en /in/.

Cette différence de précision peut trouver une explication dans ce qu'a théorisé Simpson dans ses travaux (Simpson, 2002). Le chercheur suggère qu'à débit de parole égal, la plus grande taille des cavités buccales masculines provoquerait des mouvements articulatoires plus rapides chez les hommes dans la mesure où leur langue a de plus grandes distances à parcourir pour réaliser les phonèmes. Ces gestes articulatoires plus rapides entraîneraient une articulation moins précise dans le discours masculin.

Les résultats de l'étude de Booz (2016) montrent que la précision articulatoire du discours est corrélée positivement à la perception féminine d'une voix. Il importe cependant de rester prudent.e par rapport à cette conclusion dans la mesure où il s'agit d'un lien sans preuve de causalité. De plus, cet auteur souligne que le travail de la précision articulatoire seule ne peut suffire à identifier le genre d'une voix et qu'il est nécessaire de la combiner avec d'autres pratiques articulatoires. Leung et al. (2018) avancent que d'autres recherches sont nécessaires

pour conclure de façon plus éclairée à l'importance du travail de précision articulatoire dans un processus de féminisation vocale.

2.2.6. La durée des voyelles

La durée des voyelles est le dernier paramètre que nous allons aborder en tant que marqueur du genre. Selon la littérature, la durée vocalique des femmes serait plus élevée que celle des hommes. Ceci a été mis en évidence dans une étude menée auprès de locuteurs germanophones où la différence de durée vocalique entre femmes et hommes s'est révélée significative (Simpson, 1998, cité par Pépiot, 2013).

Andrews et Schmidt (1997) ont montré qu'une durée vocalique plus élevée était corrélée positivement à la perception féminine d'une voix. Cependant, la durée vocalique des productions féminines et masculines n'étaient pas différentes de façon significative (Falla, 2021), ce qui nuance l'importance de ce paramètre dans l'identification du genre vocal. Compte tenu du peu d'études qui ont été menées par la suite, Leung et al. (2018) considèrent que d'autres expériences doivent être menées avant d'envisager une application clinique robuste.

Nous avons maintenant connaissance des paramètres qui ont été mis en avant dans la littérature comme marqueurs du genre dans la voix. De nombreuses études ont montré la contribution majeure de la f_0 et des FR. D'autres paramètres ont également été mis en évidence, avec un poids néanmoins plus nuancé de par le manque de ressources scientifiques et de recul. Parmi ces autres paramètres, la composante intonative semble être la plus robuste. Maintenant que la littérature nous a apporté des connaissances empiriques sur les transidentités, la place importante qu'y occupe la voix et les paramètres acoustiques impliqués, explorons le cadre clinique proposé pour assurer le suivi logopédique d'une féminisation vocale.

3. Le suivi logopédique d'une féminisation vocale

3.1. Évaluation vocale

3.1.1. Évaluation objective

Un examen phoniatrique incluant une vidéo-laryngo-stroboscopique permet d'objectiver l'état des plis vocaux des patientes transgenres. Il est attendu que l'organe phonatoire soit sain pour débiter un travail de féminisation vocale. Par ailleurs, une anamnèse

doit être menée pendant le bilan logopédique afin de recueillir les informations personnelles et médicales liées à la situation vocale des patientes.

Les paramètres de féminisation vocale peuvent être évalués objectivement par le/la logopède via des mesures acoustiques. Par exemple, comme développé dans la section 2. *Les marqueurs du genre dans la voix*, les corrélats acoustiques de la hauteur, du timbre et des contrastes intonatifs sont respectivement la f_0 , les FR et l'étendue fréquentielle. Ces mesures acoustiques sont calculées par des logiciels de traitement vocal, comme Praat (Boersma & Weenink, 2023). Ces logiciels permettent aux logopèdes et aux patientes transgenres de dresser un portrait vocal objectif à un instant précis de la rééducation, et de réitérer les mesures afin d'objectiver une éventuelle évolution de la voix.

3.1.2. Évaluation subjective

Le Trans Woman Voice Questionnaire (TWVQ), anciennement Transsexual Voice Questionnaire Male to Female, est un outil d'auto-évaluation vocale développé par Dacakis et al. (2013). Ce questionnaire de trente items a pour but de mesurer l'expérience des femmes transgenres avec leur voix dans le quotidien. Il aborde notamment le fonctionnement vocal (*vocal functioning*) et l'impact sur la participation sociale (*social participation*) (Dacakis, Oates & Douglas, 2017). Les femmes transgenres notent chaque item de 1 (« jamais ou rarement ») à 4 (« généralement ou toujours »). Plus le score global est élevé, moins l'expérience vocale est positive (Dacakis & Davies, 2022). Utilisé à différents temps de l'accompagnement logopédique, le TWVQ (Dacakis et al., 2013) permet de contrôler l'évolution du ressenti vocal des patientes transgenres. Si le suivi est efficace, nous pourrions nous attendre à une diminution du score global au cours du temps, signifiant une amélioration du bien-être vocal.

Le changement de nom du questionnaire a été officialisé en juillet 2020 afin d'être en adéquation avec la dernière version du *Manuel diagnostic et statistique des troubles mentaux* (DSM 5) (Falla, 2021). Selon les créateur.rice.s du questionnaire, ce changement ne compromet pas son intégrité ou sa validité (Dacakis & Davies, 2022). Morsomme, Révis et Thomas (2019) ont traduit le TWVQ en français.

3.2. Prise en soin logopédique

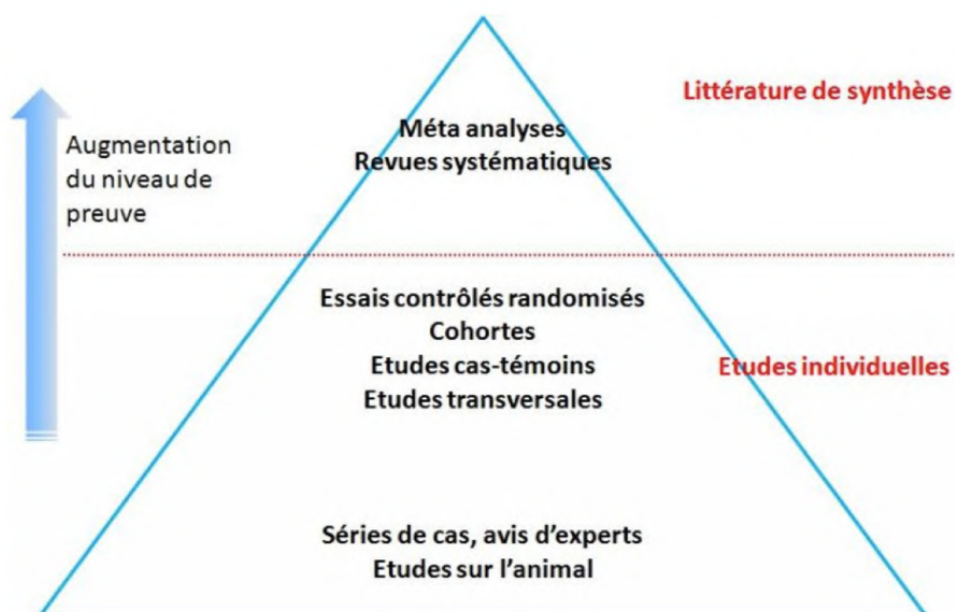
La section 2. *Les marqueurs du genre dans la voix* a mis en évidence plusieurs pistes d'objectifs thérapeutiques sur lesquels les logopèdes peuvent s'appuyer pour accompagner une

féminisation vocale. On y trouve l'augmentation de la f_0 et des FR (plus particulièrement F1, F2, F3) comme objectifs robustes au niveau *Evidence-Based Practice* (EBP). Les logopèdes peuvent également chercher avec leurs patientes de plus grands contrastes intonatifs, plus de souffle dans la voix, une intensité vocale plus faible, un débit de parole moins rapide, une plus grande précision articulatoire et une durée vocalique plus élevée. Ces paramètres sont cependant moins robustes dans la littérature par manque de résultats et de trop grandes disparités méthodologiques. Dans tous les cas, il est essentiel de co-construire les objectifs avec les patientes afin de répondre au mieux à leur demande vocale (Pasternak & Francis, 2019). En plus de ces objectifs, des protocoles d'intervention en féminisation vocale sont nécessaires pour guider les logopèdes dans les exercices à proposer aux patientes. Jusqu'à récemment, ces lignes de conduite restaient peu nombreuses et les logopèdes devaient créer leurs propres boîtes à outils afin de répondre au mieux aux demandes des patientes (Falla, 2021). Plusieurs protocoles ont cependant vu le jour ces dernières années pour combler ce manque, avec des niveaux de preuve d'efficacité variables. Nous les abordons ci-après.

3.2.1. Pyramide de preuve

Les études peuvent être classées en fonction de leur design méthodologique, ce qui leur octroie un certain niveau de preuve scientifique. Une manière courante de classer les études est de les placer sur la pyramide de preuve présentée dans la figure 1 ci-dessous.

Figure 1. Pyramide de preuve (Définir le meilleur type d'étude, 2011)



Celle-ci place le plus haut niveau de preuve scientifique dans la littérature de synthèse que sont les méta-analyses et les revues systématiques. Au niveau des études individuelles, ce sont les essais contrôlés randomisés qui ont le niveau de preuve le plus élevé. Ce design se caractérise par des échantillons de grande taille (au moins 40 participant.e.s par groupe), une répartition aléatoire des participant.e.s, la présence d'un groupe contrôle recevant une intervention placebo et, autant que possible, un traitement à l'aveugle (Couvignou, 2021).

3.2.2. Protocoles d'intervention ayant fait l'objet d'études

Dans son mémoire, Garnier (2014) propose un protocole de féminisation vocale basé sur un travail spécifique en voix chuchotée. Un corpus d'exercices détaillé vise l'augmentation de la f_0 , des FR, de la durée vocalique et de la courbe intonative. Ce protocole a été testé dans son étude de cas unique mené avec deux participantes transgenres (Garnier, 2014). La comparaison était donc intra-individuelle. À la suite de l'intervention logopédique, Garnier (2014) observe une augmentation de la f_0 et de la durée vocalique chez les deux participantes. L'effet sur la courbe intonative est plus nuancé car une seule participante voit son étendue fréquentielle augmenter. Enfin, l'augmentation des FR est relative aux voyelles ciblées : une augmentation est relevée pour la voyelle /o/ mais pas pour la voyelle /i/.

Les études de cas unique, ou « Single Case Experimental Design » (SCED) sont classées au niveau des revues systématiques d'essais contrôlés randomisés (Effectuer des analyses statistiques en SCED, s.d.). Cependant, les données ne sont pas soumises ici aux tests statistiques inférentiels propres aux SCED, l'analyse y est entièrement qualitative. L'efficacité du protocole n'atteint donc pas un niveau de preuve élevé malgré les tendances intéressantes relevées dans les résultats.

C'est également le cas du protocole développé dans le mémoire de Loret (2018). Ce dernier repose sur des exercices travaillant la f_0 , l'articulation-résonance, l'intonation, le débit de parole, l'intensité et le souffle. Ce protocole est testé dans un SCED avec cinq participantes transgenres. Loret (2018) constate une élévation de F1 /a/ et F2 /a/ ainsi qu'une amélioration du ressenti vocal des participantes. Le protocole ne semble pas avoir eu d'effet sur les autres paramètres testés (f_0 , FR /u/, FR /i/, étendue fréquentielle). Cependant, l'absence de tests statistiques inférentiels ne permet pas de conclure sur l'efficacité du protocole avec un niveau de preuve élevé. Le livret d'exercices de féminisation vocale de Pintiaux (2019) est également analysé de façon qualitative uniquement ce qui limite le niveau de preuve de son étude. Les exercices abordent le travail de la f_0 , de l'articulation-résonance, de l'intonation et du débit de parole.

Pintiaux (2019) observe une élévation de la f_0 pour la plupart des participantes ainsi qu'une amélioration dans leur ressenti vocal.

Un dernier protocole de féminisation vocale plus largement connu à l'international est la méthode Astudillo. Cette méthode publiée (Astudillo, 2019) vise également la modification de plusieurs paramètres vocaux abordés dans la littérature comme l'augmentation de la f_0 , l'accentuation des contours intonatifs, l'allongement des voyelles, le travail de l'intensité, l'élévation des FR et l'allongement vocalique (Falla, 2021). L'efficacité de cette méthode a été testée dans le mémoire de Falla (2021) à travers la comparaison de 4 groupes : 12 femmes transgenres hispanophones, 12 femmes transgenres francophones, 12 hommes cisgenres et 12 femmes cisgenres. Falla (2021) constate que la f_0 des femmes transgenres augmente significativement en post intervention. Les mesures concernant l'étendue fréquentielle étaient aberrantes et n'ont pu être interprétées. Enfin, aucune influence significative n'a été trouvée pour l'intensité et la durée de production vocalique. La méthodologie de cette étude ne répond pas aux critères des essais contrôlés randomisés, designs permettant d'atteindre le plus haut niveau de preuve dans les études individuelles. Cependant des tests ANOVA mixtes ont permis une comparaison statistique inférentielle inter-groupes, son évaluation en termes d'efficacité possède donc un niveau de preuve supérieur à ceux développés précédemment.

Dans le domaine de l'intervention visant à féminiser la voix, nous remarquons ainsi que si plusieurs protocoles existent, peu d'études proposent actuellement un design méthodologique permettant d'évaluer leur efficacité avec un niveau de preuve élevé.

3.2.3. « Féminiser sa voix en 3 notes et 8 étapes » (Perrière & Révis, 2019) : une méthode non testée scientifiquement à ce jour

« Féminiser sa voix en 3 notes et 8 étapes » (Perrière & Révis, 2019) est une méthode dont le protocole est détaillé dans l'ouvrage « Voix et Transidentités : La prise en charge vocale des personnes transgenres », coordonné par Carine Klein Dallant. Les fondatrices de la méthode sont Stéphanie Perrière (orthophoniste spécialisée en rééducation vocale) et Joana Révis (orthophoniste, vocologue, maître de conférence et chercheuse en linguistique). Le protocole d'intervention est constitué d'exercices classés en 8 étapes, visant la féminisation de plusieurs paramètres de la voix à travers l'utilisation du chant. L'efficacité de cette méthode n'a, à ce jour, pas fait l'objet d'une étude scientifique.

En amont de ce protocole de féminisation vocale, Perrière et Révis ont développé une méthode basée sur l'utilisation du chant destinée à la rééducation des voix dysphoniques. Cette méthode s'appelle « Rééduquer la voix - 8 étapes en chanson » (Perrière & Révis, 2017) et a constitué une base pour la création deux années plus tard de la méthode « Féminiser sa voix en 3 notes et 8 étapes » (Perrière & Révis, 2019).

Le chant est une porte d'entrée au changement vocal pour les autrices, dans la mesure où tous les paramètres de la voix sont modifiés lorsque nous chantons (articulation, rythme, résonance, hauteur) (Perrière & Révis, 2019). Elles avancent également que les voix des chanteuses auxquelles s'identifient les patientes leur permettent de modifier par mimétisme leurs paramètres vocaux plus intuitivement. Autrement dit, « Cette référence à des identités vocales féminines appréciées de la patiente et issues de son quotidien facilite l'appropriation d'une nouvelle voix » (Perrière & Révis, 2019, p.101). Aussi, le support des paroles permettrait aux femmes transgenres de ne pas se concentrer sur le fond du discours mais sur la forme. « La chanson médiatrice permet donc de diminuer l'implication personnelle du discours et de réinvestir le plaisir de l'utilisation vocale » (Perrière & Révis, 2019, p.116).

L'application de la méthode de Perrière et Révis (2019) nécessite du matériel permettant la réalisation des exercices (ballons de Pilates, pailles, gobelets, abaisse-langues). Les autrices ont également créé une *orthoplaylist*, une liste de chansons classées en fonction de ce qu'elles permettent de travailler spécifiquement. La méthode se sert notamment des différentes longueurs de rhèmes des chansons pour le travail du souffle, des chansons riches en phonèmes antérieurs pour le travail de la résonance, des chansons demandant une grande dextérité articulaire pour le travail de l'articulation, des hauteurs des chansons pour travailler la f_0 , et des chansons soufflées ou feutrées pour travailler l'intensité.

Révis et Perrière (2019) privilégient un suivi logopédique limité dans le temps afin de ne pas perdre la motivation des patientes. Elles préconisent une prise en soin de 8 à 15 séances régulières, éventuellement suivies de séances plus espacées selon la demande.

Les 8 étapes et de leurs objectifs figurent dans le tableau 1 ci-après. Ils proviennent directement du protocole des autrices.

Tableau 1. Détail des étapes du protocole et de leurs objectifs selon Perrière et Révis (2019)

Étapes	Objectifs
Étape 1 : posture dynamique	Développer la perception corporelle ; Pratiquer la verticalisation souple : s'auto-grandir en estompant les courbures vertébrales ; Assouplir les structures musculaires de la phonation ; Dissoudre les tensions psychomotrices ; Gagner en fluidité de posture et de geste ; Améliorer la stabilité posturale et l'équilibre ; Déplacer le centre de gravité de l'avant vers l'arrière ; Utiliser les muscles profonds sans diffuser de tensions parasites ; Mobiliser les parties du corps dans la dissociation, indépendamment les unes des autres, en particulier le bassin ; Renforcer le soutien abdominal pour éviter l'affaissement du tronc et l'extension du cou vers l'avant ; Adopter une posture plus féminine : centrée et alignée, buste ouvert, épaules dégagées.
Étape 2 : soutien et appui	Augmenter sans tensions la pression sous-glottique nécessaire à la production d'une voix plus aiguë ; Ajuster la pression en fonction de la hauteur tonale recherchée ; Maintenir la pression jusqu'en fin de rhème pour éviter une chute de hauteur tonale ; Détendre le larynx et les résonateurs au moment des reprises inspiratoires ; Coordonner souffle et son ; Respecter le confort en termes de longueur de rhèmes.
Étape 3 : vibration douce	Diminuer la force d'attaque glottique ; Réduire la force d'accolement afin d'obtenir davantage de souffle dans la voix ; Équilibrer les pressions dans la nouvelle tessiture afin d'éviter un forçage ; Assouplir la vibration cordale sur toute la tessiture.
Étape 4 : voix résonante	Raccourcir le tractus vocal pour renforcer les harmoniques aigus ; Développer la perception du son dans le « masque » (pommettes, ailes du nez, front) ; Renforcer le troisième formant par étirement labial et position antérieure de la langue ; Allonger la durée de production des voyelles ; Faire re-sonner le son dans les cavités de résonance pour moins solliciter les cordes.
Étape 5 : articulation ample	Préciser l'articulation afin d'en diminuer la force ; Dissocier les articulateurs pour augmenter leur mobilité ; Antérioriser l'articulation au niveau des lèvres et de la pointe de la langue.
Étape 6 : la souplesse mélodique	Déplacer la fréquence fondamentale dans la zone d'ambiguïté ; Augmenter les contours mélodiques en rendant la voix plus chantante ; Maîtriser les différents mécanismes vocaux et les différentes masses cordales ; Supprimer les intonations descendantes en fin de phrases.
Étape 7 : puissance et volume	Réduire l'intensité vocale pour une voix plus douce et feutrée ; Supprimer les attaques dures ; Adapter la puissance à la situation de parole ; Jouer sur les couleurs de voix et les niveaux d'intensité vocale.
Étape 8 : application à la voix parlée	Transposer les acquis de la voix chantée à la voix parlée ; Maintenir le bon geste installé lors des étapes préalables ; Jouer sur les différents modes phonatoires en conservant les modulations de hauteur, la résonance antérieure, la précision articulatoire, la durée des voyelles, le son feutré, etc.

II- PARTIE EXPÉRIMENTALE

1. Problématique et hypothèses

1.1. Question de recherche

Le protocole de féminisation vocale de Perrière et Révis (2019) est détaillé dans un ouvrage mais son efficacité n'a pas fait à ce jour l'objet d'une étude scientifique. Nous cherchons donc à répondre à la question suivante : La méthode « Féminiser sa voix en 3 notes et 8 étapes » (Perrière & Révis, 2019) permet-elle de féminiser la voix des femmes transgenres sur base des paramètres acoustiques de f_0 , FR et d'étendue fréquentielle ?

Via l'étude de cas uniques de quatre femmes transgenres, ce mémoire vise à objectiver les effets de l'intervention à l'aide des mesures acoustiques susmentionnées.

1.2. Hypothèses de recherche

Par rapport à la ligne de base, nous faisons les hypothèses que la phase d'intervention permettra **(H1)** d'augmenter la fréquence fondamentale.

(H2) d'augmenter les fréquences de résonance des voyelles /i/, /a/ et /u/.

(H3) d'augmenter l'étendue fréquentielle.

2. Méthode

Pour répondre à cette question de recherche et vérifier ces hypothèses, la méthode de Perrière et Révis (2019) a été appliquée auprès de quatre femmes transgenres et les paramètres acoustiques de f_0 , FR et d'étendue fréquentielle ont été mesurés.

2.1. Participantes

Les volontaires ont été recrutées entre septembre et décembre 2022 parmi la patientèle de Clémence Porte, logopède indépendante spécialisée en féminisation vocale. Les critères d'inclusion/exclusion étaient les suivants :

- Être une femme transgenre (car la méthode concerne ce public spécifique).
- Avoir entre 18 et 58 ans (pour assurer une capacité mature de consentement éclairé tout en évitant les cas de presbyphonie).
- Être de langue maternelle française (car il s'agit d'une méthode francophone et d'une prise en soin francophone).
- Ne pas fumer (car cela favorise l'apparition d'œdèmes qui alourdissent les plis vocaux et aggravent la voix).
- Ne pas avoir eu recours à une laryngoplastie (pour que les éventuelles évolutions des données soient imputables seulement à l'acquisition du nouveau geste vocal appris par la méthode testée).
- Ne pas présenter de dysphonie d'origine organique ou fonctionnelle (afin de travailler à partir d'un organe phonatoire sain). Pour vérifier ce critère, nous avons inclus uniquement les participantes ayant bénéficié d'un examen laryngologique réalisé par un ORL dans les 12 mois avant l'inclusion dans l'étude.

Quatre femmes transgenres remplissant les critères d'inclusion/exclusion ont accepté de participer à cette étude. Nous les désignerons par P1, P2, P3 et P4 pour respecter leur anonymat. Les informations démographiques les concernant sont détaillées dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2. Informations démographiques complétées par les participantes

	P1	P2	P3	P4
Âge au moment de l'étude	32 ans	20 ans	19 ans	32 ans
Âge d'initiation de la transition	29-30 ans	16 ans	17 ans	29 ans
Accompagnement hormonal éventuel	Depuis 7 mois	Depuis 3 ans	Prévu dans 1 mois	Depuis 1 an et 9 mois
Accompagnement logopédique antérieur pour la voix	Environ 30 séances pendant 1 an	2 séances	4 séances	4 séances
Description de votre voix actuelle*	AM-N	AM	AM	TM
Description de votre voix idéale*	N-AF	N-AF	N-AF	AF-TF
Présentation en tant que femme**	M, C	M, C	M, C, T	M, C, T, E

* TM, très masculine ; AM, assez masculine ; N, neutre ; AF, assez féminine ; TF, très féminine

** M, maison / famille ; C, cercle social / amical ; T, travail ; E, famille élargie

2.2. Design expérimental

Le design expérimental a pris la forme d'une étude à cas unique, ou SCED. Ce design permet de tester l'effet d'une intervention (phase B) par rapport à une phase de ligne de base, pré-intervention (phase A). Selon Robert (2019, p.56), « Les protocoles individuels expérimentaux présentent la particularité de permettre la conduite d'une recherche utilisant la démarche expérimentale auprès d'une entité individuelle ». Ils sont classés au niveau des revues systématiques d'essais contrôlés randomisés (Effectuer des analyses statistiques en SCED, s.d.) ce qui leur octroie un niveau de preuve élevé. Chaque participante étant son propre contrôle, les données sont analysées au niveau intra-sujet. Ce design est adapté au public transgenre car il s'agit d'un groupe difficile à recruter en nombre important. De plus, cela permet de recruter différents profils vocaux de femmes transgenres et de voir comment chacune évolue individuellement, ces dernières n'étant pas comparées entre elles.

Il existe différents types de design en SCED. Le plus adapté pour cette étude semble être le design de type AB, c'est-à-dire une phase de ligne de base suivie d'une phase d'intervention. C'est un design prévu pour les interventions dont les effets sont durables, contrairement aux designs ABA ou ABAB prévus pour les interventions dont les effets sont réversibles (on attend un retour à la ligne de base après l'intervention) (Geurten, 2018). Dans le cadre d'une transition, la féminisation vocale est attendue comme durable et pérenne après l'intervention logopédique.

Dans cette étude, la phase pré-intervention (ou phase de ligne de base) a duré 7 jours et la phase d'intervention a duré 56 jours (soit 8 semaines, à raison d'une séance logopédique de 1 heure par semaine). Ce choix d'intervention en 8 séances hebdomadaires s'appuie sur les recommandations de Perrière et Révis (2019) qui privilégient un temps d'intervention compact pour ne pas perdre la motivation des patientes.

La phase de ligne de base et la phase d'intervention doivent faire l'objet de mesures multiples (Hauwel et al., 2022). Selon Satake, Jagaroo et Maxwell (2008), chaque phase doit être constituée de minimum 3 observations consécutives. La source *Effectuer des analyses statistiques en SCED* (s.d., p.2) recommande quant à elle un minimum de 5 mesures par phase « pour obtenir une validité statistique suffisante. Plus la phase de ligne de base est longue, plus il sera possible d'obtenir une stabilité de performance du patient avant introduction du traitement ». Constituer une phase pré-intervention de 7 jours est donc suffisant selon ces

sources et a l'avantage de limiter la durée sur laquelle s'étend le design expérimental. A noter tout de même que dans l'idéal, la phase de ligne de base doit être poursuivie tant que les données ne sont pas stables (Hauwel et al., 2022).

2.3. Intervention

2.3.1. Type d'intervention logopédique

Nous avons construit le protocole clinique à partir de la méthode de Révis et Perrière (2019) et des conseils des autrices à l'occasion d'un échange à distance. Ce protocole a ensuite été corrigé et validé par Madame Révis en août 2022. Il est consultable et détaillé en annexe 1. Selon Hoffmann et al. (2014), une description détaillée des interventions est utile en clinique pour leur application fidèle, et dans la recherche pour leur réplication.

L'intervention auprès des participantes s'est faite en binôme avec Clémence Porte. Nous nous sommes réparti les exercices en amont de façon à mener chacune une trentaine de minutes par séance. Appliquer la méthode en collaboration avec une logopède spécialisée en féminisation vocale nous semblait pertinent, dans la mesure où nous pouvions bénéficier de son regard clinique dans l'application des exercices. Les intervenantes se sont formées à la méthode via la lecture du protocole publié (Perrière & Révis, 2019). J'ai par ailleurs suivi la formation « 3 notes et 8 étapes » en décembre 2022 sur les voix dysphoniques.

Selon Perrière et Révis (2019), les patient.e.s ont besoin de se sentir suivi.e.s et soutenu.e.s pour rester motivé.e.s, c'est pourquoi nous avons réfléchi à des outils permettant de créer un sentiment de cohésion et de lien thérapeutique. Nous avons donc fabriqué des bracelets que nous avons distribués aux quatre participantes et aux deux intervenantes pour avoir ce sentiment d'appartenance à un groupe. Aussi, la vue de ce bracelet pouvait rappeler quotidiennement aux participantes de prêter attention à leur voix ou de pratiquer les exercices vocaux entre 5 et 15 minutes deux fois par jour, selon les indications de Perrière et Révis (2017). A la fin de chacune des 8 séances, un document récapitulatif de ce qui venait d'être vu était envoyé aux participantes par mail, ainsi que les exercices à pratiquer pour la semaine suivante (un exemple est disponible en annexe 2). Une paille métallique a également été offerte à chacune des participantes pour les remercier de leur participation à l'étude.

2.3.2. Mise en place concrète

Le 21 septembre 2022, le présent projet a reçu un avis favorable du Comité d'Avis Éthique de la faculté des Sciences Psychologiques et de l'Éducation de l'ULB. Dès lors, Clémence Porte a transmis la lettre de recrutement des participantes à ses patientes transgenres. Les patientes intéressées par l'étude ont complété à distance le formulaire de consentement éclairé. Nous planifions ensuite un rendez-vous pré-protocole expérimental à deux en visioconférence afin d'aborder le déroulement de l'étude oralement et les éventuelles questions de la participante. La testing avait ensuite lieu pendant 9 semaines. A la fin de la phase d'intervention, un rendez-vous post-protocole expérimental était planifié pour offrir la possibilité aux participantes d'exprimer un retour oral et de clôturer notre collaboration. L'ensemble du testing s'est déroulé du 5/10/2022 au 28/12/2022 majoritairement en présentiel. Les séances 2 de P1 et P3 et la séance 3 de P4 ont été menées en visioconférence car Clémence Porte n'était pas sur Bruxelles cette semaine-ci. Deux autres séances de P3 se sont faites à distance : la séance 4 car la ligne de transport de la participante était bloquée, et la séance 7 car la participante était cas contact au Covid-19.

2.4. Évaluation

2.4.1. Enregistrements

Les mesures répétées relevées dans ce SCED sont les paramètres acoustiques de f_0 , de FR des voyelles /a/, /i/, /u/ et d'étendue fréquentielle. Ces mesures acoustiques ont été extraites d'enregistrements vocaux quotidiens des participantes à l'aide de leur smartphone, pendant les 9 semaines de testing. Comme l'expliquent Manfredi et al. (2017), l'enregistrement vocal via smartphone facilite grandement la collecte des données et assure une qualité d'enregistrement suffisante pour une analyse acoustique. Maryn et al. (2017) montrent que les échantillons vocaux enregistrés sur l'application *Voice Recorder HD* sont comparables à ceux enregistrés sur un microphone professionnel en termes de f_0 . Les mesures de f_0 concernant deux de nos hypothèses (**H1** fréquence fondamentale et **H2** étendue fréquentielle), nous avons demandé aux participantes de passer par cette application pour s'enregistrer quotidiennement. Le protocole expérimental prévoit ainsi, pour chaque paramètre acoustique visé dans les hypothèses, 7 enregistrements qui constituent la phase de ligne de base et 56 enregistrements qui constituent

la phase d'intervention. Les enregistrements obtenus via cette application étaient sous format .wav. Une fois créés, il était demandé aux participantes de les transmettre par mail.

Les participantes devaient s'enregistrer systématiquement à la même heure chaque jour afin d'éviter les modulations vocales dues aux différents moments de la journée. Afin de favoriser une qualité d'enregistrement optimale, il a été demandé aux participantes de placer le microphone de leur téléphone à 10 cm de leur visage et de l'orienter à 45°, conformément aux indications de Maryn et al. (2017). Un tuteur en bois de 10 cm a été distribué pour favoriser le positionnement du téléphone à bonne distance. La figure 2 ci-dessous illustre le dispositif d'enregistrement.

Figure 2. Dispositif d'enregistrement incluant un tuteur en bois de 10 cm



Les enregistrements consistaient à la lecture à voix haute de 3 phrases à une hauteur, une intensité et un rythme confortables. Pour ce faire, il était demandé aux participantes de s'isoler dans un endroit calme. Les trois phrases à inclure dans chaque enregistrement étaient les suivantes : *Il a dit papo deux fois. Il a dit pipo deux fois. Il a dit poupo deux fois.*

Ce support linguistique a été créé dans le but de limiter les effets de la coarticulation sur les voyelles /a/, /i/ et /u/. Comme détaillé dans la section 2.1.2. *Les fréquences de résonance (FR)*, les auteur.rice.s conseillent d'insérer la voyelle cible au sein de la première syllabe d'un logatome bisyllabique, entre deux consonnes non-voisées et préférentiellement occlusives bilabiales (Loret, 2018 ; Pépiot, 2013). Dans son mémoire, Loret (2018) choisit les logatomes *papo*, *pipo* et *poupo* pour les voyelles /a/, /i/ et /u/ ce qui concorde avec les indications précédentes. Nous les avons donc repris pour l'étude. Pépiot (2013, p.101) conseille d'inclure les logatomes dans des phrases porteuses pour éviter « l'effet liste » et propose d'utiliser « Il a dit MOT deux fois ». C'est ainsi que nous avons procédé.

Les valeurs de f_0 et d'étendue fréquentielle étaient relevées sur l'entièreté de chaque enregistrement, soit la lecture des 3 phrases.

2.4.2. Analyses acoustiques

L'extraction des paramètres acoustiques à partir des enregistrements des participantes s'est faite à l'aide de la version 6.1.16 du logiciel Praat (Boersma & Weenink, 2023).

- **Pré-traitement des enregistrements audio**

Tout d'abord, les pauses silencieuses ont été réduites à l'aide de l'option « Minimum silent interval duration (s) » établie à une valeur de 0,25, ce qui signifie que les pauses silencieuses gardées étaient de maximum 25ms. En fonction des enregistrements, cette fenêtre de pause silencieuse entraînait cependant la suppression d'une partie de l'enregistrement vocal, elle a donc été augmentée de 5ms jusqu'à ce que l'ensemble du matériel vocal soit préservé.

Chaque enregistrement était ensuite visualisé à l'aide de l'option « View & Edit » et nettoyé manuellement des éventuels bruits parasites. Les portions parasites à supprimer étaient identifiées auditivement et à l'aide de l'option « Show pitch ». Cette option permet de visualiser l'évolution de la hauteur calculée par Praat (Boersma & Weenink, 2023), symbolisée par une courbe bleue. Lorsque cette courbe ne correspondait pas à une portion vocale, elle était supprimée à l'aide de l'option « Edit > Cut ». La plage d'étendue fréquentielle, dans Praat (Boersma & Weenink, 2023) (« Pitch settings » > « Pitch range »), a été réglée à 75Hz–300Hz.

- **Analyse de la fréquence fondamentale et de l'étendue fréquentielle**

Une fois tous les enregistrements nettoyés, l'option « Voice report » a permis de relever les mesures acoustiques de f_0 et d'étendue fréquentielle de chaque enregistrement. Pour la f_0 , la valeur médiane (« Median pitch ») a été retenue afin de limiter l'impact des valeurs extrêmes. L'étendue fréquentielle a été obtenue avec les valeurs minimale et maximale de f_0 (respectivement « Minimum pitch » et « Maximum pitch ») dont l'écart a été converti en demi-tons à l'aide d'un convertisseur en ligne. Les valeurs minimale et maximale de f_0 calculées par Praat (Boersma & Weenink, 2023) étaient vérifiées visuellement en relevant la valeur du point

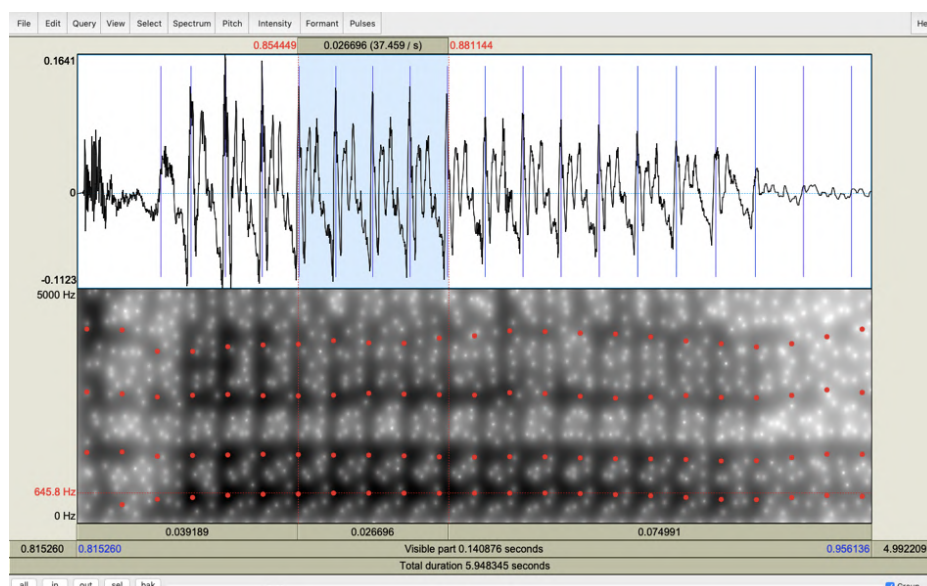
le plus haut et du point le plus bas de la courbe bleue représentant l'évolution de la f_0 au cours du temps.

- **Analyse des formants**

Les voyelles /a/, /i/, /u/ ont été sélectionnées au sein des logatomes correspondants à l'aide de l'information visuelle du spectrogramme et de l'information auditive. Une portion stable du signal audio était sélectionnée. Idéalement, cette portion stable devait compter 10 cycles périodiques (Brescia & Desplat, 2017 ; Derdemeziz et al., 2016). L'analyse acoustique préliminaire a cependant montré que le signal n'était pas aussi stable dans tous les enregistrements, particulièrement pour les voyelles /i/ et /u/. Un minimum de 2 périodes stables était alors attendu pour pouvoir relever les FR, autrement le signal était considéré comme non stable et donc peu fiable.

Une fois la portion sélectionnée, la détection automatique des FR se présente visuellement avec l'option « Show formants ». Des points rouges s'affichent sur le spectrogramme au niveau des bandes fréquentielles plus foncées, où l'énergie y est majoritairement concentrée (Delvaux, 2021). Cette opération est visible dans la figure 3 ci-dessous.

Figure 3. Représentation dans le logiciel Praat (Boersma & Weenink, 2023) de la voyelle /a/ du logatome *papo* produit par P1 au cours de la semaine 4 d'intervention (jour 29). L'onde sonore est visible dans la partie supérieure où 4 cycles stables ont été sélectionnés. Les points rouges représentant les formants détectés par le logiciel sont visibles au niveau du spectrogramme dans la partie inférieure.



La détection automatique des formants est dépendante des réglages de Praat (Boersma & Weenink, 2023) -*Formant settings*-, notamment des valeurs de *Maximum formant* et de *Number of formants*, réglés par défaut à 5500 Hz et 5. Lorsque visuellement les points rouges de détection des formants ne se superposaient pas au niveau des bandes fréquentielles plus foncées, les réglages des formants -*Formant settings*- étaient modifiés pour ajuster au mieux l'analyse de Praat (Boersma & Weenink, 2023) avec l'analyse visuelle. Les options « Get first formant », « Get second formant » et « Get third formant » permettaient ensuite de relever les valeurs moyennes de F1, F2 et F3. Lorsque la qualité du signal auditif empêchait la mise en évidence de bandes formantiques contrastées sur le spectrogramme, les FR détectées par le logiciel n'étaient pas relevées au risque que ces dernières soient faussées.

2.4.3. Questionnaires

Il a été demandé aux participantes de compléter un questionnaire avant le début de l'intervention (entre J1 et J7) afin de recueillir des informations démographiques les concernant (voir annexe 3). Ce questionnaire reprend l'échelle de Likert et 7 items du tableau d'informations démographiques des participantes de Hawley et Hancock (2021), items que nous avons jugés pertinents pour appréhender l'avancement de la transition de chaque participante.

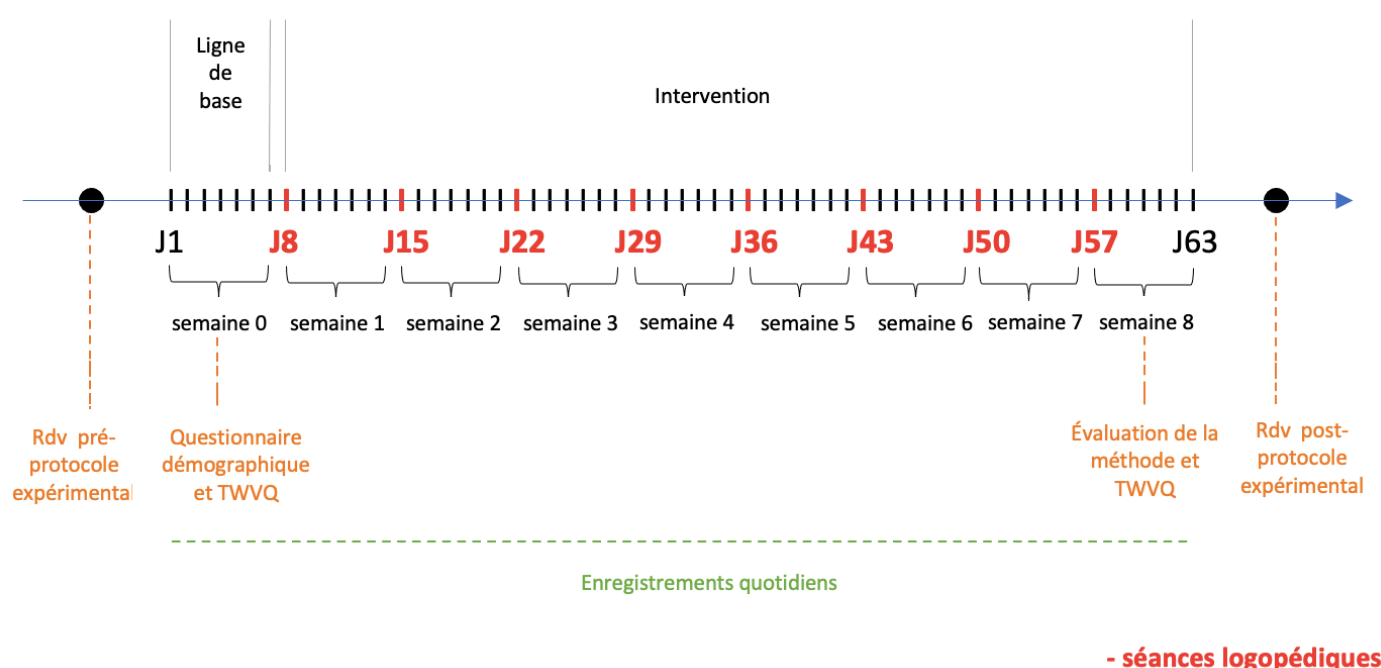
Les participantes ont également complété le TWVQ (Morsomme, Révis & Thomas, 2019) avant le début de l'intervention (entre J1 et J7) et une semaine après la dernière séance de logopédie (jour J63). Comme développé dans la section 3.1.2 *Évaluation subjective*, ce questionnaire permet d'évaluer de manière subjective si l'intervention a eu un impact positif sur la satisfaction vocale des participantes en analysant qualitativement l'évolution des scores pré-intervention et post-intervention. Le questionnaire se trouve en annexe 4.

Un autre questionnaire d'évaluation subjective de la méthode a été distribué aux participantes au terme du protocole expérimental (J63) afin qu'elles puissent exprimer un retour sur l'intervention qui leur a été proposée pendant 8 semaines (voir annexe 5). Ce questionnaire est également analysé de façon qualitative. Il se compose de 7 questions à choix multiples dont 3 tirées de l'évaluation du programme d'intervention de Hawley et Hancock (2021). Nous avons jugé ces 3 questions pertinentes par rapport à la méthode testée (investigation de la compréhension de la méthode, de son effet sur la hauteur et sur la voix). Nous avons créé 4

questions supplémentaires visant à évaluer les aspects suivants : le plaisir du suivi, la suffisance de la durée d'intervention, la féminité du son obtenu et le confort vocal. Nous avons ici aussi repris l'échelle de Likert de Hawley et Hancock (2021).

Une ligne du temps synthétisant le protocole expérimental est illustrée dans la figure 4 ci-après.

Figure 4. Ligne du temps synthétisant le protocole expérimental selon un design de type AB



2.5. Méthodes d'analyse des données et statistiques

Les méthodes d'analyse de données dans le cadre d'un SCED varient considérablement dans la littérature. Certain.e.s auteur.ice.s affirment que les analyses visuelles consistant à représenter les données graphiquement suffisent, d'autres mettent plutôt en avant les analyses statistiques (Cohen et al., 2014). Satake et al. (2008) conseillent de combiner les deux approches en vue d'une analyse complète, c'est ce qui a donc été adopté ici.

Pour l'**analyse visuelle**, les données ont été représentées sous forme de graphiques. Il y a un graphique par paramètre acoustique visé et par participant. Les losanges noirs représentent les valeurs journalières issues des enregistrements quotidiens. Pour rappel, les participantes se sont enregistrées tous les jours avec l'application *Voice Recorder HD* pendant 9 semaines (ligne de base et intervention). Les valeurs journalières sont regroupées par semaine sur les graphiques.

Lorsque aucune valeur ne manque, 7 losanges reliés entre eux par une droite noire sont représentés par semaine. Dans le cas contraire, cela signifie que des valeurs sont manquantes et ce pour diverses raisons possibles : la participante a oublié de s'enregistrer ce jour-ci, la mesure n'a pas pu être extraite à cause d'une qualité d'enregistrement altérée par du souffle ou du bruit, d'un signal non stable ou d'un spectrogramme illisible.⁴ En bleu sont représentées les médianes hebdomadaires qui se basent sur les valeurs journalières de chaque semaine. En vert est représentée la *Mean Baseline Difference* (MBD), c'est-à-dire la moyenne des valeurs journalières de la phase de ligne de base d'une part et de la phase d'intervention d'autre part (Effectuer des analyses statistiques en SCED, s.d.). De plus, nous avons identifié les jours où les participantes suivaient les séances logopédiques en les encadrant en rouge sur les graphiques. Pour rappel, les participantes ont suivi 8 séances. Nous avons plus particulièrement mis en évidence les séances contenant un travail ciblé du paramètre visé en les encadrant en violet sur les graphiques concernés (travail de la f_0 , des FR ou de l'étendue fréquentielle selon les graphiques).

L'analyse statistique inférentielle retenue pour l'étude est le test non-paramétrique Tau. Le test Tau « mesure le non-chevauchement des données (« non overlap ») entre les phases de ligne de base et d'intervention » (Effectuer des analyses statistiques en SCED, s.d., p.9). Autrement dit, si la p-valeur de ce test est significative, cela signifie que les données de la phase d'intervention sont significativement différentes de celles de la ligne de base. Le signe de la valeur Tau indique ensuite le sens de la taille d'effet. Une valeur positive rend compte d'une taille d'effet à la hausse (les données de la phase d'intervention sont supérieures à celles de la ligne de base) ; une valeur négative d'une taille d'effet à la baisse (Effectuer des analyses statistiques en SCED, s.d.).

Il est nécessaire que la ligne de base soit stable pour exploiter le test Tau. Le site <http://ktarlow.com/stats/tau/> met en évidence si la ligne de base est stable ou non. Si elle l'est, le test Tau est proposé. Si elle ne l'est pas, le test alternatif BC-Tau (*baseline corrected*) est suggéré pour corriger la stabilité de la ligne de base avant d'appliquer le test Tau. Nous avons utilisé ce site et ces tests dans les résultats ci-après.

⁴ Peu de valeurs FR ont pu être relevées pour /u/. Cette voyelle était régulièrement soufflée lors des enregistrements, empêchant d'extraire une régularité périodique. Il arrivait également plus souvent que le signal acoustique correspondant à cette voyelle manque de stabilité pour relever les FR associées.

3. Résultats

3.1. La fréquence fondamentale

Pour rappel, nous faisons l'hypothèse que par rapport à la ligne de base, la phase d'intervention permettra : **(H1)** d'augmenter la fréquence fondamentale.

En accord avec cette hypothèse, le test Tau montre une augmentation significative de la f_0 pour les 4 participantes au cours de l'intervention. Pour P1 (BC-Tau = .439, $p < .0001$), la moyenne de la phase d'intervention (161 Hz) est supérieure à la moyenne de la ligne de base (135 Hz) (MBD). Pour P2 (Tau = .347, $p = < .05$), la moyenne de la phase d'intervention (113 Hz) est supérieure à la moyenne de la ligne de base (105 Hz) (MBD). Pour P3 (Tau = .362, $p = < .05$), la moyenne de la phase d'intervention (142 Hz) est supérieure à la moyenne de la ligne de base (120 Hz) (MBD). Pour P4 (Tau = .382, $p = < .05$), la moyenne de la phase d'intervention (174 Hz) est supérieure à la moyenne de la ligne de base (148 Hz) (MBD).

L'hypothèse (H1) est validée. Les graphiques représentant l'évolution de la f_0 médiane au cours du temps de chaque participante sont visibles dans les figures 5, 6, 7 et 8 ci-après.

Figure 5. Évolution de la f_0 médiane de P1 au cours du temps

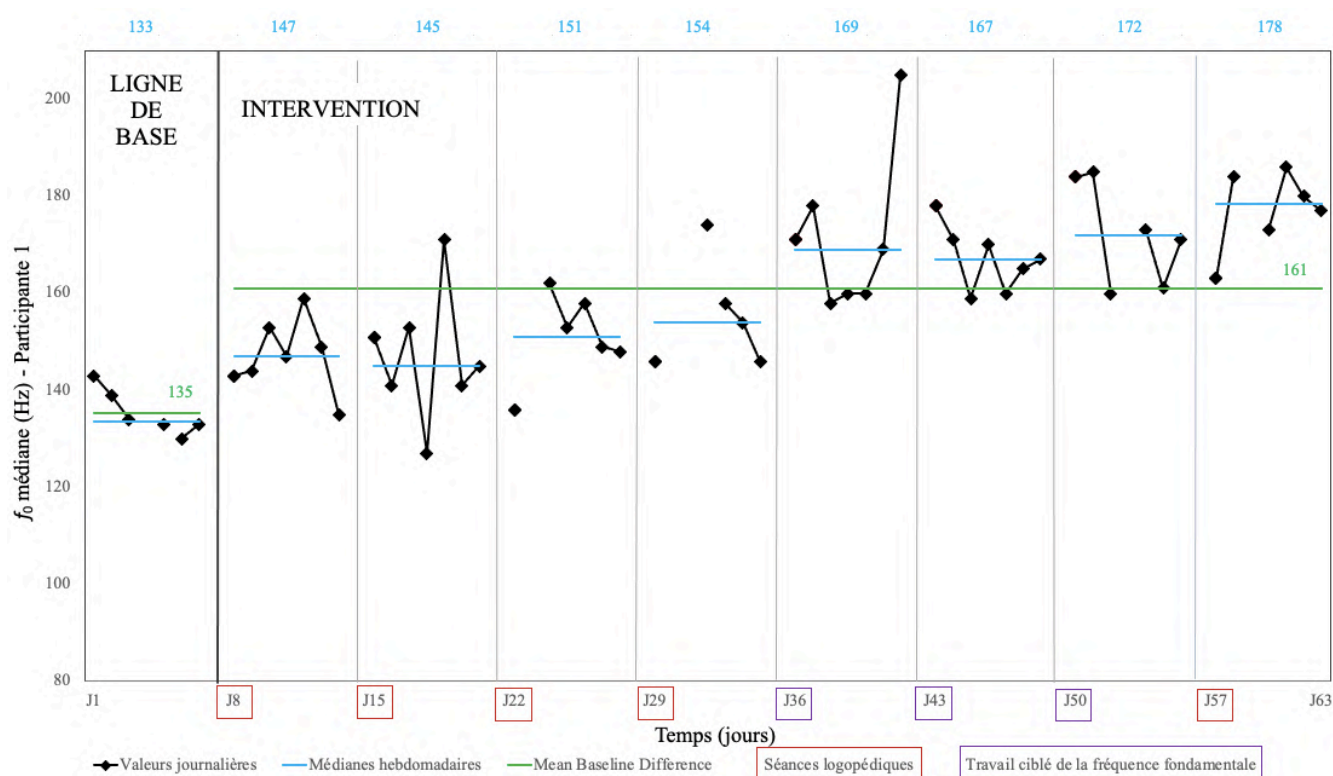


Figure 6. Évolution de la f_0 médiane de P2 au cours du temps

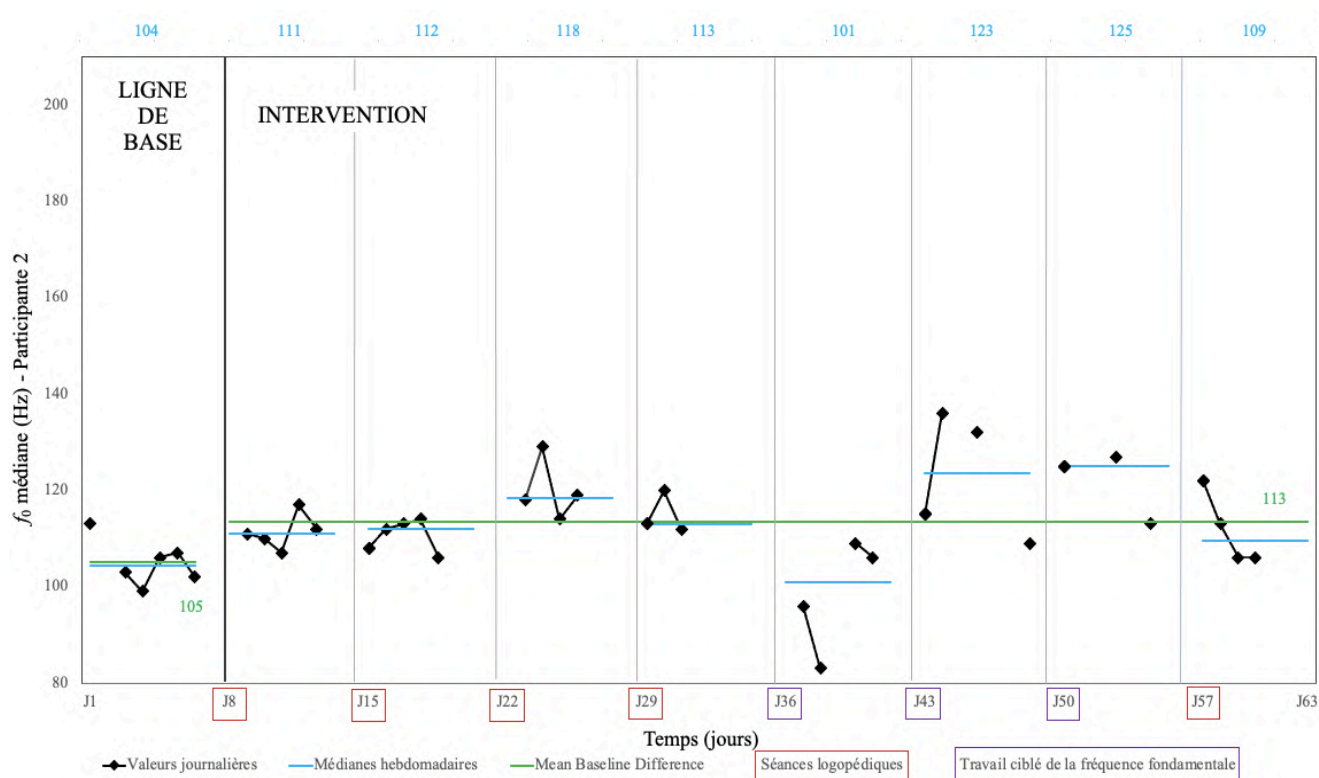


Figure 7. Évolution de la f_0 médiane de P3 au cours du temps

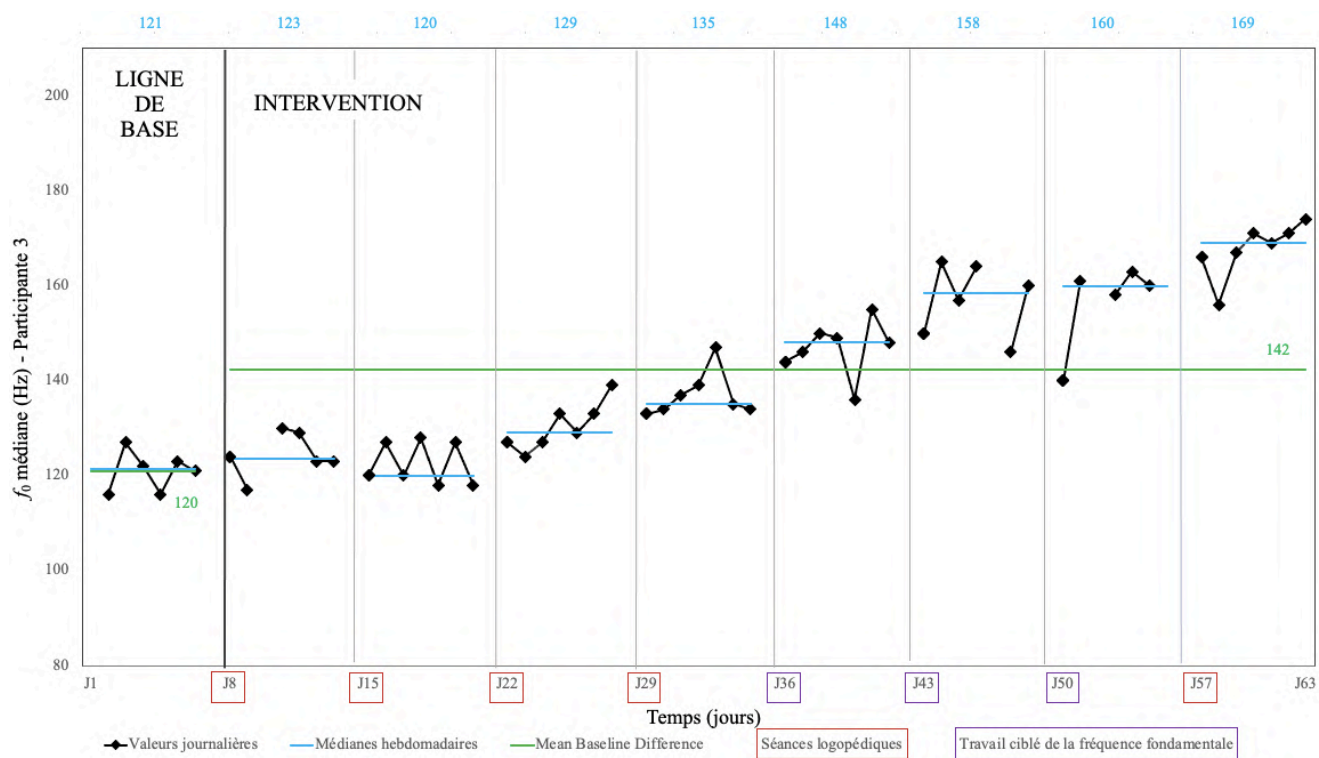
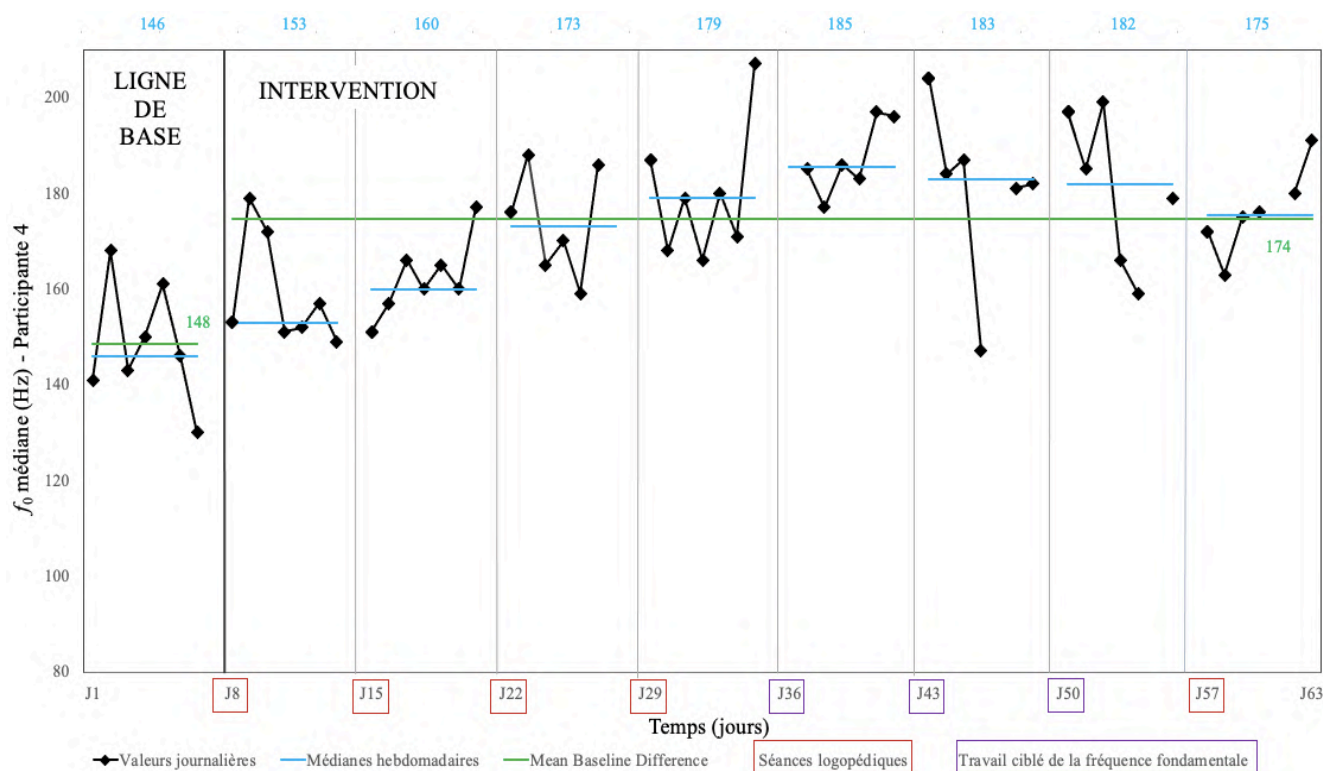


Figure 8. Évolution de la f_0 médiane de P4 au cours du temps



3.2. Les fréquences de résonance

Dans un but de synthèse, nous proposons de rapporter à partir de cette section uniquement les valeurs et graphiques des résultats statistiquement significatifs. Le détail des résultats se trouve en annexe 6. Les graphiques liés aux résultats non significatifs se trouvent en annexe 7.

Nous faisons l'hypothèse que par rapport à la ligne de base, la phase d'intervention permettra : **(H2)** d'augmenter les fréquences de résonance des voyelles /i/, /a/ et /u/.

3.2.1. Voyelle /i/

F1 /i/ : Le test Tau ne montre pas d'augmentation significative de F1 /i/ pour l'ensemble des participantes.

F2 /i/ : Le test Tau montre une augmentation significative de F2 /i/ pour P1 et P3 uniquement. Pour P1 (Tau = .253, $p \leq .05$), la moyenne de la phase d'intervention (2039 Hz) est supérieure à la moyenne de la phase de base (1928 Hz) (MBD). Pour P3 (Tau = .336, $p \leq .05$), la moyenne de la phase d'intervention (2395 Hz) est supérieure à la moyenne de la ligne

de base (2263 Hz) (MBD). Les graphiques représentant l'évolution de F2 /i/ de P1 et P3 au cours du temps sont visibles dans les figures 9 et 10 ci-après.

Figure 9. Évolution de F2 /i/ moyenne de P1 au cours du temps

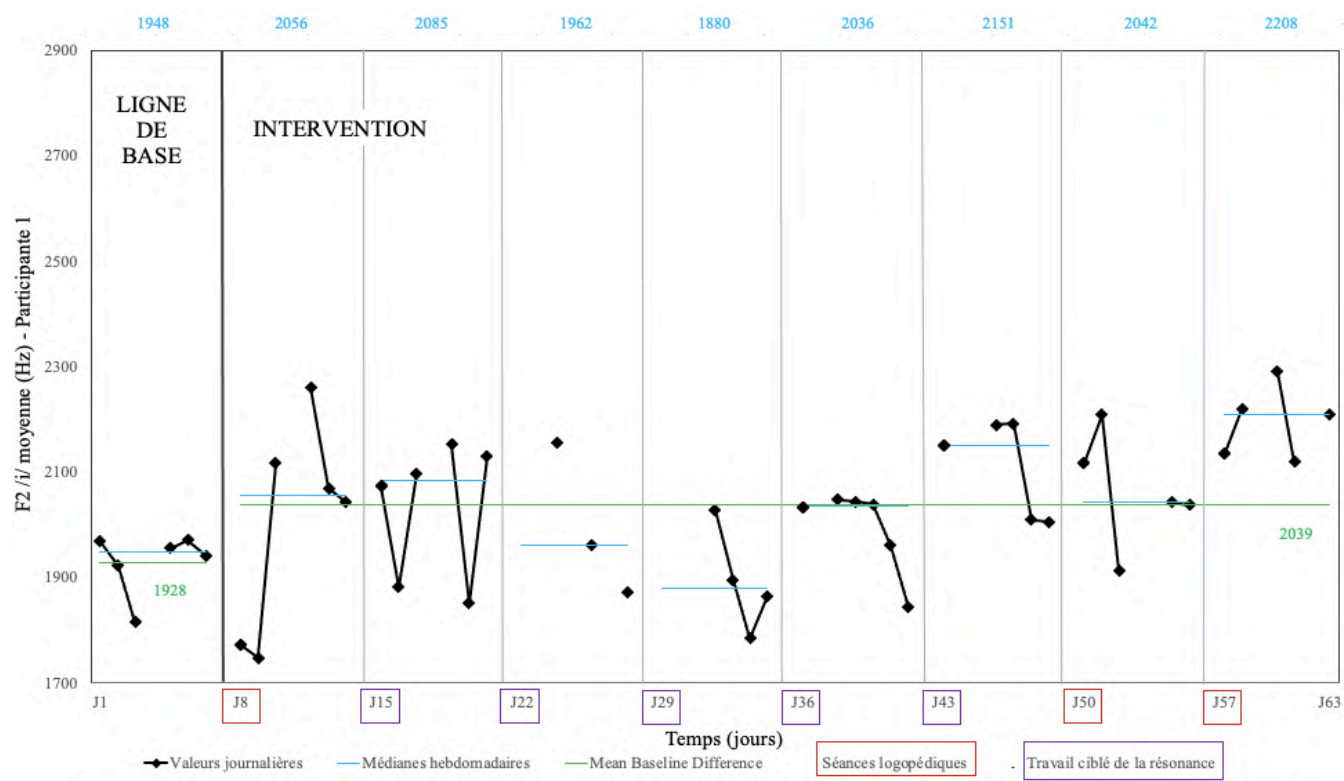
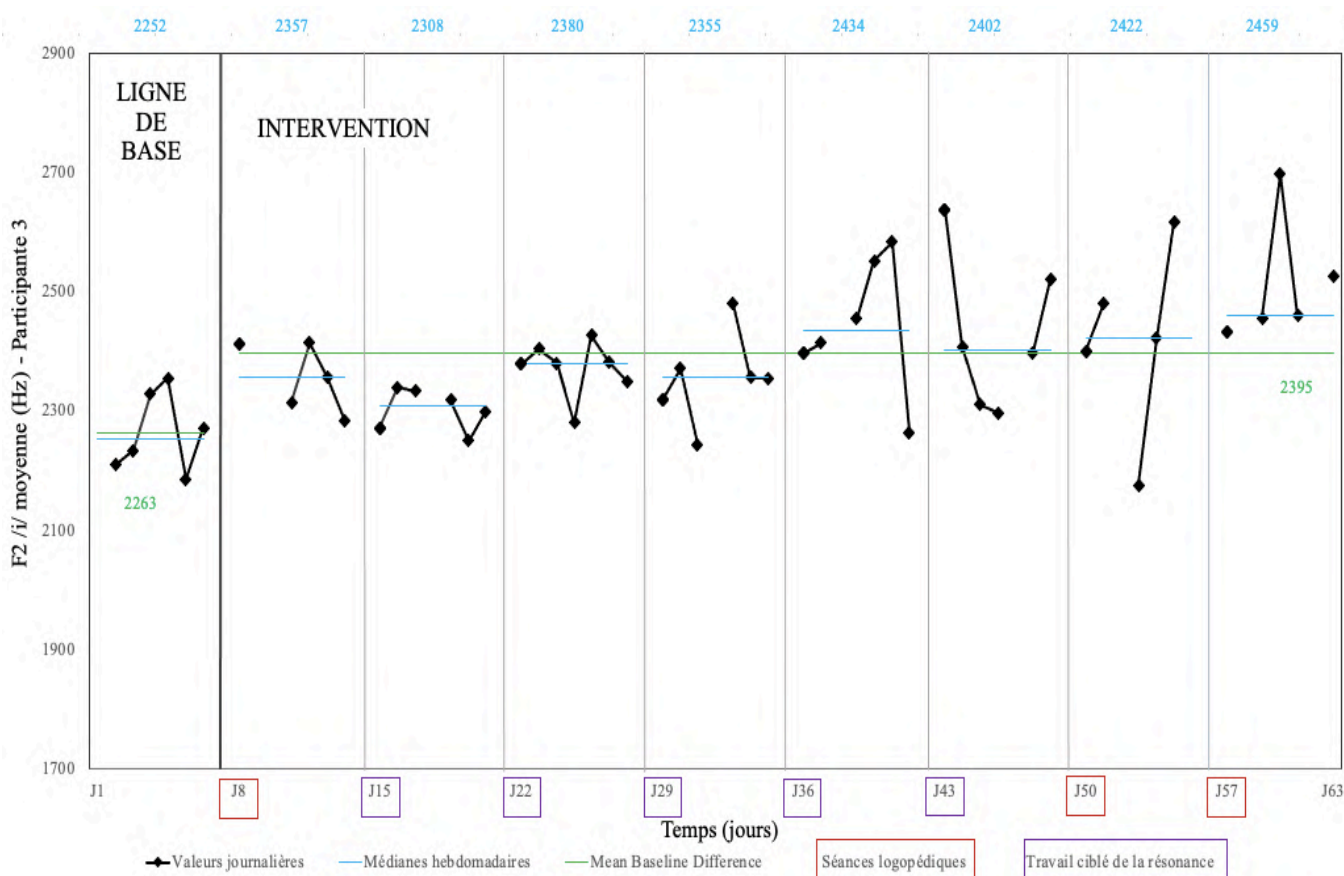


Figure 10. Évolution de F2 /i/ moyenne de P3 au cours du temps



F3 /i/ : Le test Tau ne montre pas d'augmentation significative de F3 /i/ pour l'ensemble des participants.

3.2.2. Voyelle /a/

F1 /a/ : Le test Tau montre une augmentation significative de F1 /a/ pour P1, P3 et P4. Pour P1 (Tau = .314, $p \leq .05$), la moyenne de la phase d'intervention (599 Hz) est supérieure à la moyenne de la ligne de base (531 Hz) (MBD). Pour P3 (Tau = .279, $p \leq .05$), la moyenne de la phase d'intervention (583 Hz) est supérieure à la moyenne de la ligne de base (518 Hz) (MBD). Pour P4 (Tau = .285, $p \leq .05$), la moyenne de la phase d'intervention (659 Hz) est supérieure à la moyenne de la ligne de base (526 Hz) (MBD). Les graphiques représentant l'évolution de F1 /a/ de P1, P3 et P4 au cours du temps sont visibles dans les figures 11, 12 et 13 ci-après.

Figure 11. Évolution de F1 /a/ moyenne de P1 au cours du temps

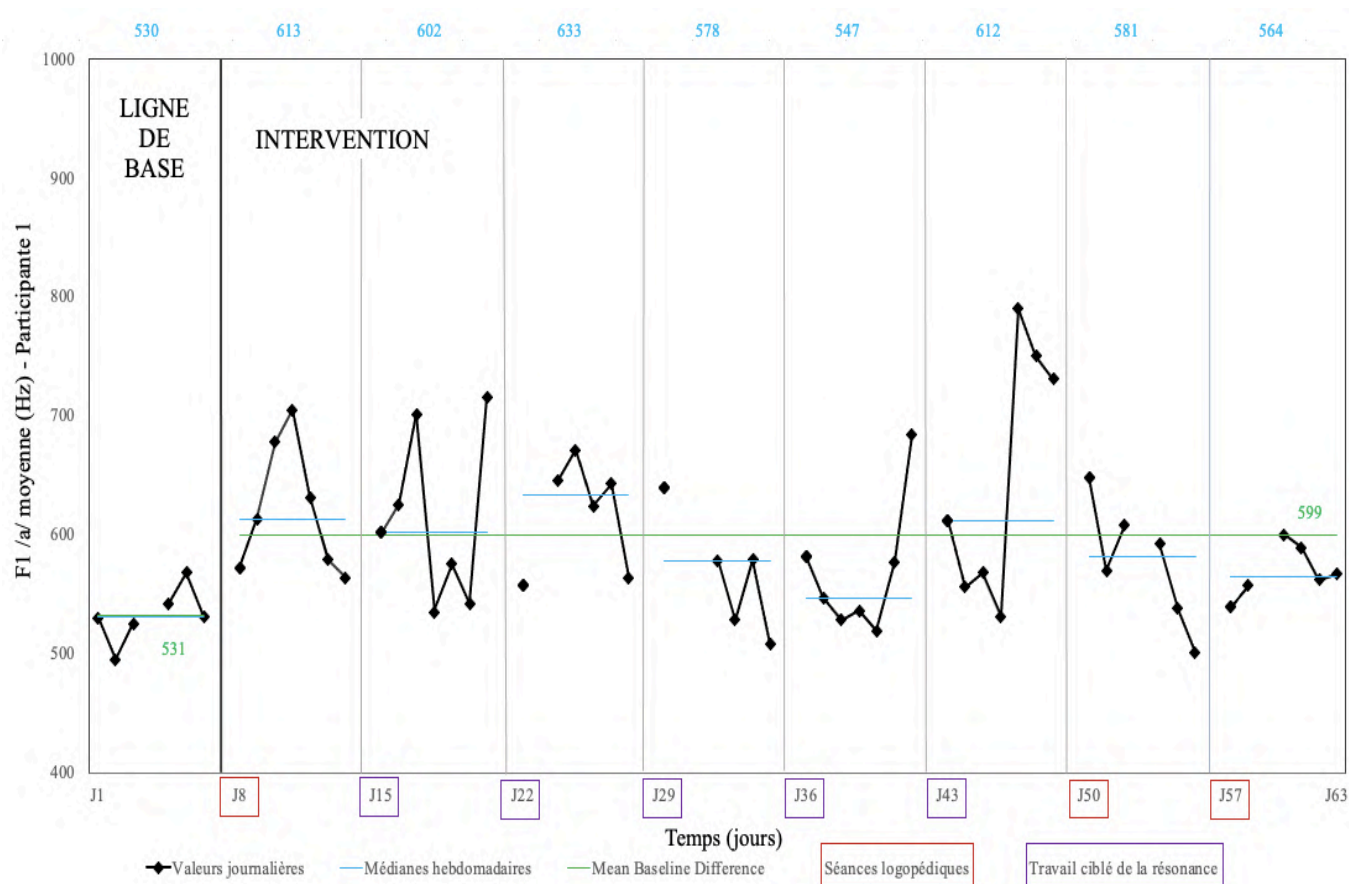


Figure 12. Évolution de F1 /a/ moyenne de P3 au cours du temps

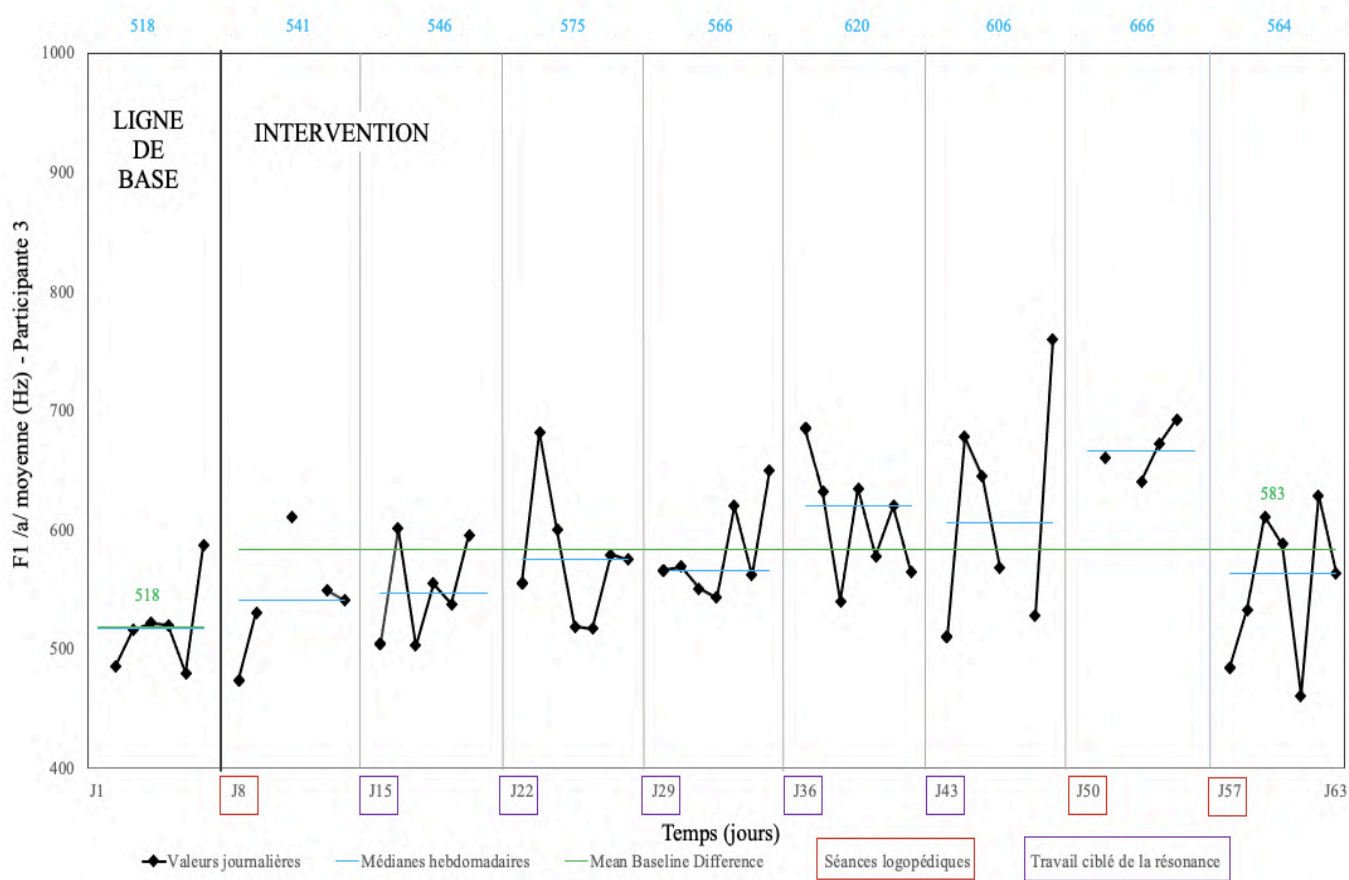
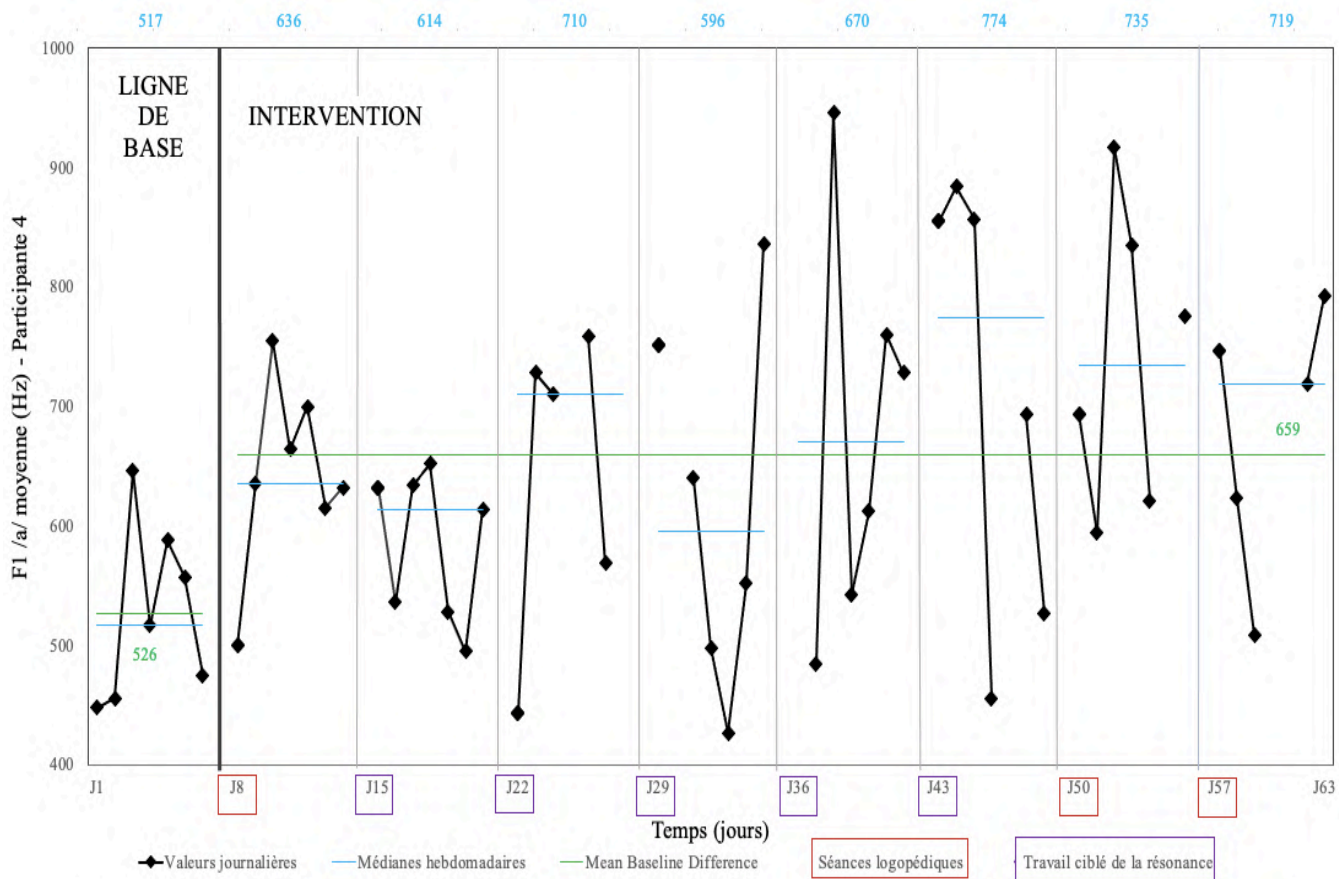


Figure 13. Évolution de F1 /a/ moyenne de P4 au cours du temps



F2 /a/ : Le test Tau ne montre pas d'augmentation significative de F2 /a/ pour l'ensemble des participantes.

F3 /a/ : Le test Tau ne montre pas d'augmentation significative de F3 /a/ pour l'ensemble des participantes.

3.2.3. Voyelle /u/

F1 /u/ : Le test Tau ne montre pas d'augmentation significative de F1 /u/ pour l'ensemble des participantes.

F2 /u/ : Le test Tau ne montre pas d'augmentation significative de F2 /u/ pour l'ensemble des participantes.

F3 /u/ : Le test Tau ne montre pas d'augmentation significative de F3 /u/ pour l'ensemble des participantes.

L'hypothèse (H2) est partiellement validée. Les FR ayant significativement augmenté entre la ligne de base et la ligne d'intervention sont F2 /i/ pour P1 et P3 et F1 /a/ pour P1, P3 et P4.

3.3. Étendue fréquentielle

Nous faisons l'hypothèse que par rapport à la ligne de base, la phase d'intervention permettra : **(H3)** d'augmenter l'étendue fréquentielle.

Le test Tau ne montre pas d'augmentation significative de l'étendue fréquentielle pour l'ensemble des participantes.

L'hypothèse (H3) est invalidée.

3.4. Questionnaires

Le score global du TWVQ de toutes les participantes a diminué en post intervention. Leurs expériences vocales négatives ont donc diminué à la suite de l'intervention logopédique. L'application de la méthode semble avoir particulièrement profité à la participante P4 dont le score global de TWVQ a diminué de 42 points. Cette participante avait le deuxième plus grand score d'inconfort vocal avant la phase d'intervention. A la fin du testing, elle a le plus petit score avec la participante P2. Les scores sont visibles dans le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3. Scores globaux des participantes au TWVQ en pré et post intervention

<u>TWVQ</u>	Score global pré intervention	Score global post intervention
P1	105/120	84/120
P2	56/120	55/120
P3	81/120	68/120
P4	97/120	55/120

L'évaluation subjective de la méthode complétée en post intervention est globalement positive chez les 4 participantes. Elles considèrent toutes que l'application de la méthode a eu un effet positif sur leur voix. Elles l'ont trouvé suffisamment explicite et compréhensible et ont pris plaisir à la suivre. Elles ont également remarqué une augmentation de la hauteur de leur voix au cours du suivi logopédique. De plus, le son de leur voix leur paraît globalement plus féminin. Les scores sont moins élevés concernant le confort vocal atteint et la suffisance de 8 séances pour intégrer la méthode. Le tableau 4 ci-dessous reprend les cotations des participantes.

Tableau 4. Notes des participantes attribuées à l'évaluation subjective de la méthode

<u>Évaluation subjective de la méthode</u>	P1	P2	P3	P4
Pensez-vous que l'application de la méthode a eu un effet positif sur votre voix ?	5	5	4	5
Avez-vous remarqué une augmentation de la hauteur de la voix pendant le suivi ?	4	5	4	4
Avez-vous remarqué une augmentation de la féminité du son de votre voix pendant le suivi ?	4	5	4	5
Vous sentez-vous confortable avec votre voix actuellement ?	3	3	3	4
Avez-vous pris plaisir à suivre cette méthode de féminisation vocale ?	5	4	5	5
Le nombre de huit séances vous a-t-il paru suffisant pour intégrer cette méthode ?	4	3	2	3
Avez-vous trouvé cette méthode suffisamment explicite et compréhensible ?	5	5	5	4

Note attribuée sur une échelle de 1 (« pas du tout ») à 5 (« beaucoup »)

4. Discussion

L'objectif du présent mémoire était d'évaluer l'effet de la méthode « Féminiser sa voix en 3 notes et 8 étapes » (Perrière & Révis, 2019) sur la voix de femmes transgenres. Notre analyse a porté sur les paramètres vocaux de f_0 , FR et d'étendue fréquentielle. Le design a pris la forme d'une étude de cas uniques (SCED) de 4 femmes transgenres. La phase d'intervention se déroulant sur 8 semaines a été comparée à une ligne de base se déroulant sur 1 semaine.

4.1. Discussion relative à la méthode

4.1.1. Apport d'un design SCED avec analyse statistique inférentielle

Le niveau de preuve des SCED est équivalent aux revues systématiques d'essais contrôlés randomisés (Effectuer des analyses statistiques en SCED, s.d.). Ce design était donc approprié pour investiguer l'efficacité de la méthode de Perrière et Révis (2019) avec un niveau de preuve élevé. Nous avons vu dans la section 3.2.2. *Protocoles d'intervention ayant fait l'objet d'études* que les programmes de féminisation vocale testés à travers un SCED (Garnier, 2014 ; Loret, 2018) se limitaient à des analyses visuelles qualitatives. Notre recours à une analyse statistique inférentielle, à travers le test non-paramétrique Tau, permet d'objectiver davantage les éventuelles différences entre les valeurs acoustiques relevées en ligne de base et celles relevées en phase d'intervention.

Certain.e.s auteur.rice.s font le choix d'intégrer des tests paramétriques dans leur design, cependant les conditions d'application sont violées dans un SCED, notamment au niveau de l'indépendance de l'échantillon (Cohen et al., 2014). Selon Satake et al. (2008), utiliser des tests paramétriques en enfreignant leurs conditions d'application augmente le risque de rejeter l'hypothèse nulle à tort (erreur de type I ou faux positif). Le recours à un test non-paramétrique, comme nous avons procédé, nous apparaît comme le meilleur compromis.

4.1.2. Intérêt de la représentation visuelle dans un design SCED

La représentation visuelle dans un SCED présente l'intérêt majeur de pouvoir suivre l'évolution des participant.e.s de façon fine. En outre, les valeurs acoustiques journalières présentées en noir dans nos graphiques permettent d'observer l'évolution vocale des participantes jour après jour durant 9 semaines. Ceci nous permet de constater que l'évolution vocale n'est pas linéaire, mais présente un pattern en « dents de scie ».

Étant donné que l'intervention logopédique était proposée à raison d'une séance par semaine, la représentation visuelle des médianes hebdomadaires permet d'observer si une tendance positive est présente, et si oui à partir de quelle semaine. C'est également ainsi qu'ont procédé Hawley et Hancock (2021) en calculant les moyennes hebdomadaires et non les médianes. Les médianes nous semblent cependant être la meilleure option statistique pour les petits échantillons de 7 données hebdomadaires.

4.1.3. Mise en évidence des différences inter-individuelles dans un design SCED

Le design SCED a permis de souligner certaines différences vocales inter-individuelles dans la partie 3. *Résultats*. Par exemple au niveau des MBD de la f_0 (ligne de base / intervention), les valeurs diffèrent pour P1 (135 Hz / 161 Hz), P2 (105 Hz / 113 Hz), P3 (120 Hz / 142 Hz) et P4 (148 Hz / 174 Hz). Si on considère ce qui a été mis en évidence dans la section 2.1.1. *La fréquence fondamentale*, la zone « neutre » ou « d'ambiguïté » s'étend de 145 Hz à 165 Hz en-deçà de laquelle se trouvent les normes masculines, et en-delà les normes féminines. Selon ces normes, les f_0 moyennes de P2 et P3 restent dans les normes masculines, celle de P1 passe des normes masculines à la zone neutre, et la f_0 moyenne de P4 passe de la zone neutre aux normes féminines. Les participantes ont donc des profils vocaux différents. L'intérêt du SCED est de pouvoir mettre ces différences inter-individuelles en évidence et de souligner les évolutions des participantes par rapport à elles-mêmes.

Il nous semble en effet que l'accompagnement logopédique en féminisation vocale ne trouve pas son intérêt principal dans le fait de faire correspondre les voix des patientes à des normes. En outre, malgré le fait que les f_0 moyennes de P2 et P3 demeurent dans les normes masculines, les participantes ont évolué par rapport à leur ligne de base ce qui était l'objet principal de notre intérêt. Dans son étude testant l'efficacité de la méthode Astudillo (2019), Falla (2021) fait le choix d'aborder les deux angles d'approche dans ses hypothèses : l'évolution des paramètres vocaux et leur comparaison aux normes genrées.

Le design SCED a également permis de souligner des différences inter-individuelles dans l'effet de la méthode, dans le sens où des valeurs acoustiques ont augmenté significativement chez certaines participantes et non chez d'autres. Par exemple, aucun formant n'a augmenté significativement chez P2 contrairement à P1 et P3 qui ont vu leur F2 /i/ et F1 /a/ augmenter de façon significative. F1 /a/ a également augmenté significativement chez P4. En séances, la participante P2 exprimait ses difficultés à comprendre le paramètre de résonance et à le travailler. Des éléments intrinsèques aux participantes pourraient donc expliquer les différences inter-individuelles observées dans l'effet de la méthode sur leur voix, comme ici avec P2.

Des éléments extrinsèques pourraient également les expliquer. Nous les abordons ci-après à travers le concept de fidélité d'application de l'intervention.

4.1.4. Fidélité d'application de l'intervention

Traduit au domaine de l'application d'une intervention, la fidélité désigne la précision et la constance avec lesquelles un programme a été délivré. En outre, la méthode « Féminiser sa voix en 3 notes et 8 étapes » (Perrière & Révis, 2019) n'a pas été proposée exactement de la même façon à toutes les participantes.

Les participantes avaient tout d'abord le libre choix des chansons à partir desquelles nous appliquions les exercices. Elles provenaient toutes de l'*orthoplaylist* créée par Perrière et Révis pour leur protocole (2019). Les chansons y sont classées selon les étapes qu'elles permettent de travailler. Cette *orthoplaylist* étant fournie et les participantes ayant des goûts musicaux variés, les supports musicaux choisis étaient différents.

La méthode laisse également une marge d'adaptation en proposant de nombreux exercices permettant de travailler le même paramètre. Perrière et Révis ont procédé ainsi pour permettre aux patientes de choisir les exercices qui leur conviennent le mieux pour le travail à la maison (communication personnelle, août 2022). Dans le protocole (annexe 1), ces marges de choix sont visibles dans la colonne « Travail à la maison pour la prochaine séance » des séances 2 (étape 4 – résonance), 4 (étape 5 – articulation) et 5 (étape 5 – articulation). Il y est indiqué « reprendre les 2 exercices les plus parlants pour la participante ». Les participantes n'avaient pas les mêmes attrait pour les mêmes exercices, les entraînements ont donc été différents. De plus, si nous demandions aux participantes un entraînement quotidien de 5 à 15 minutes 2 fois par jour (Perrière & Révis, 2017), nous n'avons pas contrôlé objectivement le temps d'entraînement des participantes en dehors des séances.

Finalement, les intervenantes ont été amenées à adapter le protocole clinique (annexe 1) en fonction des besoins des participantes. Comme décrit dans la section 4.1.3. *Mise en évidence des différences inter-individuelles dans un design SCED*, il était difficile pour P2 de comprendre et sentir les modifications de résonance à travers les exercices proposés, c'est pourquoi nous nous sommes davantage attardées sur les étapes 4 de chaque séance avec elle (étape ciblant le travail de la résonance). Nous prolongions le travail de la résonance avec P2 de 5 à 10 minutes. Une autre adaptation s'est produite avec P4 lors de la séance 5. Nous n'avons pas eu le temps d'aborder tous les exercices de

l'étape 6 (travail de la hauteur et des intonations) car la participante ressentait le besoin de se confier sur les difficultés qu'elle ressentait avec sa voix. Nous avons considéré qu'il était important de laisser le temps de parole nécessaire à la participante et nous avons rattrapé notre retard à la séance suivante. Ces modifications ont altéré la fidélité d'application du protocole, cependant l'adaptation de la prise en soin en fonction des besoins des patient.e.s est importante en logopédie et mise en avant par Pasternak et Francis (2019).

4.1.5. Tâche d'enregistrements quotidiens

Les participantes se sont enregistrées quotidiennement pendant 9 semaines avec leur smartphone via l'application gratuite *Voice Recorder HD*. Il est possible que cette tâche ait exercé une influence sur leur voix. D'une part, demander aux participantes de s'enregistrer quotidiennement a pu les amener à penser à leur voix et contribuer à leur évolution (A. Remacle, communication personnelle, 5 juillet 2023). D'autre part, il est possible que la tâche de lecture demandée pour les enregistrements ait favorisé un meilleur contrôle vocal en nécessitant moins de ressources cognitives qu'une tâche de discours spontanée. C'est ce qu'avancent Hancock et Helenius (2012) dont la participante transgenre a obtenu une hauteur vocale plus élevée lorsqu'elle lisait que lorsqu'elle parlait spontanément.

Le fait que les participantes soient autonomes pour s'enregistrer permet de faciliter la collecte des données (Manfredi et al., 2017), cependant la qualité d'enregistrement ne peut pas être contrôlée. Il est donc arrivé à plusieurs reprises que des données soient inexploitable à l'analyse à cause de la présence de souffle dans la voix des participantes, majoritairement pour les voyelles /i/ de *pipo* et /u/ de *poupo*. Hawley et Hancock (2021), dont les participantes transgenres devaient s'enregistrer plusieurs fois par semaine, ont également opté pour l'utilisation d'une application, *Voice Analyst*. Les auteurs n'ont pas relevé de données manquantes pour cause de mauvaise qualité d'enregistrement, cependant seule la f_0 y était extraite et non des valeurs formantiques comme dans notre étude. Il est donc possible que les formants soient les paramètres acoustiques les plus à risque d'être altérés dans les enregistrements autonomes des participant.e.s, plus particulièrement par du souffle si les voyelles visées sont insérées dans un *connected speech*, comme ici.

4.2. Interprétation des résultats

4.2.1. La fréquence fondamentale

(H1) Par rapport à la ligne de base, la phase d'intervention permettra d'augmenter la fréquence fondamentale.

La f_0 est un paramètre important dans l'identification du genre. Dans la section 2.1.1. *La fréquence fondamentale*, nous avons vu qu'il s'agissait notamment d'un des deux paramètres considérés comme primordiaux pour identifier le genre d'une voix. Les voix féminines sont caractérisées par une hauteur vocale plus élevée que les voix masculines (Arnold, 2015a).

Le test Tau met en évidence que la f_0 des quatre participantes a augmenté de façon significative au cours de la phase d'intervention. Au niveau perceptif, cela signifie que la hauteur vocale des participantes est significativement plus élevée en phase d'intervention. Au niveau anatomo-physiologique, la méthode de Perrière et Révis (2019) amène donc les participantes à diminuer la masse vibrante de leurs plis vocaux. Ceci est consistant avec les protocoles de féminisation vocale de Garnier (2014), de Pintiaux (2019) et d'Astudillo (2019) dont l'intervention a également permis d'augmenter la f_0 des participantes. L'effet significatif n'avait été cependant montré que pour la méthode Astudillo (2019) dans l'étude de Falla (2021). Le protocole de Loret (2018) n'avait pas eu d'effet sur la f_0 des participantes.

Comme détaillé dans le protocole clinique, le travail de la f_0 s'est déroulé aux séances 5, 6 et 7. Les exercices visaient la compréhension des différents mécanismes vocaux et l'entraînement pour passer d'un mécanisme vocal à l'autre (séance 5). Nous avons également travaillé la lecture des paroles des chansons à une f_0 plus élevée en *recto tono*⁵ puis en élargissant la tessiture (séances 5, 6 et 7).

L'évolution des valeurs médianes hebdomadaires montre globalement une tendance positive qui correspond aux semaines où ces exercices ont été abordés (5, 6, 7). L'évolution objective de la f_0 semble donc être en lien direct avec le contenu du programme. Pour P1 (figure 5), une augmentation plus marquée est relevée à partir de la semaine d'intervention 5 ; pour P2 (figure 6) aux semaines 6 et 7. Pour P4 (figure 8), la f_0 se stabilise autour de 180 Hz à partir de la semaine 5.

⁵ Sans variations de hauteur ; sur une seule note.

4.2.2. Les fréquences de résonance

(H2) Par rapport à la ligne de base, la phase d'intervention permettra d'augmenter les fréquences de résonance des voyelles /i/, /a/ et /u/.

Les FR représentent le deuxième paramètre considéré comme primordial pour identifier le genre d'une voix. Il est le corrélat acoustique du timbre (Arnold, 2015a). Les FR des femmes sont typiquement plus élevées que les FR des hommes (Davies et al., 2015 ; Pépiot, 2013).

Les mesures de formant nous communiquent des informations relatives à l'anatomo-physiologie. Ce sont des mesures objectives de modifications du conduit vocal. Pour rappel, F1 est lié au degré d'aperture de la mandibule, F2 à la position de la langue sur l'axe antéro-postérieur et F3 à la configuration labiale (Vaissière, 2006, cité par Arnold, 2015a).

Le travail de la résonance a été ciblé au niveau de l'étape 4 abordée aux séances 2, 3 et 4 (annexe 1). Nous avons travaillé des exercices de conscientisation de la résonance (séances 2 et 3), d'antériorisation linguale et d'étirement labial des voyelles (séance 3). Un travail a aussi été mené sur les chansons possédant des phonèmes facilitateurs (phonèmes antérieurs) (séance 4). Les rappels d'exercices au début des séances 5 et 6 ont été également centrés sur la résonance car il s'agissait du paramètre avec lequel les participantes étaient moins à l'aise.

Voyelle /i/ : Une augmentation significative a été relevée pour F2 /i/ de P1 et P3. Les autres formants analysés n'ont pas évolué de façon significative. Cela signifie que la méthode de Perrière et Révis (2019) amène les participantes P1 et P3 à modifier leur conduit vocal de sorte à ce que leur voix sonne de façon plus féminine. Plus précisément, les exercices les ont amenées à articuler le /i/ de *pipo* de façon plus antérieure. Contrairement à nos résultats, les autres protocoles de féminisation vocale ne semblent avoir eu d'effet significatif sur aucun formant de /i/ (Garnier, 2014 ; Loret, 2018).

L'évolution des valeurs médianes hebdomadaires montre globalement une tendance positive en fin de phase d'intervention. C'est le cas pour F2 /i/ de P1 à partir de la semaine 6 (figure 9).

F3 /i/ n'est significative pour aucune des participantes, cependant nous observons une tendance positive à partir de la semaine 5 pour P3 (voir figure 22 en annexe 7) et à partir de la semaine 6 pour P4 (voir figure 23 en annexe 7). Les semaines concernées par le travail de la résonance étant les semaines 2, 3, 4, 5 et 6, **l'effet de l'intervention sur les FR semble donc tardif.**

Voyelle /a/ : Une augmentation significative a été relevée pour F1 /a/ de P1, P3 et P4. Les autres formants analysés n'ont pas évolué de façon significative. Ceci signifie que les exercices de résonance ont amené P1, P3 et P4 à articuler le /a/ de *papo* avec une ouverture plus ouverte de la mandibule. Ceci est consistant avec les résultats de Loret (2018) dont le F1 /a/ s'est élevé à la suite de l'application de son protocole. Loret (2018) observe également une élévation de F2 /a/ contrairement à nos résultats. Les résultats de Loret (2018) ne sont cependant pas soumis à un test statistique inférentiel.

Comme pour la voyelle /i/, nous observons une tendance positive dans l'évolution des FR majoritairement en fin de phase d'intervention. Les médianes hebdomadaires de F1 /a/ P3 (figure 12) et F1 /a/ P4 (figure 13) se distinguent le plus de la ligne de base aux semaines 5 et 6 respectivement. Si l'évolution de F2 /a/ et F3 /a/ n'est significative pour aucune des participantes, nous observons une tendance positive en fin de phase d'intervention pour : F2 /a/ de P3 à partir de la semaine 5 (voir figure 27 en annexe 7) ; pour F2 /a/ de P4 à partir de la semaine 6 (voir figure 28 en annexe 7) ; pour F3 /a/ de P2 à partir de la semaine 6 (voir figure 30 en annexe 7) ; pour F3 /a/ de P3 aux semaines 6 et 8 (voir figure 31 en annexe 7). **Ceci suggère un effet tardif de l'intervention.**

Voyelle /u/ : Aucun formant de /u/ n'a augmenté de façon significative. Cela signifie que les exercices proposés n'ont pas amené les participantes à articuler le /u/ de *poupo* d'une façon différente par rapport à la ligne de base. Ceci est consistant avec les résultats de Loret (2018) dont les FR /u/ n'ont pas évolué à la suite de l'application de son protocole.

Contrairement à notre hypothèse, les formants F1 /u/ de P1 (voir figure 33 en annexe 7) et P2 (voir figure 34 en annexe 7), ainsi que le formant F3 /u/ de P1 (voir figure 41 en annexe 7) ont significativement diminué entre la phase de ligne de base et la phase d'intervention. Ceci pourrait s'expliquer par le peu de données qui ont pu être extraites pour /u/, causé par une qualité de signal appauvrie (soufflée ou instable).

En revanche, si l'évolution de F2 /u/ de P1 n'est pas significative (voir figure 37 en annexe 7), nous observons une tendance positive lors de la dernière semaine d'intervention.

4.2.3. L'étendue fréquentielle

(H3) Par rapport à la ligne de base, la phase d'intervention permettra d'augmenter l'étendue fréquentielle.

L'étendue fréquentielle est le corrélat acoustique des contrastes intonatifs. Comme développé dans la section 2.2.1. *Les contrastes intonatifs*, l'intonation désigne « les variations de la fréquence fondamentale dans le temps » (Pépiot, 2013, p.30). Les voix féminines sont caractérisées par une étendue fréquentielle plus élevée que les voix masculines (Falla, 2021).

L'étendue fréquentielle a été travaillée spécifiquement au cours des 8 séances d'intervention. Comme détaillé dans le protocole clinique (annexe 1), chaque fin de séance abordait le travail de la voix parlée (étape 8). Les participantes devaient partir de la mélodie de la chanson, puis poursuivre les paroles en voix parlée en conservant une étendue fréquentielle exagérée (*voix emphasée*), puis moins exagérée (*voix impliquée*) et enfin plus naturelle (*voix conversationnelle*). L'étendue fréquentielle était également travaillée au cours de l'étape 6 (souplesse mélodique) via l'entraînement de la lecture des paroles des chansons en *recto tono* puis en élargissant la tessiture aux séances 5, 6 et 7.

Le test Tau ne met pas en évidence d'augmentation significative de l'étendue fréquentielle des participantes. Au niveau perceptif, cela signifie que la voix des participantes n'est pas caractérisée par plus d'intonations au cours de la phase d'intervention. Ceci est relativement consistant avec les données des autres protocoles d'intervention en féminisation vocale. Loret (2018) ne trouve pas d'augmentation significative de l'étendue fréquentielle à la suite de l'intervention de sa méthode. Falla (2021) n'a pas pu tirer de conclusions sur ce paramètre pour la méthode Astudillo (2019) car les données obtenues étaient aberrantes. Enfin, Garnier (2014) observe une augmentation qualitative de l'étendue fréquentielle pour une participante seulement.

Aucune tendance positive n'est observée dans les graphiques (voir figures 45, 46, 47 et 48 en annexe 7). Contrairement à notre hypothèse, l'étendue fréquentielle de P3 (voir figure 47 en annexe 7) diminue de façon significative entre la phase de ligne de base et la phase d'intervention.

Comme nous, Dahl et Mahler (2019) et Hancock et al. (2014) obtiennent des résultats invalidant leurs hypothèses de départ concernant l'intonation, mais ne se montrent pas surpris. Ils avancent que les méthodologies sont très hétérogènes dans les études évaluant les contrastes intonatifs. Certain.e.s

expriment l'étendue fréquentielle en demi-tons comme nous, d'autres en Hertz, d'autres encore en schémas d'inflexion. Les données de la littérature manquent donc de robustesse pour ce paramètre.

4.2.4. Retour subjectif des participantes

Les scores globaux des participantes ont tous diminué en post intervention pour le TWVQ (tableau 3), indiquant une augmentation de leur bien-être vocal. L'évaluation subjective de la méthode est globalement positive (tableau 4) étant donné que l'ensemble des participantes attribue à la plupart des items les notes maximales attribuables (4 ou 5). Ceci n'est pas le cas des items *Vous sentez-vous confortable avec votre voix ?* et *Le nombre de huit séances vous a-t-il paru suffisant pour intégrer cette méthode ?* (note de 3 majoritaire pour « un peu »).

Ceci indique d'une part que si le bien-être vocal s'est amélioré, les participantes ne se sentent pas encore tout à fait confortables avec leur voix. Cette observation est consistante avec les données acoustiques qui ne montrent pas d'augmentation significative pour l'ensemble des paramètres visés, notamment certains FR et l'étendue fréquentielle. Cela suggère que les participantes peuvent encore évoluer vocalement. En outre, l'ensemble des participantes a poursuivi le travail de féminisation vocale avec Clémence Porte à la suite du testing.

D'autre part, cela signifie que le temps d'intervention a été ressenti comme trop court et que 8 séances n'étaient peut-être pas suffisantes pour permettre aux participantes d'intégrer pleinement la méthode. Ceci est également consistant avec nos mesures objectives des FR où un effet tardif de l'intervention a été mis en évidence.

4.3. Limites et perspectives

Nous pourrions supposer qu'une phase d'intervention plus longue pourrait laisser plus de temps pour évoluer vocalement de façon significative. Il serait intéressant qu'une prochaine étude mette en place une phase d'intervention de plus de 8 semaines. 10 à 12 séances hebdomadaires sembleraient appropriées pour permettre aux participantes de mieux tirer parti de la méthode selon Perrière et Révis (communication personnelle, août 2022). Aussi, une évaluation post-intervention plus éloignée serait pertinente pour évaluer le maintien des résultats dans le temps, ce qui n'a pas été mené ici.

Bien que le public transgenre soit difficile à recruter en nombre important, il serait souhaitable de proposer une mesure d'efficacité de cette méthode à travers un design d'essai contrôlé randomisé. Il s'agit du design idéalement recherché dans les études individuelles et le mieux reconnu par les pairs.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

La présente étude avait pour but d'objectiver l'effet de la méthode « Féminiser sa voix en 3 notes et 8 étapes » (Perrière & Révis, 2019) sur les paramètres vocaux de f_0 , FR et d'étendue fréquentielle de quatre femmes transgenres. Le design adopté a été celui d'un SCED. En procédant ainsi, nous souhaitons répondre au manque constaté d'études évaluant, avec un niveau de preuve élevé, l'efficacité des protocoles de féminisation vocale existants. Ce mémoire fournit donc des données aux logopèdes souhaitant appliquer la méthode avec une démarche EBP.

La phase de ligne de base a duré une semaine et la phase d'intervention a duré huit semaines à raison d'une séance logopédique hebdomadaire. Les mesures acoustiques ont été relevées à partir d'enregistrements quotidiens que les participantes ont effectués en autonomie avec l'application mobile *Voice Recorder HD*. Des mesures subjectives ont été récoltées à travers la complétion du TWVQ en pré et post intervention, et de l'évaluation subjective de la méthode en post intervention.

Nos résultats montrent que la phase d'intervention a entraîné une augmentation significative de la f_0 chez l'ensemble des participantes, ce qui confirme notre première hypothèse **(H1)**. Les résultats concernant les FR indiquent une augmentation significative de F2 /i/ pour P1 et P3, et de F1 /a/ pour P1, P3 et P4, ce qui valide partiellement notre deuxième hypothèse **(H2)**. Les résultats ne montrent d'augmentation significative de l'étendue fréquentielle pour aucune participante, ceci invalide notre troisième hypothèse **(H3)**.

Les différences inter-individuelles observées dans les résultats peuvent s'expliquer par des raisons intrinsèques aux participantes (niveau de compréhension des exercices), mais aussi par des raisons extrinsèques (la méthode n'a pas été proposée exactement de la même façon à toutes les participantes).

Certains formants dont l'évolution n'est pas ressortie significative montrent une tendance positive en fin de phase d'intervention, ce qui peut suggérer un effet tardif des exercices de résonance. Nous pouvons supposer que la phase d'intervention n'a pas duré assez longtemps pour permettre à ces FR d'augmenter de façon significative. Ceci rejoint les résultats du questionnaire d'évaluation subjective de la méthode dans lequel les participantes ont attribué des scores moins élevés à l'item concernant la suffisance de la durée de l'intervention. L'évaluation est par ailleurs globalement positive. Les scores du TWVQ montrent que l'expérience vocale des participantes est moins négative suite à l'intervention.

Bibliographie

- Andrews, M. L., & Schmidt, C. P. (1997). Gender presentation: Perceptual and acoustical analyses of voice. *Journal of Voice*, 11(3), 307–313. doi: 10.1016/S0892-1997(97)80009-4
- Arnold, A. (2012). Le rôle de la fréquence fondamentale et des fréquences de résonance dans la perception du genre. *Travaux interdisciplinaires du Laboratoire parole et langage d'Aix-en-Provence*, (28), 1-18. doi: 10.4000/tipa.207
- Arnold, A. (2015a). *La voix genrée, entre idéologies et pratiques – Une étude sociophonétique*. [Thèse de doctorat, Université Sorbonne Nouvelle]. HAL Thèses. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01508858>
- Arnold, A. (2015b). Voix et transidentité : changer de voix pour changer de genre ? *Langage et Société*, n° 151(1), 87–105. doi: 10.3917/lis.151.0087
- Astudillo, M. (2019). *La féminisation de la voix: Introduction à la méthode Astudillo*. Almeria, Espagne: Editorial Círculo Rojo.
- Bardieus, A., Mertens, P. (2014). Normalisation des contours intonatifs et étude de la variation régionale en français. *Nouveaux Cahiers de Linguistique Française*, 31, 273-284.
- Boersma, P., & Weenink, D. (2023). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.1.16, retrieved from <http://www.praat.org/>
- Booz, J. A. (2016). *Perceived gender in clear and conversational speech*. [Thèse de doctorat, Université de Utah]. Proquest. <https://www.proquest.com/docview/1875126514?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>
- Brescia, A., Desplat, C., & Remacle, A. *Caractérisation de la voix de l'hypnothérapeute: analyses acoustiques de voyelles extraites d'un texte lu*. [Mémoire de Master, Université catholique de Louvain]. Digital Master theses. <https://dial.uclouvain.be/memoire/ucl/en/object/thesis%3A11828>

Carew, L., Dacakis, G., & Oates, J. (2007). The Effectiveness of Oral Resonance Therapy on the Perception of Femininity of Voice in Male-to-Female Transsexuals. *Journal of Voice*, 21(5), 591–603. doi: 10.1016/j.jvoice.2006.05.005

Cohen, L. L., Feinstein, A., Masuda, A., & Vowles, K. E. (2014). Single-case research design in pediatric psychology: Considerations regarding data analysis. *Journal of pediatric psychology*, 39(2), 124-137. doi: 10.1093/jpepsy/jst065

Couvignou, M. (2021). Perception multimodale de la parole, cours LOGO-E5006. Université Libre de Bruxelles.

Dacakis, G., Davies, S. (2022). The Trans Woman Voice Questionnaire (TWVQ). *La Trobe University*. <https://www.latrobe.edu.au/communication-clinic/resources>

Dacakis, G., Davies, S., Oates, J. M., Douglas, J. M., & Johnston, J. R. (2013). Development and Preliminary Evaluation of the Transsexual Voice Questionnaire for Male-to-Female Transsexuals. *Journal of Voice*, 27(3), 312–320. doi: 10.1016/j.jvoice.2012.11.005

Dahl, K. L., & Mahler, L. A. (2019). Acoustic Features of Transfeminine Voices and Perceptions of Voice Femininity. *Journal of Voice*, 34(6), 961.e19–961.e26. doi: 10.1016/j.jvoice.2019.05.012

Davies, S., Papp, V. G., & Antoni, C. (2015). Voice and communication change for gender nonconforming individuals: Giving voice to the person inside. *International Journal of Transgenderism*, 16(3), 117-159. doi: 10.1080/15532739.2015.1075931

De Smet, A. (2014). *L'intensité : Paramètre acoustique en pathologies de la communication*. [Mémoire de Master, Université Nice Sophia Antipolis]. http://docnum.univ-lorraine.fr/public/BUMED_MORT_2014_DE_SMET_ROSER_AURELIE.pdf

Définir le meilleur type d'étude. (2011). Tutoriel « Introduction à l'Evidence-based nursing » [Fichier PDF]. Centre Cochrane Français. <https://alfresco.uclouvain.be/alfresco/service/guest/streamDownload/workspace/SpacesStore/2422f211-ee3e-4423-be66-0da46adb0dc5/EBM%20Etape%20%20rechercher%20preuves.pdf?guest=true>

Delvaux, V. (2021). Phonétique Générale, cours PSYC- E339. Université Libre de Bruxelles.

Derdemezis, E., Vorperian, H.-K., Kent, R.-D., Fourakis, M., Reinicke, E.-L., & Bolt, D.-M. (2016). Optimizing vowel formant measurements in four acoustic analysis systems for diverse speaker groups. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 25(3), 335-354. doi:10.1044/2015_AJSLP-15-0020

Dufasne, A. (2022). Être et ne pas naître femme ou homme : les tenants et aboutissants de la dépathologisation des transidentités [Fichier PDF]. *Neurone*, 27 (6), 18-20. <https://www.genrespluriels.be/IMG/pdf/fr.pdf>

Dufasne, A. (2023). Accompagner les personnes transgenres et leur entourage: L'importance de choisir ses mots pour laisser la personne concernée utiliser les siens.. *La Revue Nouvelle*, 4, 79-85. <https://www.cairn.info/revue--2023-4-page-79.htm>.

Effectuer des analyses statistiques en SCED. (s.d.). Effectuer des analyses statistiques en SCED [Fichier PDF]. UNADREO. https://www.unadreo.org/wp-content/uploads/2020/06/Effectuer-des-analyses-statistiques-en-SCED_VDef.pdf

Falla, C. (2021). *Féminisation vocale : Mesure de l'efficacité de la méthode Astudillo et comparaison transgenres-cisgenres*. [Mémoire de Master, Université de Liège]. <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/13445>

Fant, G. (1960). *Acoustic theory of speech production, with calculations based on X-ray studies of Russian articulations*. The Hague: Mouton & Co.

Fitzsimons, M., Sheahan, N., & Staunton, H. (2001). Gender and the Integration of Acoustic Dimensions of Prosody: Implications for Clinical Studies. *Brain and Language*, 78(1), 94–108. doi: 10.1006/brln.2000.2448

Fox, R. A., & Nissen, S. L. (2005). Sex-Related Acoustic Changes in Voiceless English Fricatives. *Journal of speech, language, and hearing research*, 48(4), 753-765. doi: 10.1044/1092-4388(2005/052)

Garnier, S. (2014). *Impact d'un travail spécifique en voix chuchotée sur les caractéristiques acoustiques de la voix modale dans le cadre de la féminisation de voix transgenres M to F*. [Mémoire de Master, Université de Toulouse].

Gelfer, M. P., & Mikos, V. A. (2005). The Relative Contributions of Speaking Fundamental Frequency and Formant Frequencies to Gender Identification Based on Isolated Vowels. *Journal of Voice*, 19(4), 544–554. doi: 10.1016/j.jvoice.2004.10.006

Gelfer, M. P., & Schofield, K. J. (2000). Comparison of acoustic and perceptual measures of voice in male-to-female transsexuals perceived as female versus those perceived as male. *Journal of Voice*, 14(1), 22–33. doi: 10.1016/S0892-1997(00)80092-2

Gelfer, M. P., & Tice, R. M. (2013). Perceptual and Acoustic Outcomes of Voice Therapy for Male-to-Female Transgender Individuals Immediately After Therapy and 15 Months Later. *Journal of Voice*, 27(3), 335–347. doi: 10.1016/j.jvoice.2012.07.009

Gelfer, M. P., & Young, S. R. (1997). Comparisons of intensity measures and their stability in male and female speakers. *Journal of Voice*, 11(2), 178–186. doi: 10.1016/S0892-1997(97)80076-8

Genres Pluriels. (2023). *A propos de nous*. <https://www.genrespluriels.be/-A-propos-de-nous->

Geurten, M. (2018). Les principes des lignes de base [Diapositives]. <https://orbi.uliege.be>

Gorham-Rowan, M., & Morris, R. (2006). Aerodynamic Analysis of Male-to-Female Transgender Voice. *Journal of Voice*, 20(2), 251–262. doi: 10.1016/j.jvoice.2005.03.004

Hancock, A., & Helenius, L. (2012). Adolescent male-to-female transgender voice and communication therapy. *Journal of Communication Disorders*, 45(5), 313-324. Doi: 10.1016/j.jcomdis.2012.06.008

Hancock, A. B., Colton, L., & Douglas, F. (2014). Intonation and gender perception: Applications for transgender speakers. *Journal of Voice*, 28 (2), 203-209. doi:10.1016/j.jvoice.2013.08.009

Hardy, T. L. D., Boliek, C. A., Wells, K., Dearden, C., Zalmanowitz, C., & Rieger, J. M. (2016). Pretreatment acoustic predictors of gender, femininity, and naturalness ratings in individuals with male-to-female gender identity. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 25(2), 125–137. doi: 10.1044/2015_AJSLP-14-0098

Hardy, T. L. D., Rieger, J. M., Wells, K., & Boliek, C. A. (2020). Acoustic Predictors of Gender Attribution, Masculinity–Femininity, and Vocal Naturalness Ratings Amongst Transgender and Cisgender Speakers. *Journal of Voice*, 34(2), 300.e11–300.e26. doi: 10.1016/j.jvoice.2018.10.002

Hauwel, C., Culot, C., De Coster, L., Desmet, A., & Detandt, C. (2022). Méthodes de recherche en psychologie clinique et de la santé, cours PSYC-E4742. Université Libre de Bruxelles.

Hawley, J. L., & Hancock, A. B. (2021). Incorporating Mobile App Technology in Voice Modification Protocol for Transgender Women. *Journal of voice*. doi: 10.1016/j.jvoice.2021.09.001

Hillenbrand, J. M., & Clark, M. J. (2009). The role of f (0) and formant frequencies in distinguishing the voices of men and women. *Attention, Perception & Psychophysics*, 71(5), 1150–1166. doi: 10.3758/APP.71.5.1150

Hoffmann, T. C., Glasziou, P. P., Boutron, I., Milne, R., Perera, R., Moher, D., Altman, D. G., Barbour, V., Macdonald, H., Johnston, M., Lamb, S. E., Dixon-Woods, M., Mcculloch, P., Wyatt, J. C., Chan, A.-W. & Michie, S. (2014). Better reporting of interventions: Template for intervention description and replication (TIDieR) checklist and guide. *BMJ*, 2014, 348, Article g1687. doi: 10.1136/bmj.g1687

Holmberg, E. B., Oates, J., Dacakis, G., & Grant, C. (2010). Phonetograms, Aerodynamic Measurements, Self-Evaluations, and Auditory Perceptual Ratings of Male-to-Female Transsexual Voice. *Journal of Voice*, 24(5), 511–522. doi: 10.1016/j.jvoice.2009.02.002

Jaber, B., & Morsomme, D. (2021). Féminiser la communication orale et plus particulièrement la voix. Dans *Union Professionnelle des Logopèdes Francophones INFO*, n°05 (39e ed., pp. 15-20).

Jacewicz, E., Fox, R. A., O'Neill, C., & Salmons, J. (2009). Articulation rate across dialect, age, and gender. *Language Variation and Change*, 21(2), 233–256. doi: 10.1017/S0954394509990093

Kamiyama, T. (2009). *Apprentissage phonétique des voyelles du français langue étrangère chez les apprenants japonophones*. [Thèse de doctorat, Université Sorbonne Nouvelle – Paris 3]. HAL Thèses. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00473029>

Leung, Y., Oates, J., & Chan, S. P. (2018). Voice, articulation, and prosody contribute to listener perceptions of speaker gender: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 61(2), 266–297. doi: 10.1044/2017_JSLHR-S-17-0067

Leung, Y., Oates, J., Chan, S.-P., & Papp, V. (2021). Associations between speaking fundamental frequency, vowel formant frequencies, and listener perceptions of speaker gender and vocal femininity–masculinity. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 64(7), 2600–2622. doi: 10.1044/2021_JSLHR-20-00747

Loret, A. (2018). *La féminisation vocale proposée aux femmes transgenres*. [Mémoire de Master, Université de Strasbourg]. <http://theses.unistra.fr/ori-oai-search/notice/view/uds-ori-67901?height=500&width=900>

Manfredi, C., Lebacqz, J., Cantarella, G., Schoentgen, J., Orlandi, S., Bandini, A., & DeJonckere, P. H. (2017). Smartphones offer new opportunities in clinical voice research. *Journal of voice*, 31(1), 111-e1. doi: 10.1016/j.jvoice.2015.12.020

Maryn, Y., Ysenbaert, F., Zarowski, A., & Vanspauwen, R. (2017). Mobile Communication Devices, Ambient Noise, and Acoustic Voice Measures. *Journal of voice*, 31(2), 248.e11-248.e23. doi: 10.1016/j.jvoice.2016.07.023

Menezes, D. P., de Lira, Z. S., Araújo, A. N. B. de, de Almeida, A. A. F., Gomes, A. de O. C., Moraes, B. T., & Lucena, J. A. (2022). Prosodic Differences in the Voices of Transgender and Cisgender Women: Self-Perception of Voice - An Auditory and Acoustic Analysis. *Journal of Voice*. doi: 10.1016/j.jvoice.2021.12.020

Mills, M., Stoneham, G., & Davies, S. (2019). Toward a Protocol for Transmasculine Voice: A Service Evaluation of the Voice and Communication Therapy Group Program, Including Long-Term Follow-Up for Trans Men at the London Gender Identity Clinic. *Transgender Health*, 4(1), 143–151. doi: 10.1089/trgh.2019.0011

Morsomme, D., & Remacle, A. (2016). Féminiser la voix. Dans C. Klein-Dallant (Ed.), *De la voix parlée au chant : Bilans, rééducations, pathologie de la voix parlée et chantée* (pp. 327-340). Avray, France.

Morsomme, D., Révis, J., & Thomas, E. (2019). Translation, Adaptation, and Preliminary Validation of Dacakis and Davies' "Transsexual Voice Questionnaire (Male to Female)" in French. *Journal of Voice*, 33(5), 807.e13–807.e24. doi: 10.1016/j.jvoice.2018.03.001

Mount, K. H., & Salmon, S. J. (1988). Changing the vocal characteristics of a postoperative transsexual patient: A longitudinal study. *Journal of Communication Disorders*, 21(3), 229–238. doi: 10.1016/0021-9924(88)90031-7

Novais Valente Junior, C., & Mesquita de Medeiros, A. (2020). Voice And Gender Incongruence: Relationship Between Vocal Self-Perception And Mental Health Of Trans Women. *Journal of Voice*. doi: 10.1016/j.jvoice.2020.10.002

Nuyen, B., Kandathil, C., McDonald, D., Thomas, J., & Most, S. P. (2021). The impact of living with transfeminine vocal gender dysphoria: Health utility outcomes assessment. *International Journal of Transgender Health*, 1–9. doi: 10.1080/26895269.2021.1919277

Organisation Mondiale de la Santé. (2022). *Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes : CIM-11*. Genève, Suisse : Organisation Mondiale de la Santé.

Owen, K., & Hancock, A. B. (2010). The role of self-and listener perceptions of femininity in voice therapy. *International Journal of Transgenderism*, 12(4), 272-284. doi: 10.1080/15532739.2010.550767

Pasternak, K., & Francis, D. O. (2019). An update on treatment of voice-gender incongruence by otolaryngologists and speech-language pathologists. *Current Opinion in Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, 27(6), 475-481. doi: 10.1097/MOO.0000000000000582

Pépiot, E. (2013). *Voix de femmes, voix d'hommes : Différences acoustiques, identification du genre par la voix et implications psycholinguistiques chez les locuteurs anglophones et francophones*. [Thèse de doctorat, Université Paris VIII]. HAL Thèses. <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00821462>

Pépiot, E., & Arnold, A. (2020). Différences acoustiques inter-genres chez des bilingues Anglais/Français : une étude des formants vocaliques et de la qualité de voix. Dans *Actes de la 6e conférence conjointe Journées d'Études sur la Parole (JEP, 33e édition), Traitement Automatique des Langues Naturelles (TALN, 27e édition), Rencontre des Étudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues (RÉCITAL, 22e édition). Volume 1 : Journées d'Études sur la Parole* (pp. 480-488). ATALA.

Perrière, S., Révis, J. (2017). *Rééduquer la voix : 8 étapes en chansons*. Paris : De Boeck Supérieur.

Perrière, S., Révis, J. (2019). Féminiser sa voix en 3 notes et 8 étapes. Dans Klein-Dallant (Ed.), *Voix et transidentités : La prise en charge vocale des personnes transgenres* (pp.101-118). Isbergues, France : OrthoEdition.

Pintiaux, T. (2019). *Féminisation de la voix : Comment aider les femmes transgenres à s'entraîner quotidiennement ? Création d'un livret d'exercices*. [Mémoire de Master, Université de Picardie Jules Vernes]. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02981764>

Podesva, R. J., & Callier, P. (2015). Voice Quality and Identity. *Annual Review of Applied Linguistics*, 35, 173–194. doi:10.1017/S0267190514000270

Robert, C. (2019). L'utilisation de protocoles individuels expérimentaux et quasi-expérimentaux en psychologie : aspects théoriques et méthodologiques. *L'année psychologique*, 119(1), 55–96. doi: 10.3917/anpsy1.191.0055

Satake, E., Jagaroo, V., & Maxwell, D. L. (2008). Handbook of statistical methods; single subject design. *SciTech Book News*. Portland : Ringgold, Inc.

Simpson, A. P. (2002). Gender-specific articulatory–acoustic relations in vowel sequences. *Journal of Phonetics*, 30(3), 417–435. doi: 10.1006/jpho.2002.0171

Simpson, A. P. (2009). Phonetic differences between male and female speech. *Language and Linguistics Compass*, 3(2), 621–640. doi: 10.1111/j.1749-818X.2009.00125.x

Simpson, A. P. (2012). The first and second harmonics should not be used to measure breathiness in male and female voices. *Journal of Phonetics*, 40(3), 477–490. doi: 10.1016/j.wocn.2012.02.001

Stewart, L., Oates, J., & O’Halloran, P. (2020). “My Voice Is My Identity”: The Role of Voice for Trans Women’s Participation in Sport. *Journal of Voice*, 34(1), 78–87. doi: 10.1016/j.jvoice.2018.05.015

Titze, I. R. (1989). Physiologic and acoustic differences between male and female voices. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 85(4), 1699–1707. doi: 10.1121/1.397959

Traunmüller, H., & Eriksson, A. (1995). The frequency range of the voice fundamental in the speech of male and female adults. *Unpublished manuscript*, 11.

Van Borsel, J., & De Maesschalck, D. (2008). Speech rate in males, females, and male-to-female transsexuals. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 22(9), 679–685. doi: 10.1080/02699200801976695

Van Borsel, J., De Pot, K., & De Cuypere, G. (2009). Voice and Physical Appearance in Female-to-Male Transsexuals. *Journal of Voice*, 23(4), 494–497. doi: 10.1016/j.jvoice.2007.10.018

Van Borsel, J., Janssens, J., & De Bodt, M. (2009). Breathiness as a Feminine Voice Characteristic: A Perceptual Approach. *Journal of Voice*, 23(3), 291–294. doi: 10.1016/j.jvoice.2007.08.002

Wolfe, V. I., Ratusnik, D. L., Smith, F. H., & Northrop, G. (1990). Intonation and fundamental frequency in male-to-female transsexuals. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 55(1), 43–50. doi: 10.1044/jshd.5501.43

ANNEXES

Annexe 1. Protocole clinique appliqué pendant les huit séances d'intervention

Séance 1 (1 heure)

Composition de la séance	Durée	Contenu	Travail à la maison pour la prochaine séance
ACCUEIL	10min	- présentations et accueil - temps d'échange et de réponse aux questions	
Étape 1	10 min	- 2 exercices d'étirement - 2 exercices de détente - 2 exercices d'eutonie - 2 exercices de gainage	reprendre ces exercices : en choisir 1 sur 2 pour chaque objectif (celui avec lequel la participante se sent plus à l'aise)
Étape 2	15 min	- mise en souffle - mise en son - application avec quelques lignes de paroles de la chanson choisie dans l'orthoplaylist (rhèmes courtes et moyennes avec reprises lentes et rapides) > possibilité de prendre de l'anglais car on ne prononce pas les paroles dans cette étape NB : pas mobiliser plus de volume d'air dans la voix que dans la constrictive sourde	entraînement du souffle avec la chanson choisie pour cette séance
Étape 3	15 min	- bulles de son dans l'eau (paille à mi-hauteur de l'eau, avec une main qui tient le verre et une main qui tient la paille) – ne pas le faire dans un verre car risque d'éclaboussures, prendre une petite bouteille d'eau de 50cl (mettre 3-4 doigts d'eau) - sons sur des consonnes sonores et voyelles - sons sur une consonne liquide - application avec la chanson choisie pour cette étape avec une vibration douce	entraînement de la vibration douce avec la chanson choisie pour cette séance
Étape 8	10 min	- lecture des paroles de la même chanson en pensant à la posture, au souffle et à la douceur de la vibration (pas simultanément puis simultanément)	s'entraîner avec les paroles de la chanson choisie pour cette séance + conscientiser au

		- progression : phrase chantée, phrase emphasée mélodique (M2-M1-M2, voix snob), phrase impliquée, phrase conversationnelle	quotidien dans ce qui est possible
--	--	---	---------------------------------------

Séance 2 (1 heure)

Composition de la séance	Durée	Contenu	Travail à la maison pour la prochaine séance
ACCUEIL	10 min	- comment se sont passés les exercices à la maison - bonne réception des enregistrements - comment va la voix	/
Étapes 1, 2 et 3 (révisions)	15 min	- conscientisation de la posture - la participante montre avec la chanson choisie à la séance dernière pour le travail du souffle et de la vibration douce (étapes 2 et 3) - revoir ensemble si besoin - introduction de la nouvelle chanson choisie pour cette séance	entraînement avec la nouvelle chanson choisie pour cette séance
Étape 4	20 min	- conscientiser la résonance avec les exercices de : M buzz, promenade du son /m-ng-i/, jumbo paille, I ou buzz	reprendre les 2 exercices les plus parlants pour la participante
Étape 8	15 min	- lecture des paroles de la même chanson en pensant à la posture, au souffle, à la douceur de la vibration et à la conscience de la résonance (pas simultanément puis simultanément) - progression : phrase chantée, phrase emphasée mélodique, phrase impliquée, phrase conversationnelle	s'entraîner avec les paroles de la chanson choisie + conscientiser au quotidien dans ce qui est possible

Séance 3 (1 heure)

Composition de la séance	Durée	Contenu	Travail à la maison pour la prochaine séance
ACCUEIL	10 min	- comment se sont passés les exercices à la maison - bonne réception des enregistrements - comment va la voix	/

Rappel des étapes 1, 2, 3 et 4	10 min	<p>1) utiliser la même chanson pour le rappel des étapes 2 et 3 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - temps pour que la participante chante la chanson telle qu'elle s'est entraînée - temps pour reprendre avec elle si besoin - appliquer à la chanson choisie pour cette séance <p>2) exercices travaillés pour l'étape 4</p>	entraînement avec la chanson choisie pour cette séance
Étape 4 (suite)	25 min	<ul style="list-style-type: none"> - appliquer la conscientisation de la résonance aux voyelles du triangle vocalique - puis aux voyelles de la chanson choisie (voyelles du texte seules) > attention, prêter attention à la continuité de la voix, il faut que ce soit bien lié. <p>NB : Préparer le texte sur papier en mettant les voyelles en gros, en gras et en couleur.</p> <ul style="list-style-type: none"> - puis aborder les derniers exercices : l'emphase lyrique, gobelet, casque Hearphones (pour la boucle audiophonatoire) 	<ul style="list-style-type: none"> - chanter la chanson choisie avec cette conscientisation (voyelles du texte seules) - reprendre les exercices de l'emphase et du gobelet (leur en procurer un si elles n'en ont pas chez elles)
Étape 8	10 min	<ul style="list-style-type: none"> - lecture des paroles de la même chanson en pensant à la posture, au souffle, à la douceur de la vibration et à la résonance (pas simultanément puis simultanément) - progression : phrase chantée, phrase emphasée mélodique, phrase impliquée, phrase conversationnelle - dans quelle.s situation.s du quotidien essayer d'y penser cette semaine ? 	s'entraîner avec les paroles de la chanson choisie + conscientiser au quotidien dans ce qui est possible

Séance 4 (1 heure)

Composition de la séance	Durée	Contenu	Travail à la maison pour la prochaine séance
ACCUEIL	10 min	<ul style="list-style-type: none"> - comment se sont passés les exercices à la maison - bonne réception des enregistrements - comment va la voix 	/

Rappel des étapes 1, 2, 3 et 4	10 min	la participante montre comment elle s'est entraînée avec la chanson de la séance dernière + reprendre ensemble si nécessaire + introduction avec la chanson de cette séance (pour l'étape 4, feuille avec les voyelles mises en valeur pour la chanson de cette séance)	entraînement avec la chanson choisie pour cette séance
Étape 4 (suite)	20 min	<ul style="list-style-type: none"> - application sur la chanson choisie pour cette séance contenant des phonèmes facilitateurs : /m/, /n/, /ng/, /i/, /é/, /u/, /v/, /z/, /j/ NB : Il n'est pas nécessaire que la chanson choisie les contienne tous, l'important ici est surtout de se familiariser avec la sensation (exemple : « la javanaise ») - jouer avec le timbre en explorant la chanson choisie avec une voix ronde et chaude, une voix plus claire / légère et une voix feutrée (donner des exemples avec une chanson de chaque figurant dans l'orthoplaylist – rangée dans étape 7-) 	<ul style="list-style-type: none"> - chanter la chanson choisie avec la conscientisation de la résonance - jouer avec le timbre pour trouver le « style » de voix qui correspond le mieux à celui de la participante (plutôt clair / plutôt feutré)
Étape 5	10 min	<ul style="list-style-type: none"> - exercices pour préciser l'articulation : « trilles de lèvres » (si possible, mettre les mains sur les joues), « papi », « trilles de langue » (si possible), « tati », « vache », « playback » 	reprendre les 2 exercices les plus parlants pour la participante
Étape 8	10 min	<ul style="list-style-type: none"> - lecture des paroles d'une chanson abordée en séance en pensant à la posture, au souffle, à la douceur de la vibration, à la résonance et à l'articulation (pas simultanément puis simultanément) - progression : phrase chantée, phrase emphasée mélodique, phrase impliquée, phrase conversationnelle - dans quelle.s situation.s du quotidien essayer d'y penser cette semaine ? 	s'entraîner avec les paroles de la chanson choisie + conscientiser au quotidien dans ce qui est possible

Séance 5 (1 heure)

Composition de la séance	Durée	Contenu	Travail à la maison pour la prochaine séance
ACCUEIL	10 min	<ul style="list-style-type: none"> - comment se sont passés les exercices à la maison - bonne réception des enregistrements - comment va la voix 	/
Rappel des étapes 1, 2, 3, 4, 5	5 min	<ul style="list-style-type: none"> - la participante montre comment elle s'est entraînée avec la chanson de la séance dernière + reprendre ensemble si nécessaire - comment s'est passée l'exploration du timbre ? - la participante montre les exercices pratiqués pour le travail de l'articulation 	entraînement des étapes 2, 3 et 4 avec la chanson choisie pour cette séance
Étape 5 (suite)	10 min	<ul style="list-style-type: none"> - apex + ng + mobilisation de la mâchoire, mirening***, abaise-langue + TDNL - travailler bilabiales /p, b, m/ et les apico-dentales /t, d, n, l/ avec la chanson choisie pour que la participante réalise l'impact des lèvres dans sa précision articulatoire féminine, plutôt qu'en force articulatoire masculine + pour axer le travail sur la précision linguale au niveau de la « petite bouche » > choisir une chanson avec des consonnes amies, sans difficultés articulatoires + souligner les P/B/M et T/D/N/L pour les travailler 	<ul style="list-style-type: none"> - reprendre les 2 exercices les plus parlants pour la participante - chanter la chanson choisie avec la conscientisation de cette articulation
Étape 6	25 min	<ul style="list-style-type: none"> - compréhension des différents mécanismes vocaux fry (M0), lamentation (M2) - passer d'un mécanisme à l'autre : emphase (M1>M2) - psalmodie sur les paroles de la chanson choisie : tester différentes hauteurs et choisir la hauteur tonale la plus confortable (aide : feedback visuel > applications d'éditeurs de spectre comme Voice Tools ®.) <p>NB : Une fois la hauteur décidée, enregistrer la voix de l'intervenante sur le téléphone de la participante pour qu'elle se base dessus pour</p>	<ul style="list-style-type: none"> - chanter la chanson choisie en psalmodie à la hauteur convenue en séance (voir enregistrement) - élargir la tessiture autour de cette hauteur pour sortir de la psalmodie

		travailler chez elle (il est plus facile d'imiter une voix qu'une note sur un clavier) - tout en restant autour de la hauteur tonale ciblée dans la psalmodie, élargir la tessiture autour (aide : feedback visuel) NB : choisir une chanson avec une étendue facile pour la prochaine fois	
Étape 8	10 min	- lecture des paroles d'une chanson abordée en séance en pensant à la posture, au souffle, à la douceur de la vibration, à la résonance, à l'articulation et à la hauteur (pas simultanément puis simultanément) - progression : phrase chantée, phrase emphasée mélodique, phrase impliquée, phrase conversationnelle - dans quelle.s situation.s du quotidien essayer d'y penser cette semaine ?	s'entraîner avec les paroles de la chanson choisie + conscientiser au quotidien dans ce qui est possible

Séance 6 (1 heure)

Composition de la séance	Durée	Contenu	Travail à la maison pour la prochaine séance
ACCUEIL	10 min	- comment se sont passés les exercices à la maison - bonne réception des enregistrements - comment va la voix	/
Rappel des étapes 1, 2, 3, 4, 5, 6	5 min	- la participante montre comment elle s'est entraînée avec la chanson de la séance dernière + reprendre ensemble si nécessaire + introduction avec la chanson choisie pour cette séance	continuer la conscientisation du souffle, de la vibration et de la résonance avec la chanson choisie pour cette séance
Étape 5 (suite)	10 min	- travailler la dissociation des articulateurs à l'aide de la chanson choisie (exigeant une grande dextérité articulatoire) - cette chanson doit aussi avoir des consonnes à risque pour les travailler (contrairement aux consonnes amies qui avaient été travaillées à la séance 4)	travailler cette conscientisation avec cette chanson

Étape 6 (suite)	25 min	<ul style="list-style-type: none"> - rappel de la hauteur fixée la semaine dernière en séance en utilisant la psalmodie sur la chanson choisie pour cette séance - si la hauteur de la semaine passée n'est pas dans la zone d'ambiguïté, voir avec la participante la possibilité / volonté de s'y rapprocher <p>NB : Une fois la hauteur décidée, enregistrer la voix de l'intervenante sur le téléphone de la participante pour qu'elle se base dessus pour travailler chez elle (il est plus facile d'imiter une voix qu'une note sur un clavier)</p> <ul style="list-style-type: none"> - élargir la tessiture autour sur les paroles de la chanson choisie pour cette séance - mélodie : chanter avec plaisir afin d'exploiter l'ensemble de la tessiture de la participante <p>NB : La chanson aura également été choisie en fonction de l'étendue vocale observée à la séance passée + en fonction de ce que ça donne, prendre une chanson avec une étendue plus difficile pour la fois prochaine</p>	<ul style="list-style-type: none"> - chanter la chanson travaillée en séance en psalmodie à la hauteur fixée ensemble (voir enregistrement) - élargir la tessiture autour de cette hauteur pour sortir de la psalmodie - chanter avec plaisir en explorant l'étendue de toute sa tessiture (faut qu'elles s'amuse !)
Étape 8	10 min	<ul style="list-style-type: none"> - lecture des paroles d'une chanson abordée en séance en pensant à la posture, au souffle, à la douceur de la vibration, à la résonance, à l'articulation, à la hauteur et aux intonations (pas simultanément puis simultanément) - progression : phrase chantée, phrase emphasée mélodique, phrase impliquée, phrase conversationnelle - dans quelle.s situation.s du quotidien essayer d'y penser cette semaine ? 	<p>s'entraîner avec les paroles de la chanson choisie + conscientiser au quotidien dans ce qui est possible</p>

Séance 7 (1 heure)

Composition de la séance	Durée	Contenu	Travail à la maison pour la prochaine séance
ACCUEIL	10 min	<ul style="list-style-type: none"> - comment se sont passés les exercices à la maison - bonne réception des enregistrements - comment va la voix 	/
Rappel des étapes 1, 2, 3, 4, 5, 6	5 min	<ul style="list-style-type: none"> - la participante montre comment elle s'est entraînée avec la chanson de la séance dernière + reprendre ensemble si nécessaire + introduction avec la chanson choisie pour cette séance 	continuer la conscientisation du souffle, de la vibration, de la résonance et de l'articulation avec la chanson choisie pour cette séance
Étape 6 (suite)	20 min	<ul style="list-style-type: none"> - rappel de la hauteur fixée la semaine dernière en séance en utilisant la psalmodie sur la chanson choisie pour cette séance - si la hauteur de la semaine passée n'est pas dans la zone d'ambiguïté, voir avec la participante la possibilité / volonté de s'y rapprocher <p>NB : Une fois la hauteur décidée, enregistrer la voix de l'intervenante sur le téléphone de la participante pour qu'elle se base dessus pour travailler chez elle (il est plus facile d'imiter une voix qu'une note sur un clavier)</p> <ul style="list-style-type: none"> - élargir la tessiture autour sur les paroles de la même chanson <p>NB : choisir une chanson avec une étendue « facile » ou « difficile » selon les facilités de la participante</p> <ul style="list-style-type: none"> - mélodie : chanter avec plaisir afin d'exploiter l'ensemble de la tessiture de la participante 	<ul style="list-style-type: none"> - chanter la chanson travaillée en séance en psalmodie à la hauteur fixée ensemble (voir enregistrement) - élargir la tessiture autour de cette hauteur pour sortir de la psalmodie - chanter avec plaisir en explorant l'étendue de toute sa tessiture (faut qu'elles s'amuse !)
Étape 7	15 min	<ul style="list-style-type: none"> - exercice voix de velours - exercices de nuances sur les passages crescendo et decrescendo d'une chanson sur des « ch », des « z », des « o » puis sur les paroles 	s'entraîner avec la chanson choisie pour cette séance avec cette voix de velours et ces nuances

Étape 8	10 min	<ul style="list-style-type: none"> - lecture des paroles d'une chanson abordée en séance en pensant à la posture, au souffle, à la douceur de la vibration, à la résonance, à l'articulation, à la hauteur, aux intonations et à la douceur (pas simultanément puis simultanément) - progression : phrase chantée, phrase emphasée mélodique, phrase impliquée, phrase conversationnelle - dans quelle.s situation.s du quotidien essayer d'y penser cette semaine ? 	s'entraîner avec les paroles de la chanson choisie + conscientiser au quotidien dans ce qui est possible
---------	--------	---	--

Séance 8 (1 heure)

Composition de la séance	Durée	Contenu	Travail à la maison pour la prochaine séance
ACCUEIL	10 min	<ul style="list-style-type: none"> - comment se sont passés les exercices à la maison - bonne réception des enregistrements - Comment va la voix 	
Rappel des étapes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	5 min	la participante montre comment elle s'est entraînée avec la chanson de la séance dernière + reprendre ensemble si nécessaire	
Étape 7 (suite)	15 min	- travailler les attaques souples à travers une chronologie facilitatrice de phonèmes : une chanson à attaques douces, puis une chanson à attaques dures (à adoucir) et enfin une chanson les attaques vocaliques (éviter les coups de glotte)	
Rappel final des étapes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	15 min	reprendre 4 chansons pour le rappel des étapes 2, 4, 5, 6 et 7	
Étape 8	15 min	- lecture des paroles d'une chanson abordée en séance en pensant à la posture, au souffle, à la douceur de la vibration, à la résonance, à l'articulation, à la hauteur, aux intonations et à la douceur (pas simultanément puis simultanément)	

		- progression : phrase chantée, phrase emphasée mélodique, phrase impliquée, phrase conversationnelle - dans quelle.s situation.s du quotidien essayer d'y penser pour la suite ?	
--	--	---	--

Récapitulatif de la mise en forme des 8 étapes (exceptées les 5 minutes de révisions en début de séances) :

Étapes	Temps consacré au total	Nombre de séances utilisées	Numéro des séances
Étape 1 - posture	20 min	2	1 ; 2
Étape 2 - souffle	20 min	2	1 ; 2
Étape 3 - vibration	30 min	2	1 ; 2
Étape 4 - résonance	70 min	3	2 ; 3 ; 4
Étape 5 - articulation	30 min	3	4 ; 5 ; 6
Étape 6 - fréquence	70 min	3	5 ; 6 ; 7
Étape 7 - intensité	30 min	2	7 ; 8
Étape 8 – voix parlée	90 min	8	1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8

Séances	Étapes abordées
Séance 1	Étapes 1, 2, 3, 8
Séance 2	Étapes 1, 2, 3, 4, 8
Séance 3	Étapes 4, 8
Séance 4	Étapes 4, 5, 8
Séance 5	Étapes 5, 6, 8
Séance 6	Étapes 5, 6, 8
Séance 7	Étapes 6, 7, 8
Séance 8	Étapes 7, 8

*** Le mirening consiste à sonoriser la mélodie sur un /ng/ et d'y ajouter l'articulation verticale. « Seules les consonnes sont ainsi produites puisque le /ng/ remplace toutes les voyelles » (Perrière & Révis, 2017, p.97).

Annexe 2. Exemple de documents envoyés aux participantes

Récapitulatif de la séance 3

Poursuite du travail sur la résonance

- Le but de cette séance était de poursuivre l'exploration de la **résonance** pour rechercher sa féminisation par son antériorisation (amener le son vers l'avant, le sentir / l'entendre).

- **Exploration des autres « voix-yelles »** : repartir des sons « amis » pour la féminisation vers l'avant : le m. C'est la même sensation / timbre que nous cherchons pour les autres voyelles. Faire en opposition un son postériorisé (mis en arrière – ce qu'on évite >> cf à la Maurane / Lana Del Rey) et antériorisé (mis en avant – ce qu'on recherche >> cf à la France Gall / Vanessa Paradis) peut permettre de mieux sentir cette mise en avant de la résonance. On explore les autres voyelles à l'aide du document utilisé ensemble, en faisant plusieurs promenades du son. Par exemple: i , u , ou / é , eu , o / i , é , a / i , ou , a.

***NB** : Ces promenades peuvent se faire en voix parlée comme nous l'avons fait en séance ensemble, puis sur la mélodie de la chanson choisie également...*

***NB (2)** : Si ça ne fait pas trop à penser, on peut faire attention aux attaques pour éviter les attaques dures.*

- **Exercice sur les voyelles de la chanson** : on fait le même exercice en utilisant seulement les voyelles de la chanson. Ici aussi, on essaye de ressentir / amener / entendre le son antériorisé sur toutes les voyelles. C'est comme si on cherchait à toutes les mouler dans l'espace contenu entre la pointe de la langue et les lèvres.

Dans un dernier temps, nous avons cherché à conscientiser cette résonance vers l'avant dans la **voix parlée**, à travers la même progression que la séance passée. Si c'est possible, allumer une petite lumière pour veiller également à l'attaque douce des voyelles.

- On part de la **voix chantée** : sur la note convenue ensemble + penser à amener le son vers l'avant + on veille à la douceur des attaques si possible (2 phrases mélodiques).

- On va ensuite vers la **voix emphasée** : toujours avec la mélodie exagérée, le volume exagéré, l'accent très emphasé vers les aigus + on allonge les voyelles + on amène le son vers l'avant + on veille à la douceur des attaques si possible (2 phrases mélodiques).
- Puis on passe à la **voix impliquée** : on n'exagère plus autant les aigus et le volume mais on maintient les oscillations de la voix avec une articulation douce et portée vers l'avant (2 phrases mélodiques).
- Enfin, on termine par la **voix conversationnelle** : qui est la voix parlée, tout simplement, en maintenant son attention sur la résonance et les attaques douces si possible (2 phrases mélodiques).
- Puis refaire le tout !

La suite au prochain rendez-vous : jeudi 09/11 à 12h45 à Ixelles

Récapitulatif des exercices à pratiquer à la maison



« *Tout, il faudrait tout oublier* » **Mais non !**
Voici quelques conseils pour s'exercer à la maison
- Séance 3 : la résonance (suite) -



Pour accompagner la poursuite de ce travail sur la féminisation de la résonance, nous conseillons d'utiliser une fois de plus la chanson choisie en séance pour meilleure alliée.

Explorer tout d'abord différentes voyelles *recto tono* (sur une même note, celle que nous avons relevée ensemble en séance) en se concentrant sur le « chatouillement » ressenti. L'idée est d'amener ce « chatouillement » vers l'avant de la bouche, de l'antérioriser. **Procéder par contraste pour aider à la perception (le faire une fois en antériorisant le son, et une fois au contraire en le postériorisant)**. Une petite astuce est de trouver une voix référente pour l'antériorisation du son (par exemple France Gall ou Vanessa Paradis), cela peut aider à retrouver par mimétisme le geste associé.

> **Support** : document « les voix-yelles »

Explorer ensuite l'antériorisation de ces voyelles **sur la mélodie de la chanson choisie**. Et pourquoi pas, après avoir fait quelques lignes avec ces mêmes voyelles, continuer la mélodie avec **les voyelles de la chanson**, comme nous l'avons fait en séance. Cela sera plus difficile car différentes voyelles s'enchaîneront, mais la vitesse de la chanson peut être diminuée pour avoir le temps de se concentrer sur l'antériorisation de chaque voyelle.

> **Support** : document des paroles avec seulement les voyelles sur la colonne de droite

Pour vous aider dans ces exercices, vous pouvez imaginer que vous êtes une **chanteuse célèbre** et que vous chantez devant un grand public. Vous devez alors « envoyer » vos voyelles devant, vers le public.

Enfin, pour s'entraîner sur la voix parlée, refaire la chanson sur la progression que nous abordons ensemble à la fin de chaque séance : 2 phrases mélodiques sur la voix chantée, puis 2 phrases en voix emphasée, 2 phrases en voix impliquée, et enfin 2 phrases en voix conversationnelle. Essayer de penser dans toutes les étapes à la résonance vers l'avant et, si ce n'est pas trop à conscientiser, à la douceur

des attaques. Mais priorité au focus sur la résonance vers l'avant ici. On peut ensuite revenir à la voix chantée, puis la voix emphasée etc... Comme un cycle à faire plusieurs fois.

Les exercices que nous avons vus lors de la première séance concernant la posture, le souffle et la vibration sont des clés dont vous pouvez vous servir de temps en temps si vous en ressentez le besoin. Quelques rebonds ou mouvements pour trouver la détente et la bonne posture, quelques expirations sur ch/s et j/z si vous vous sentez essoufflée, ou quelques bulles si vous sentez que vous forcez sur votre voix pour accéder à la note de base ou à certains aigus.

Petit bonus : voici un lien vers une vidéo mise en ligne par les créatrices de la méthode, pour se préserver d'un forçage vocal :

<https://www.youtube.com/watch?v=jcpUpa23WGc>

Derniers conseils ...

La méthode conseille un entraînement entre **5 et 15 minutes 2 fois par jour**. Il est important de garder en tête **d'effectuer les exercices en faisant attention à votre ressenti, ce qu'il se passe dans votre corps / votre voix**.

Pour **automatiser peu à peu ce qui est vu en séance dans la vie quotidienne**, quand pensez-vous pouvoir vous concentrer sur la résonance cette semaine dans une situation de tous les jours ?

Exemple de réponse de P1 : Quand je me parle à moi-même, par exemple quand je fais une recette de cuisine et que j'énumère les étapes que je réalise / ou dans ma tête, en imaginant ma voix avec une projection de résonance vers l'avant.

Annexe 3. Questionnaire d'informations démographiques

Quel âge avez-vous ?

A quel âge avez-vous initié votre transition ?

Avez-vous un accompagnement hormonal dans le cadre de votre transition ? Si oui, depuis combien de temps ?

Avez-vous suivi des séances de logopédie auparavant pour féminiser votre voix ? Si oui, pendant combien de temps ?

Comment décririez-vous votre voix actuelle ?

- | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Très
masculine | Assez
masculine | Neutre | Assez
féminine | Très
féminine |

Comment décririez-vous votre voix idéale ?

- | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Très
masculine | Assez
masculine | Neutre | Assez
féminine | Très
féminine |

Dans quel(s) contexte(s) vous présentez-vous en tant que femme ?

- | | | | |
|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Maison
/ Famille | Cercle amical
/ Cercle social | Travail | Famille élargie |

Numéro de participante : _____

Date : _____

Sur base de votre expérience de vie actuelle en tant que femme, veuillez cocher la réponse qui vous correspond le mieux :

	1	2	3	4
1. On m'entend difficilement dans un milieu bruyant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Je suis nerveuse quand je sais que je dois utiliser ma voix.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Je me sens moins féminine à cause de ma voix.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Le ton de ma voix parlée est trop grave.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. La hauteur de ma voix est imprévisible.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Ma voix m'empêche de vivre comme une femme.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. J'évite de téléphoner à cause de ma voix.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Je suis tendue quand je parle avec les autres à cause de ma voix.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Ma voix devient rauque, enrouée ou voilée lorsque j'essaie de parler avec une voix féminine.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Je suis difficilement identifiée comme femme à cause de ma voix.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. La hauteur de ma voix ne varie pas assez quand je parle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Je me sens mal à l'aise quand je parle avec des amis, des voisins ou ma famille à cause de ma voix.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. J'évite de parler en public à cause de ma voix.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Le son de ma voix est artificiel.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Je dois me concentrer pour que ma voix soit comme je veux.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Cela me frustre de devoir essayer de modifier ma voix.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Mes difficultés de voix limitent ma vie sociale.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Quand je n'y prête pas attention, la hauteur de ma voix devient plus grave.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Mon rire sonne comme celui d'un homme.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Ma voix ne reflète pas mon apparence physique.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. Je fais beaucoup d'efforts pour parler.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Ma voix se fatigue rapidement.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Ma voix me limite dans les types de métiers que je peux exercer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. J'ai l'impression que ma voix ne reflète pas qui je suis vraiment.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. J'ai moins envie d'aller vers les autres à cause de ma voix.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. Je suis fortement embarrassée par la manière dont les autres perçoivent ma voix.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. Ma voix me lâche en cours de conversation.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. Cela m'affecte profondément d'être perçue comme un homme à cause de ma voix.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. L'étendue de ma voix parlée est limitée.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. Je souffre de discrimination à cause de ma voix.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Veuillez fournir une évaluation générale de votre voix :

Actuellement, ma voix est :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Très féminine	Assez féminine	De genre neutre	Assez masculine	Très masculine
Ma voix idéale serait :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Très féminine	Assez féminine	De genre neutre	Assez masculine	Très masculine

Annexe 5. Questionnaire d'évaluation subjective de la méthode

Pensez-vous que l'application de la méthode a eu un effet positif sur votre voix ?

☐ Pas du tout ☐ ☐ Un peu ☐ ☐ Beaucoup

Avez-vous remarqué une augmentation de la hauteur de la voix pendant le suivi ?

☐ Pas du tout ☐ ☐ Un peu ☐ ☐ Beaucoup

Avez-vous remarqué une augmentation de la féminité du son de votre voix pendant le suivi ?

☐ Pas du tout ☐ ☐ Un peu ☐ ☐ Beaucoup

Vous sentez-vous confortable avec votre voix actuellement ?

☐ Pas du tout ☐ ☐ Un peu ☐ ☐ Beaucoup

Avez-vous pris plaisir à suivre cette méthode de féminisation vocale ?

☐ Pas du tout ☐ ☐ Un peu ☐ ☐ Beaucoup

Le nombre de huit séances vous a-t-il paru suffisant pour intégrer cette méthode ?

☐ Pas du tout ☐ ☐ Un peu ☐ ☐ Beaucoup

Avez-vous trouvé cette méthode suffisamment explicite et compréhensible ?

☐ Pas du tout ☐ ☐ Un peu ☐ ☐ Beaucoup

Annexe 6. Tableau reprenant toutes les valeurs Tau des FR et de l'étendue fréquentielle

	F1 /i/	F2 /i/	F3 /i/	F1 /a/	F2 /a/	F3 /a/	F1 /u/	F2 /u/	F3 /u/	Étendue fréquentielle
P1	Tau = -.002 ; p>.05	Tau = .253 ; p<.05	Tau = .052 ; p>.05	Tau = .314 ; p<.05	Tau = .214 ; p>.05	Tau = .188 ; p>.05	Tau = -.300 ; p<.05	Tau = .038 ; p>.05	BC-Tau = .482 ; p<.05	Tau = -.066 ; p>.05
P2	Tau = -.034 ; p>.05	Tau = .312 ; p>.05	Tau = -.101 ; p>.05	Tau = .078 ; p>.05	Tau = -.016 ; p>.05	Tau = .214 ; p>.05	Tau = -.504 ; p<.05	Tau = .193 ; p>.05	Tau = .146 ; p>.05	Tau = .031 ; p>.05
P3	Tau = -.055 ; p>.05	Tau = .336 ; p<.05	Tau = .208 ; p>.05	Tau = .279 ; p<.05	Tau = .132 ; p>.05	Tau = .171 ; p>.05	Tau = -.027 ; p>.05	Tau = .102 ; p>.05	Tau = -.214 ; p>.05	Tau = -.293 ; p<.05
P4	Tau = .032 ; p>.05	Tau = .010 ; p>.05	Tau = .230 ; p>.05	Tau = .285 ; p<.05	Tau = .203 ; p>.05	Tau = .082 ; p>.05	Tau = .108 ; p>.05	Tau = .173 ; p>.05	Tau = -.113 ; p>.05	Tau = -.062 ; p>.05

Annexe 7. Graphiques supplémentaires

Figure 14. Évolution de F1 /i/ moyenne de P1 au cours du temps

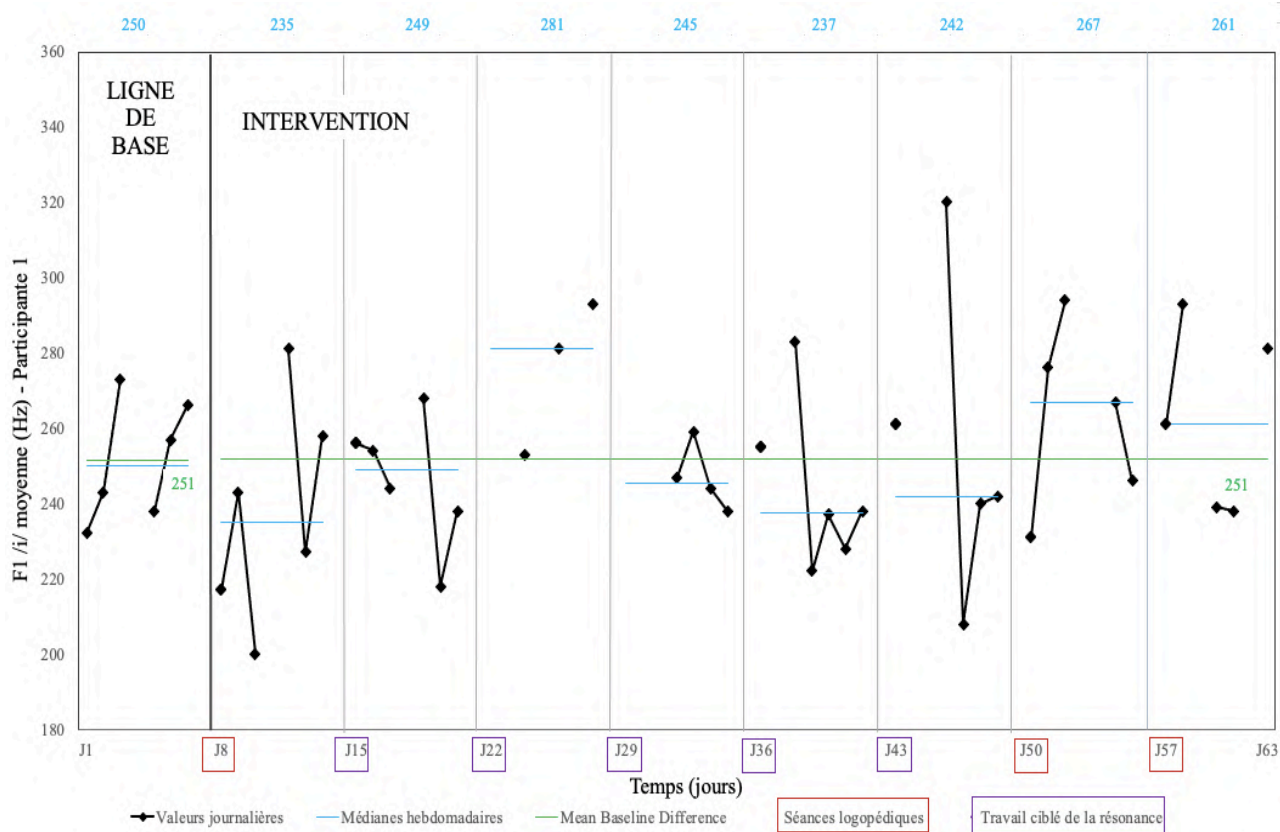


Figure 15. Évolution de F1 /i/ moyenne de P2 au cours du temps

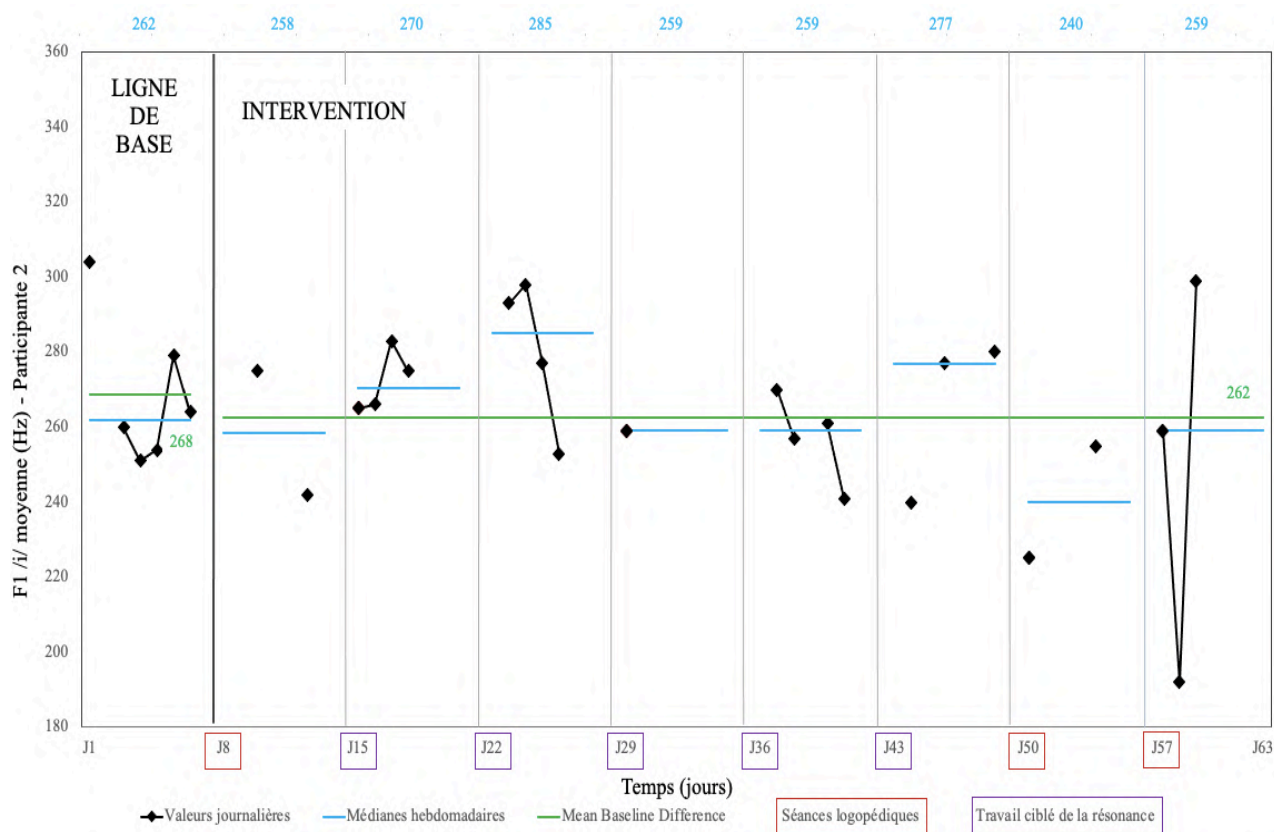


Figure 16. Évolution de F1 /i/ moyenne de P3 au cours du temps

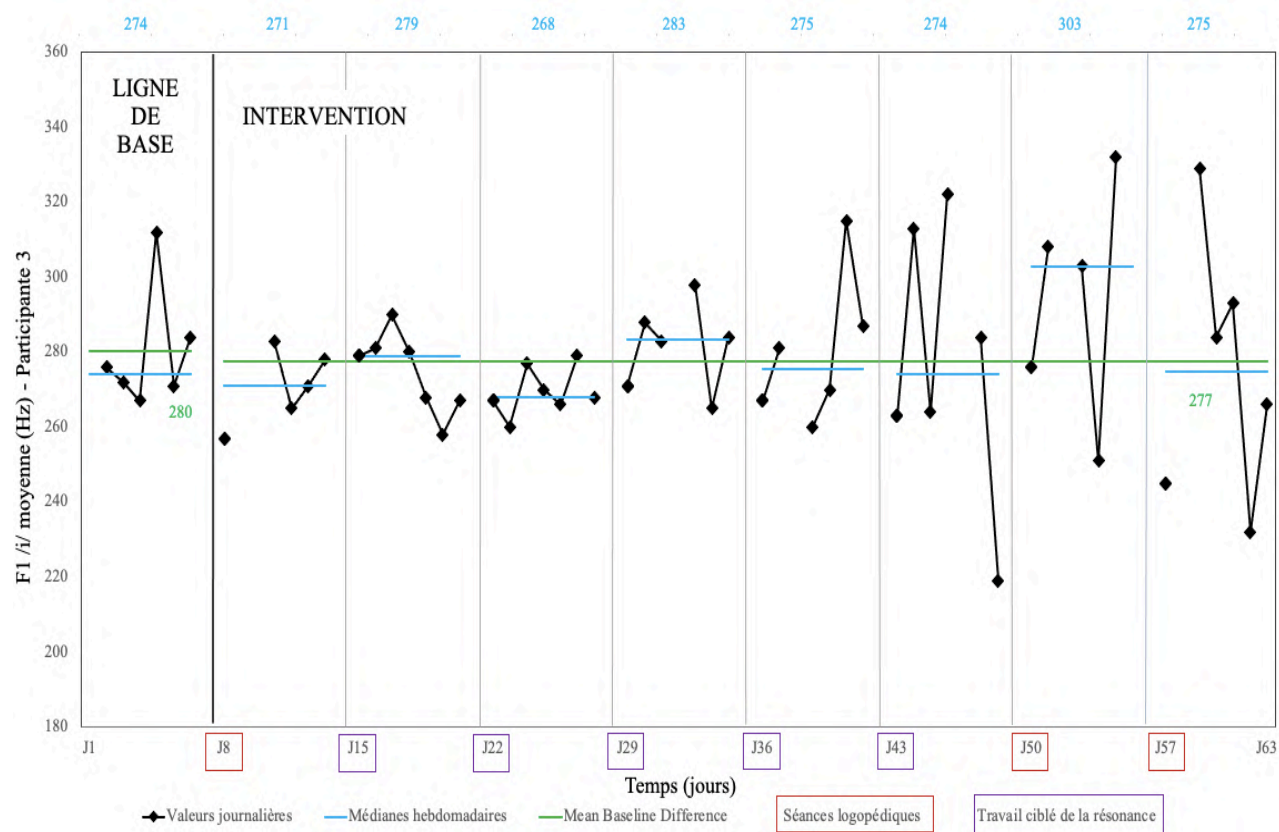


Figure 17. Évolution de F1 /i/ moyenne de P4 au cours du temps

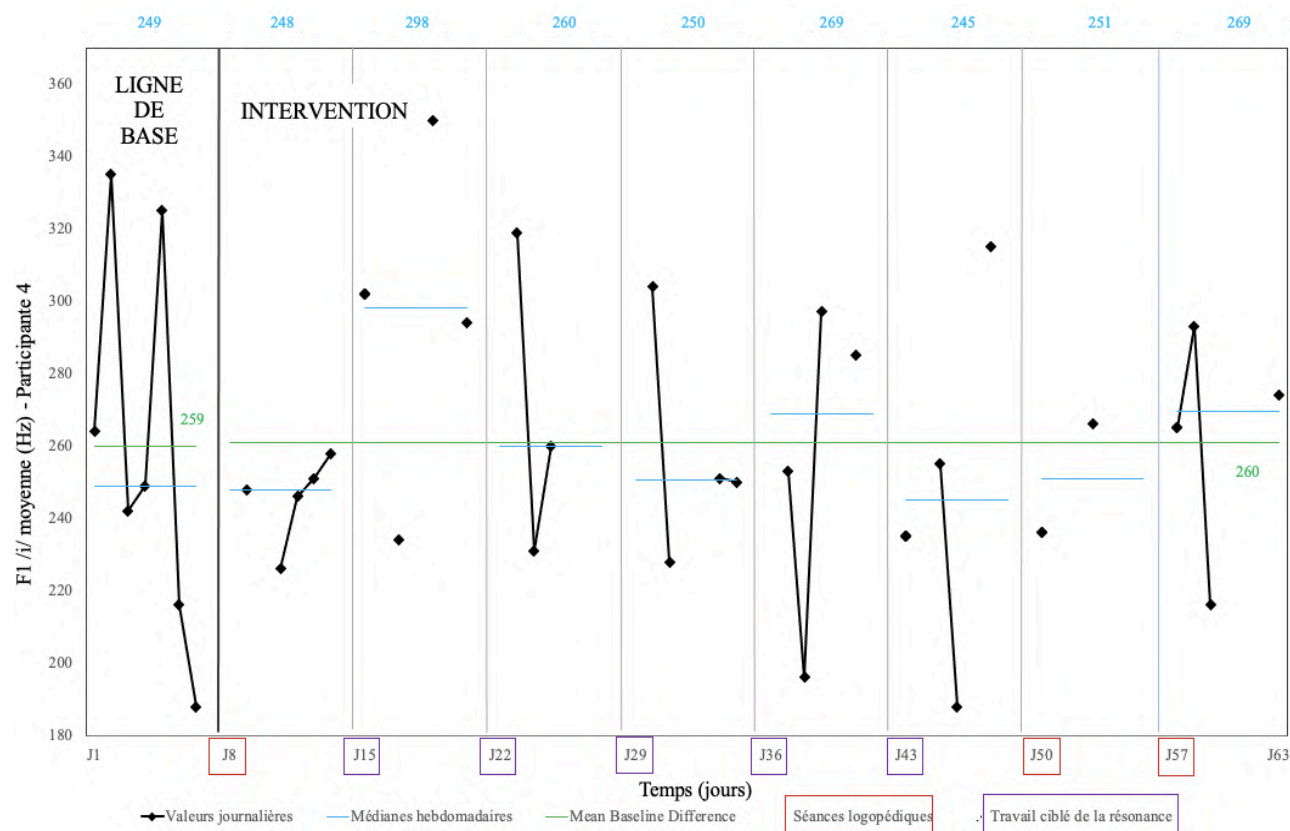


Figure 18. Évolution de F2 /i/ moyenne de P2 au cours du temps

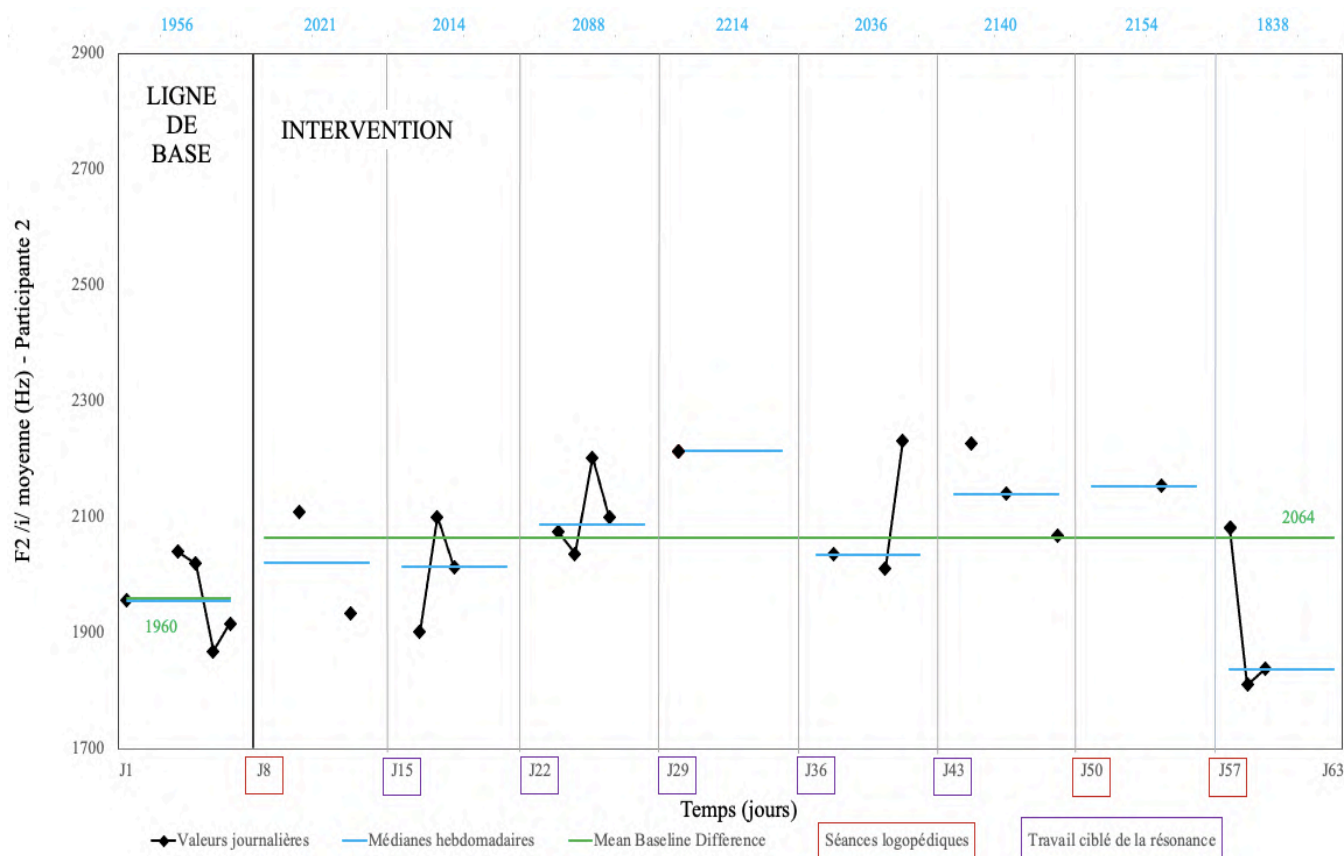


Figure 19. Évolution de F1 /i/ moyenne de P4 au cours du temps

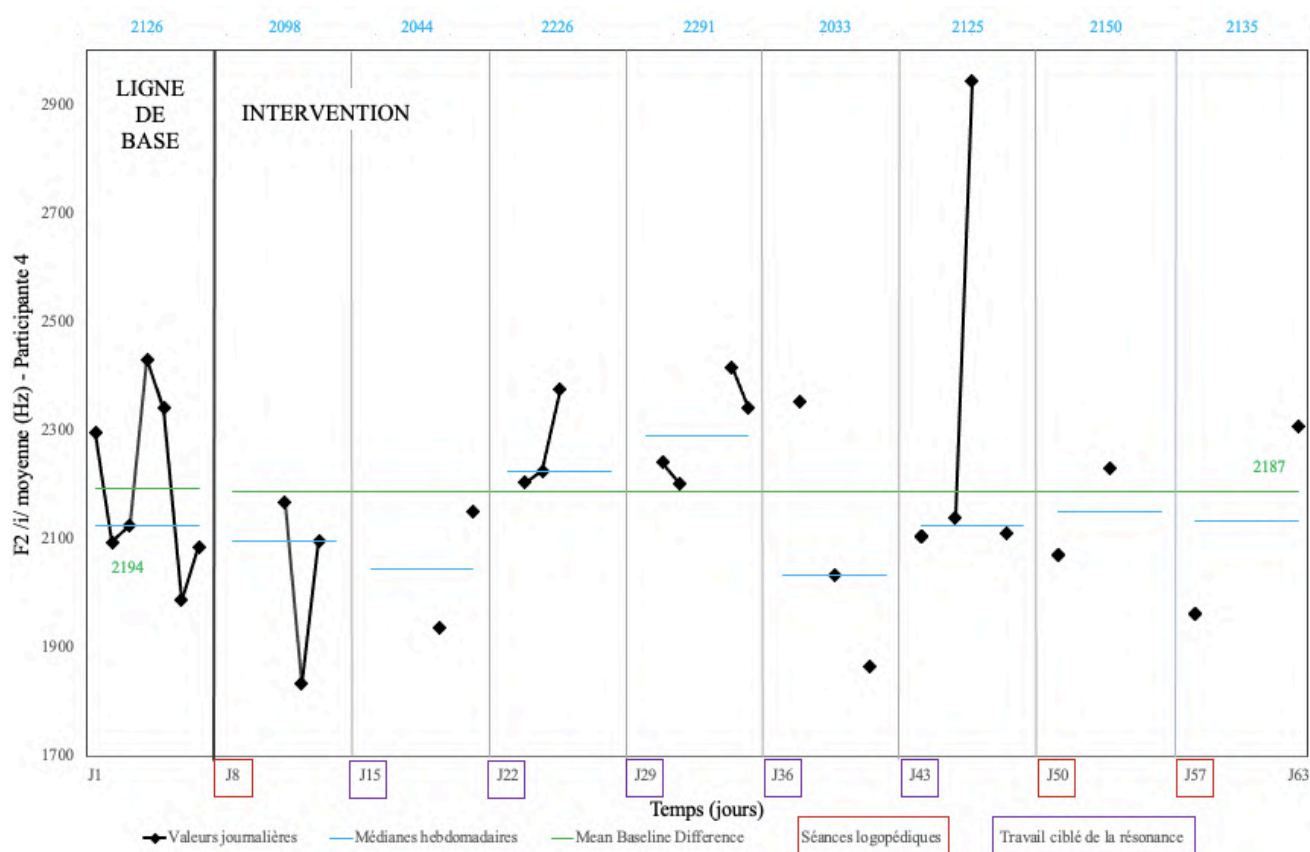


Figure 20. Évolution de F3 /i/ moyenne de P1 au cours du temps

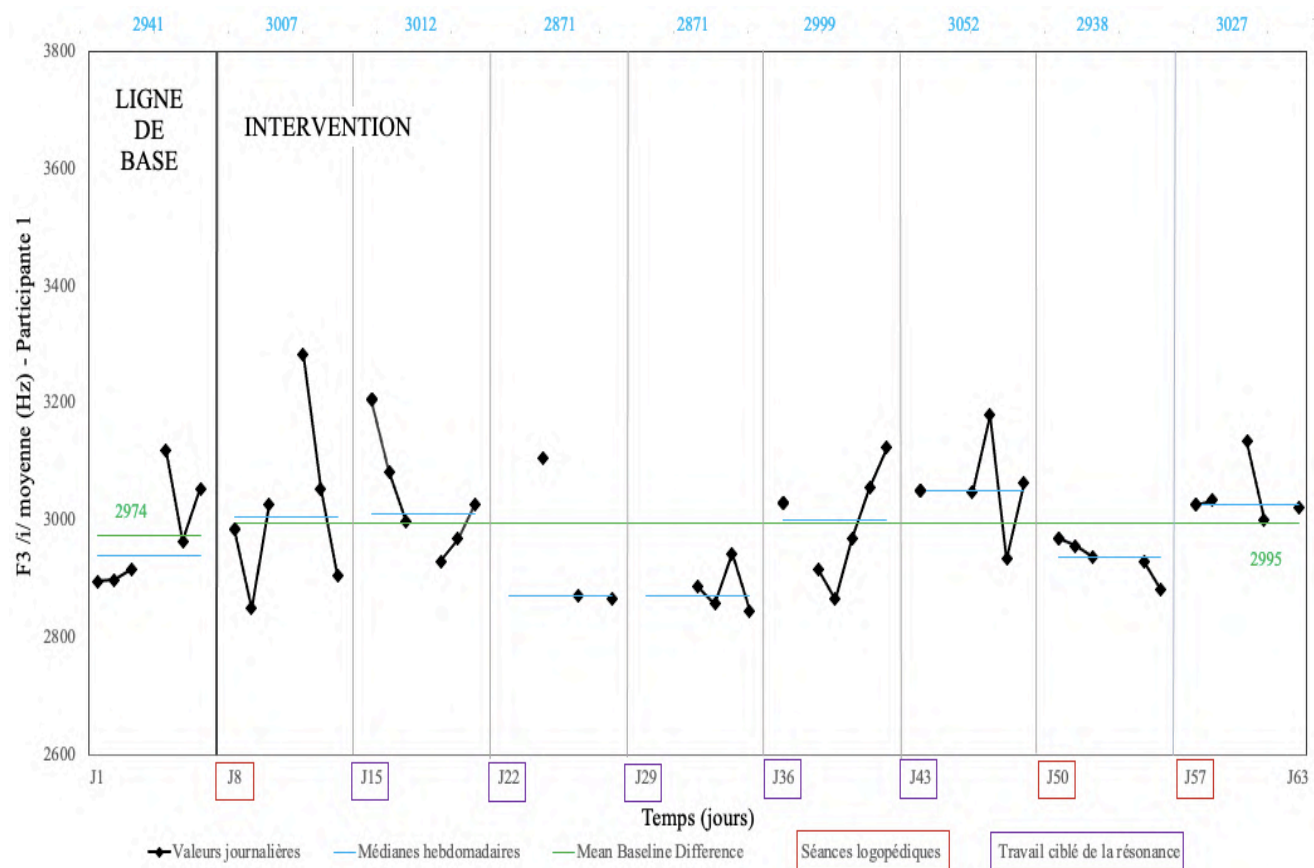


Figure 21. Évolution de F3 /i/ moyenne de P2 au cours du temps

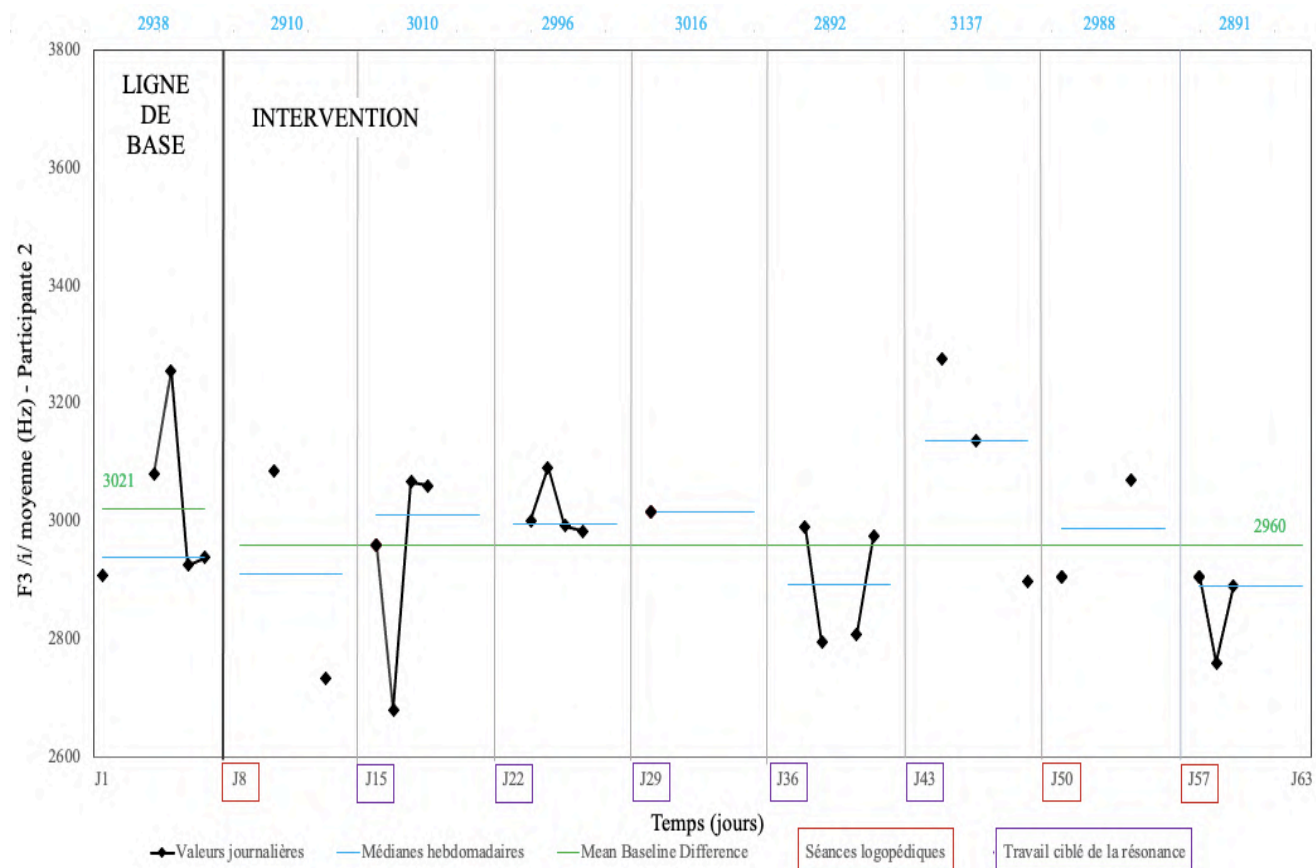


Figure 22. Évolution de F3 /i/ moyenne de P3 au cours du temps

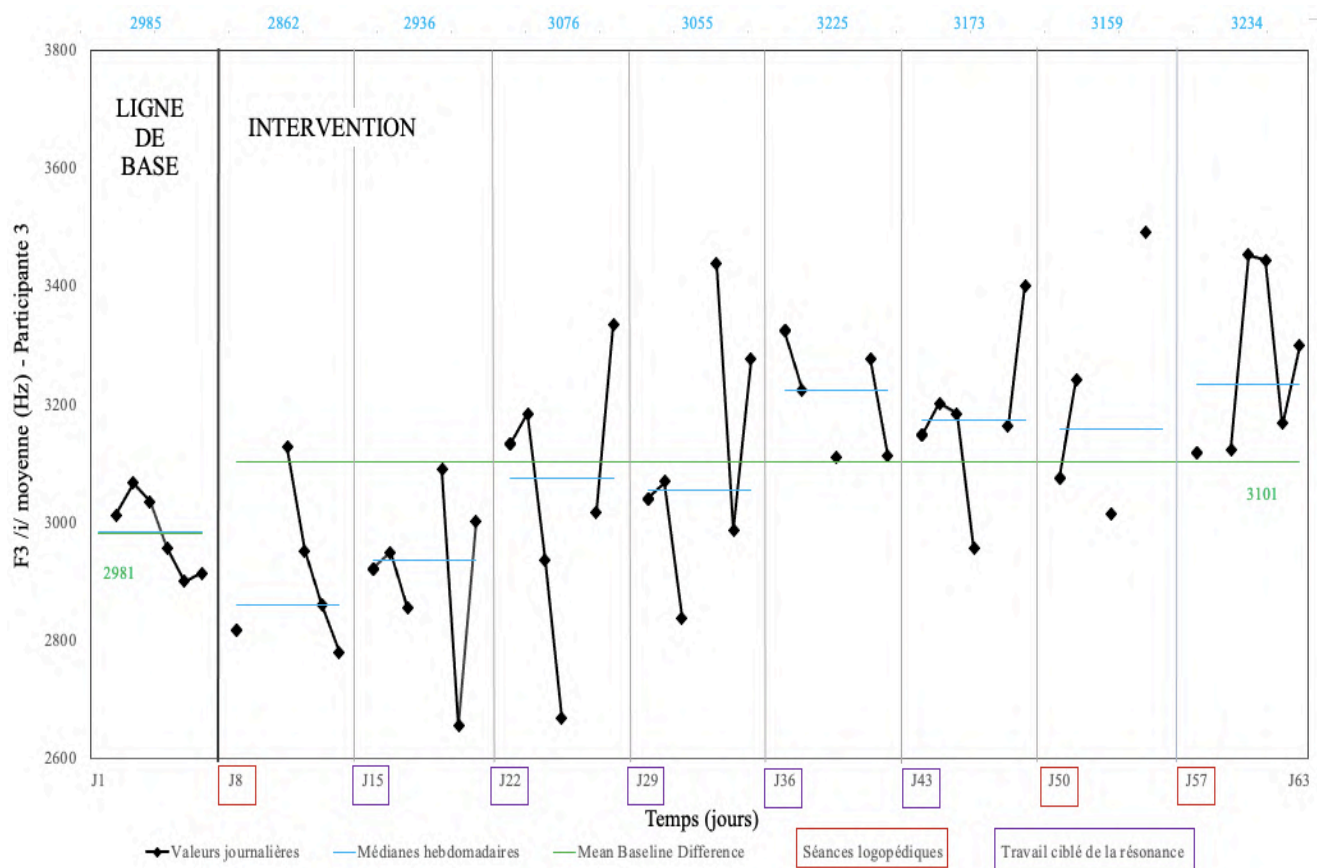


Figure 23. Évolution de F3 /i/ moyenne de P4 au cours du temps

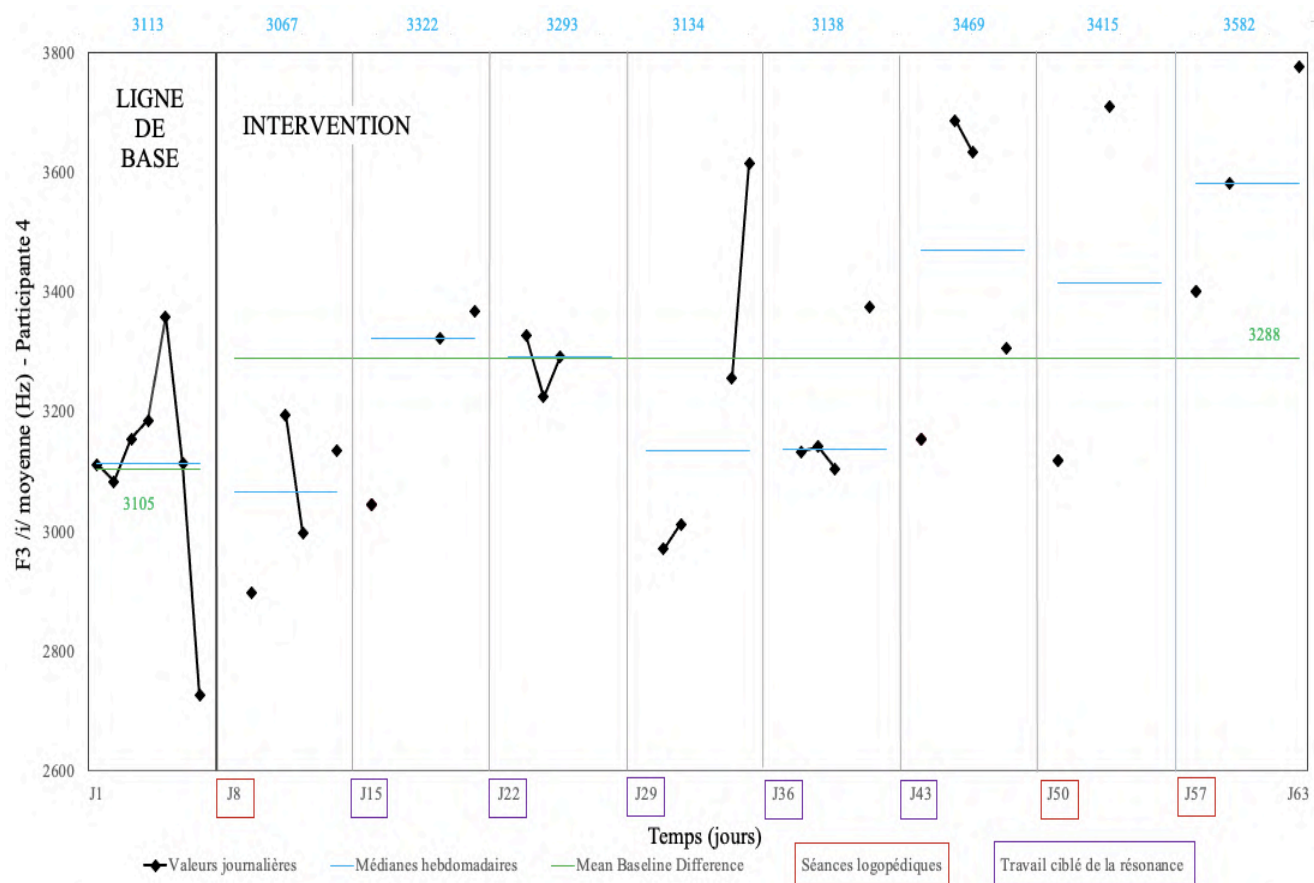


Figure 24. Évolution de F1 /a/ moyenne de P2 au cours du temps

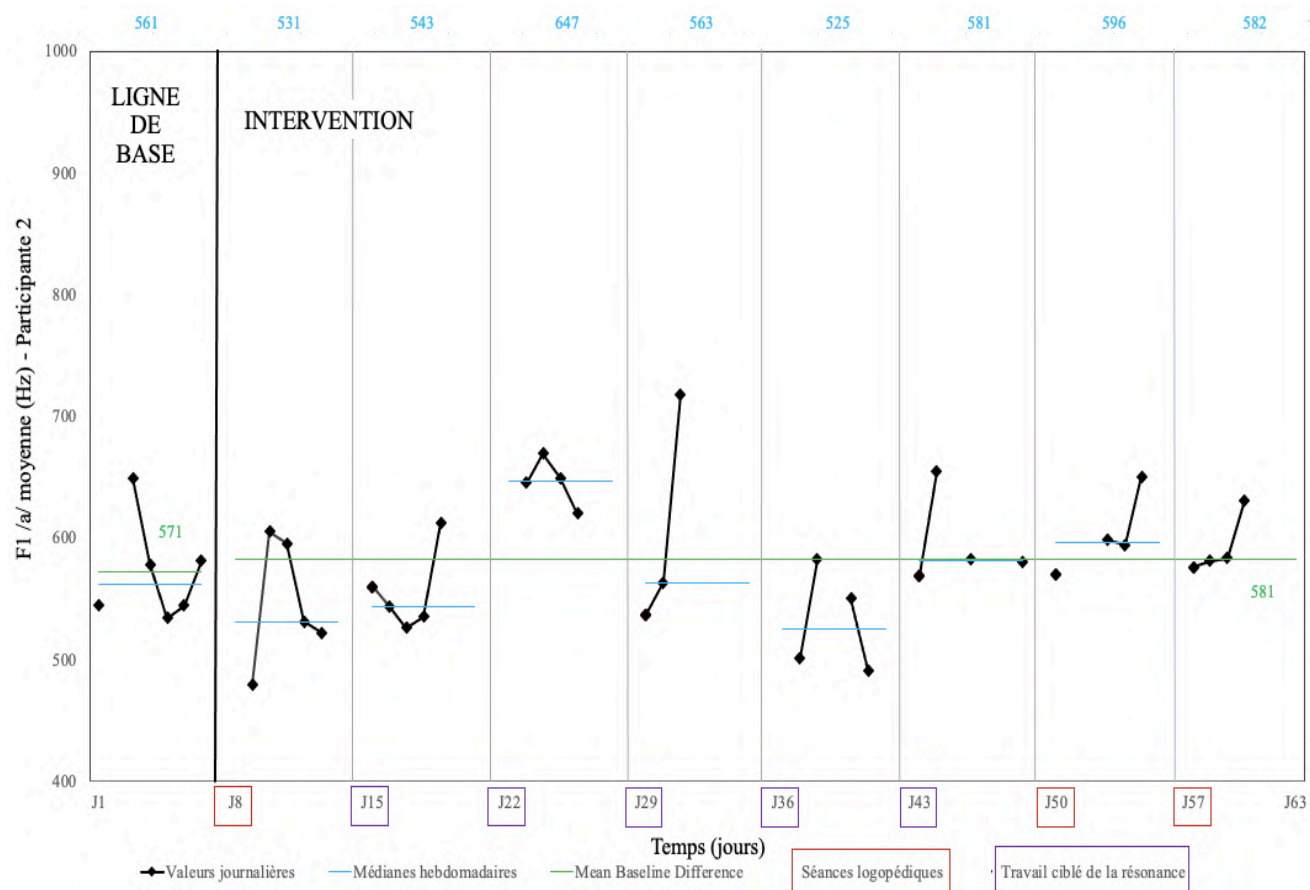


Figure 25. Évolution de F2 /a/ moyenne de P1 au cours du temps

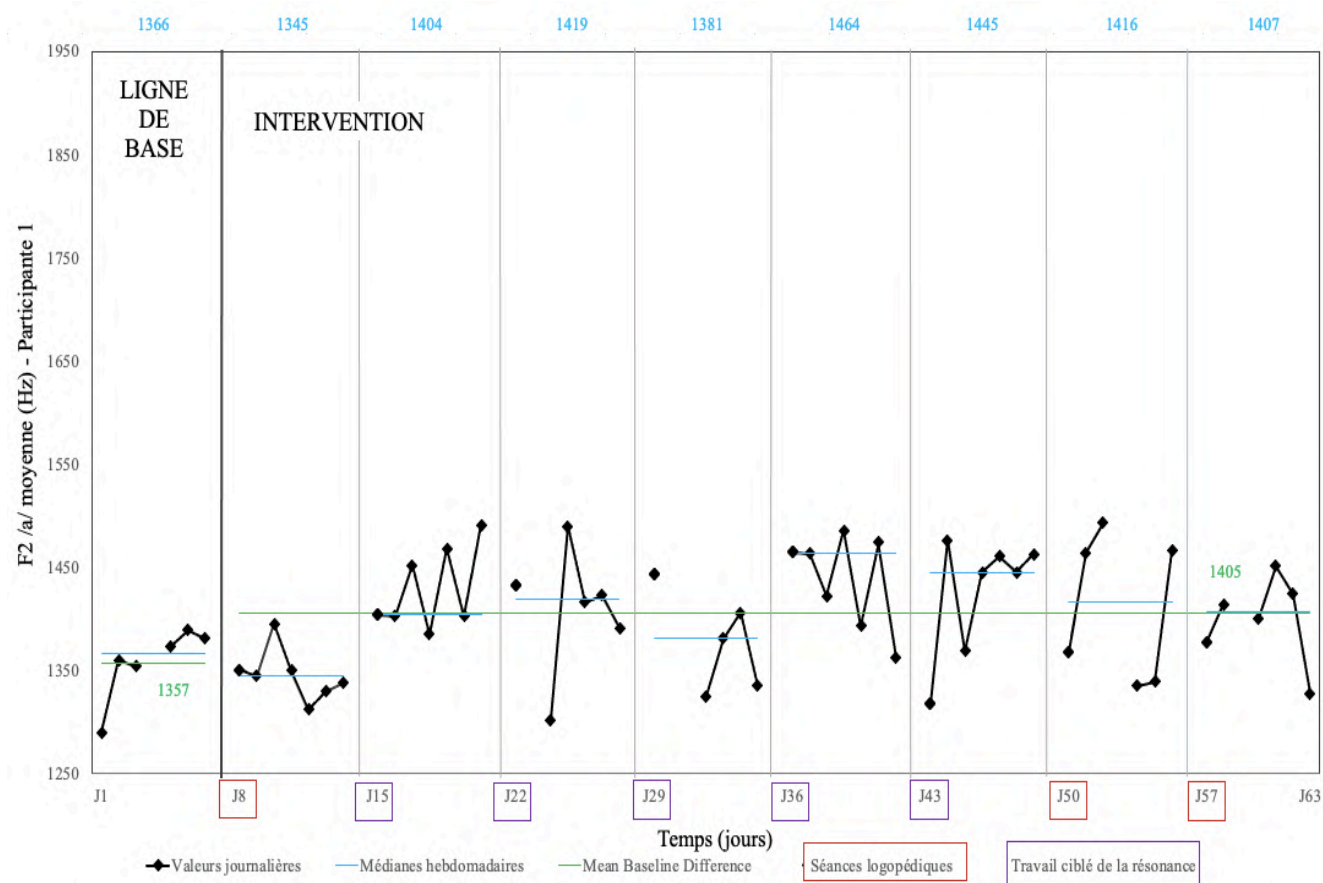


Figure 26. Évolution de F2 /a/ moyenne de P2 au cours du temps

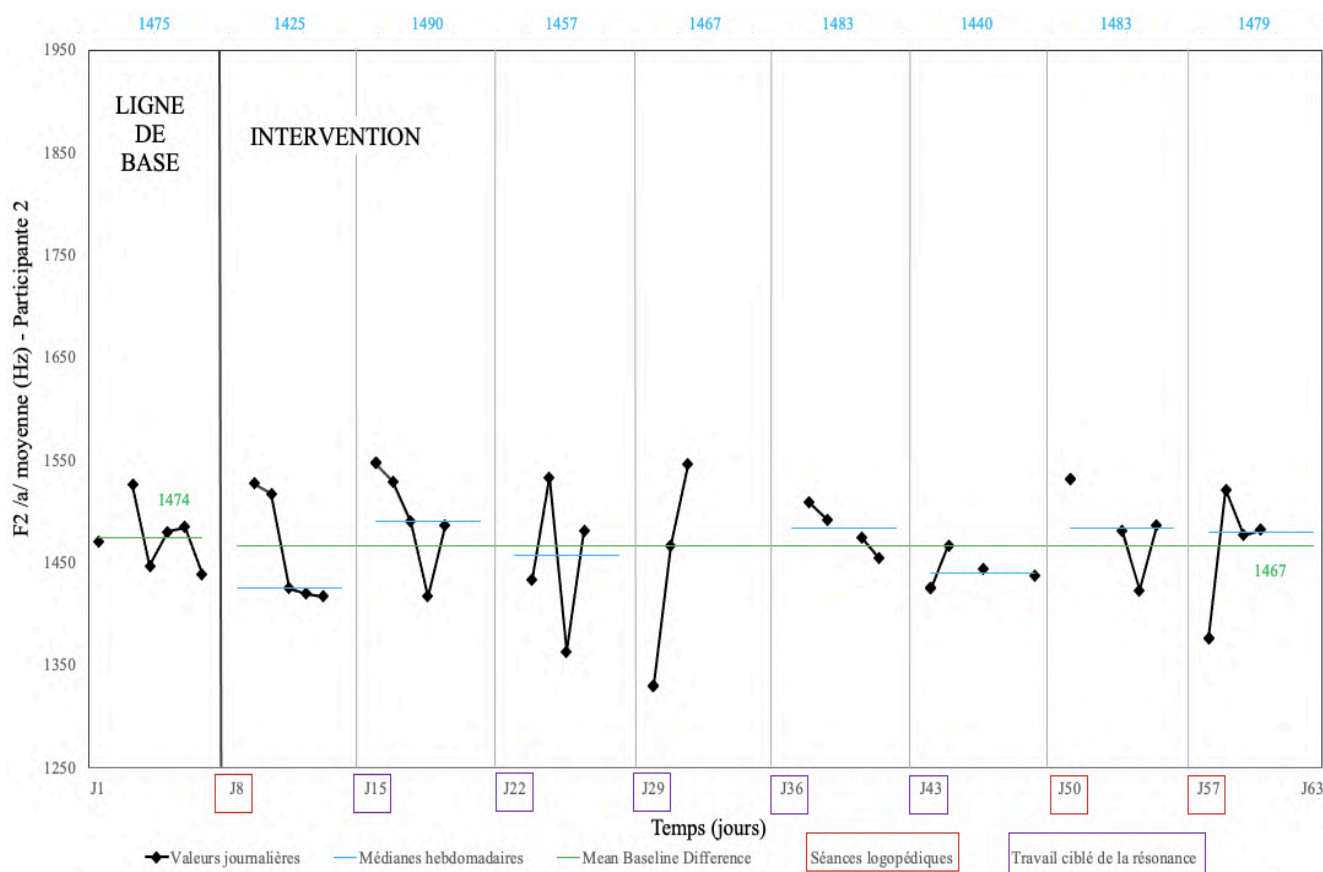


Figure 27. Évolution de F2 /a/ moyenne de P3 au cours du temps

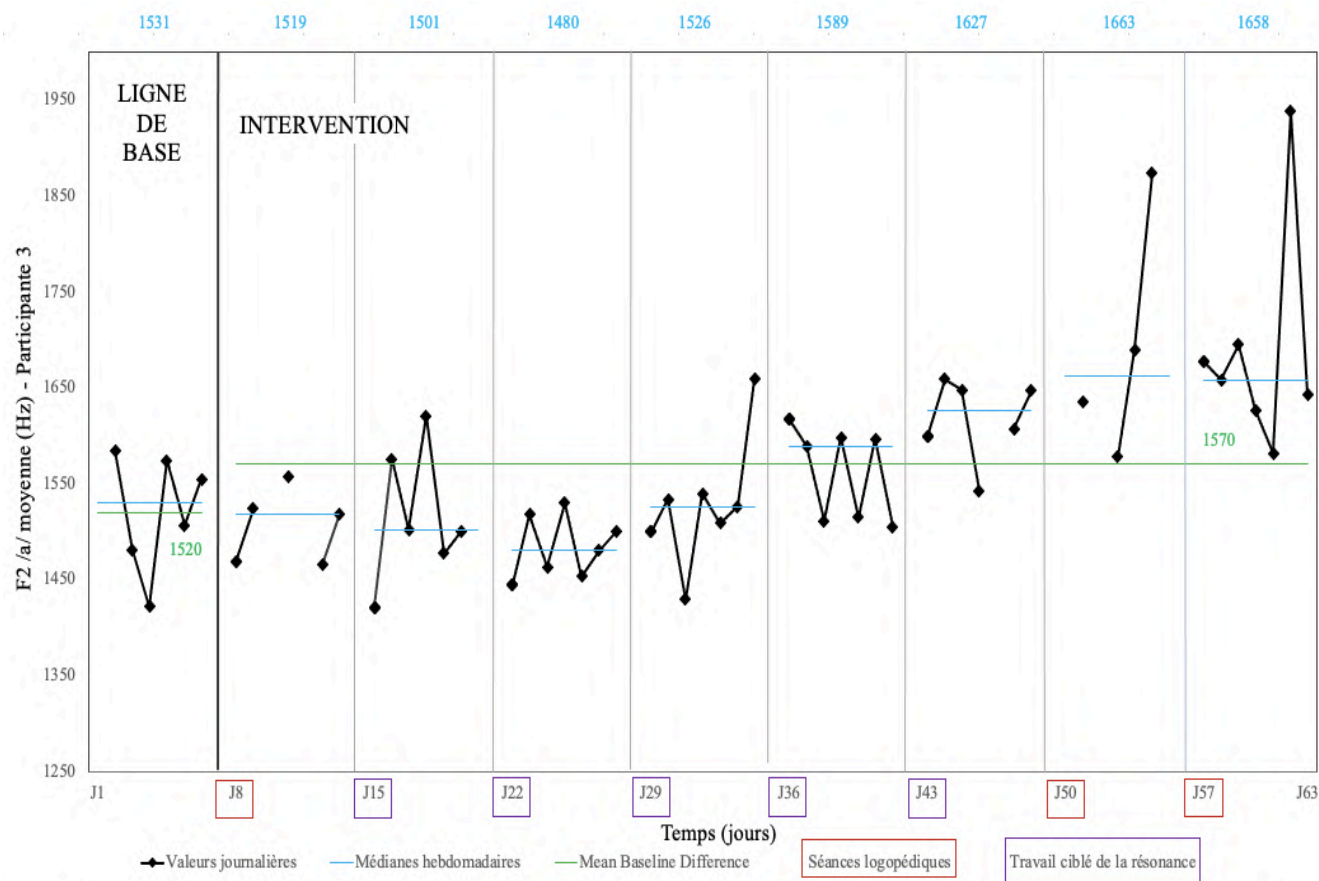


Figure 28. Évolution de F2 /a/ moyenne de P4 au cours du temps

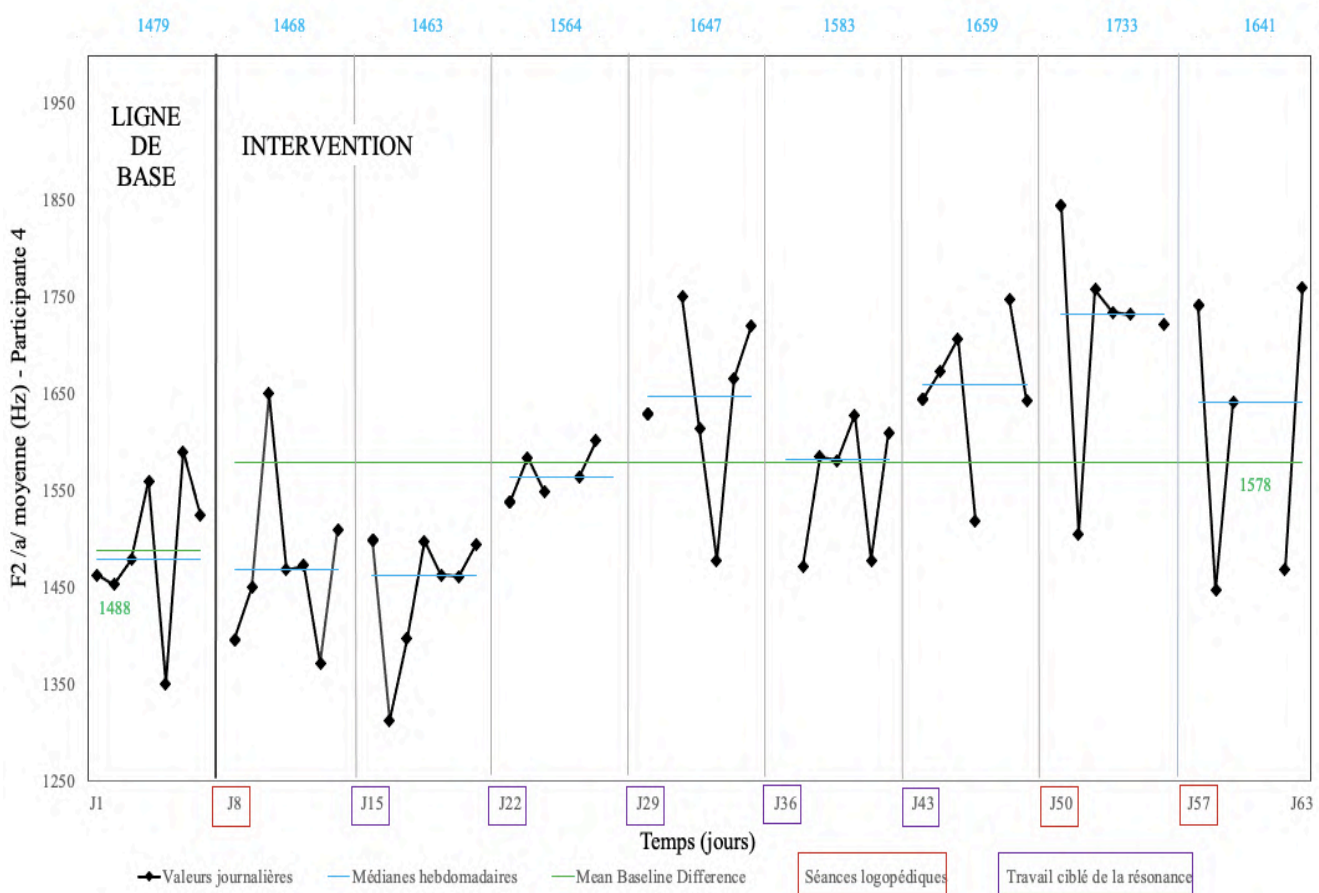


Figure 29. Évolution de F3 /a/ moyenne de P1 au cours du temps

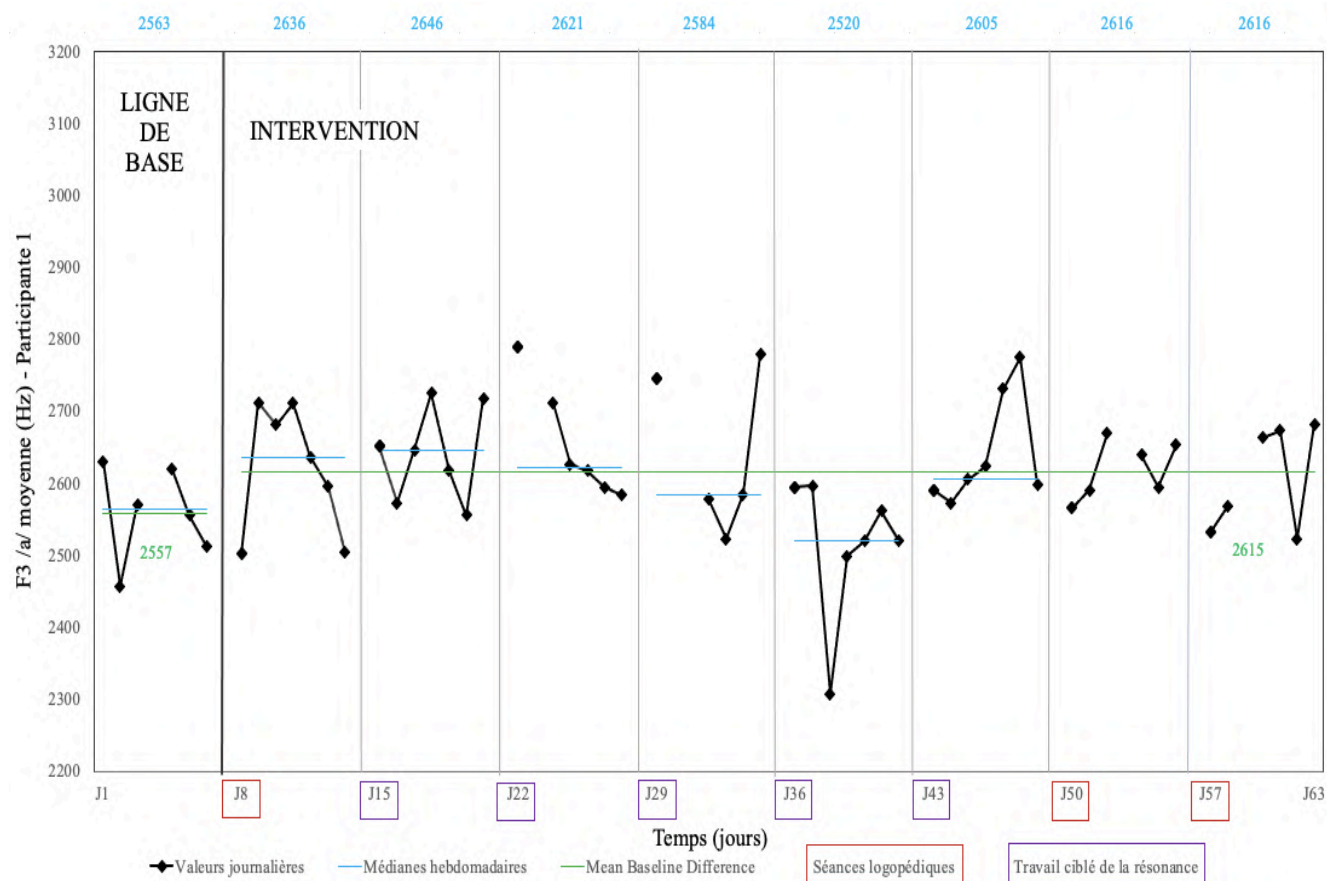


Figure 30. Évolution de F3 /a/ moyenne de P2 au cours du temps

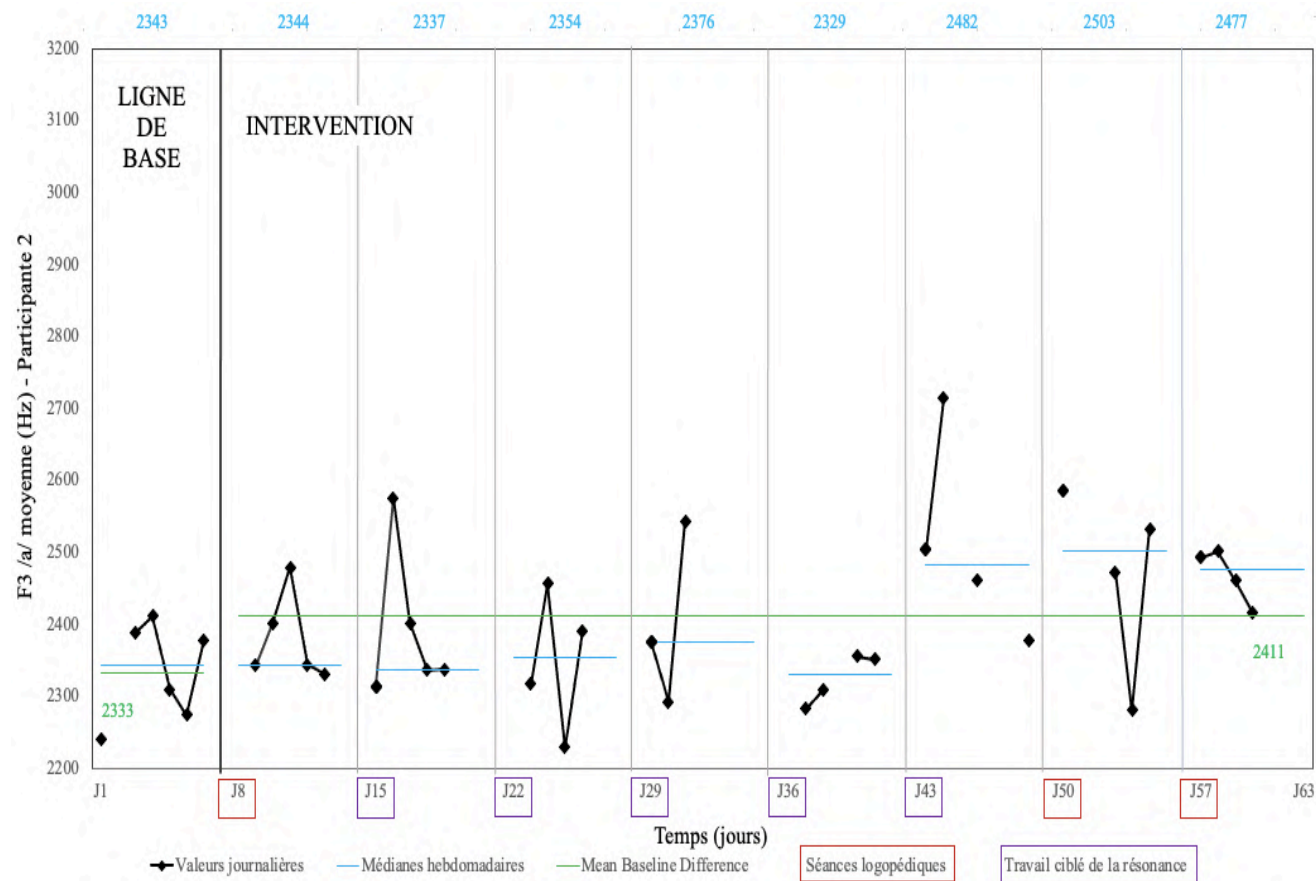


Figure 31. Évolution de F3 /a/ moyenne de P3 au cours du temps

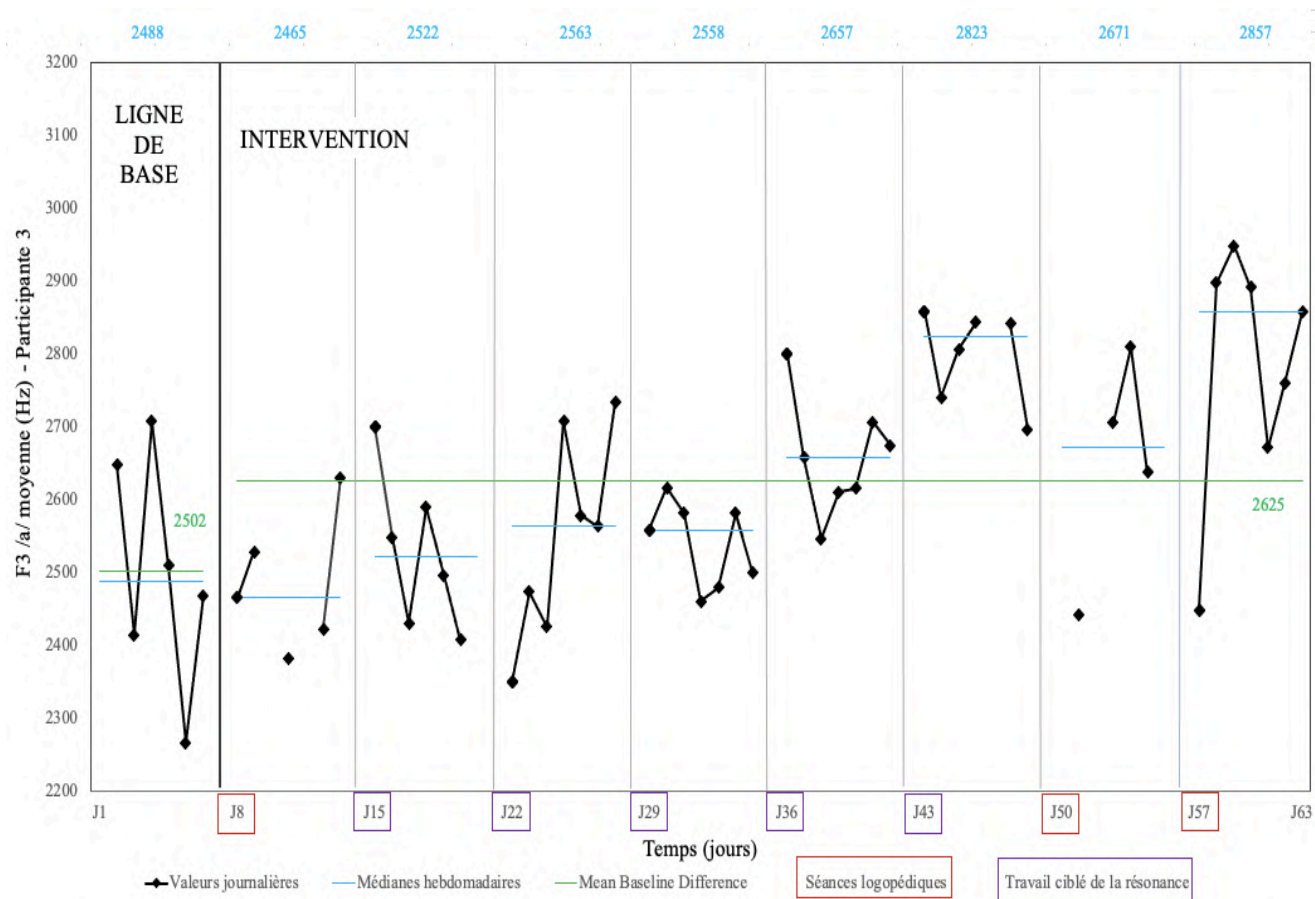


Figure 32. Évolution de F3 /a/ moyenne de P4 au cours du temps

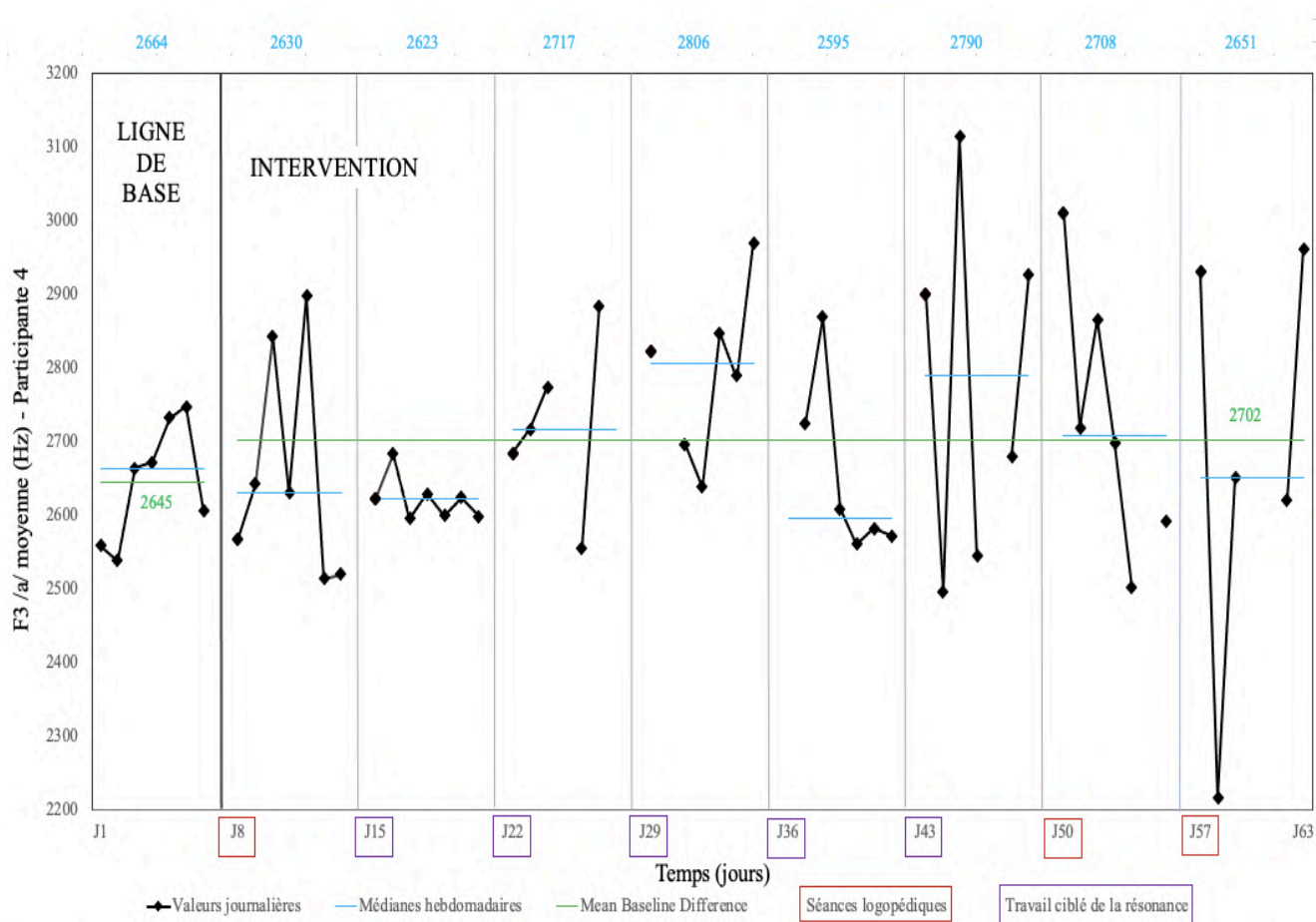


Figure 33. Évolution de F1 /u/ moyenne de P1 au cours du temps

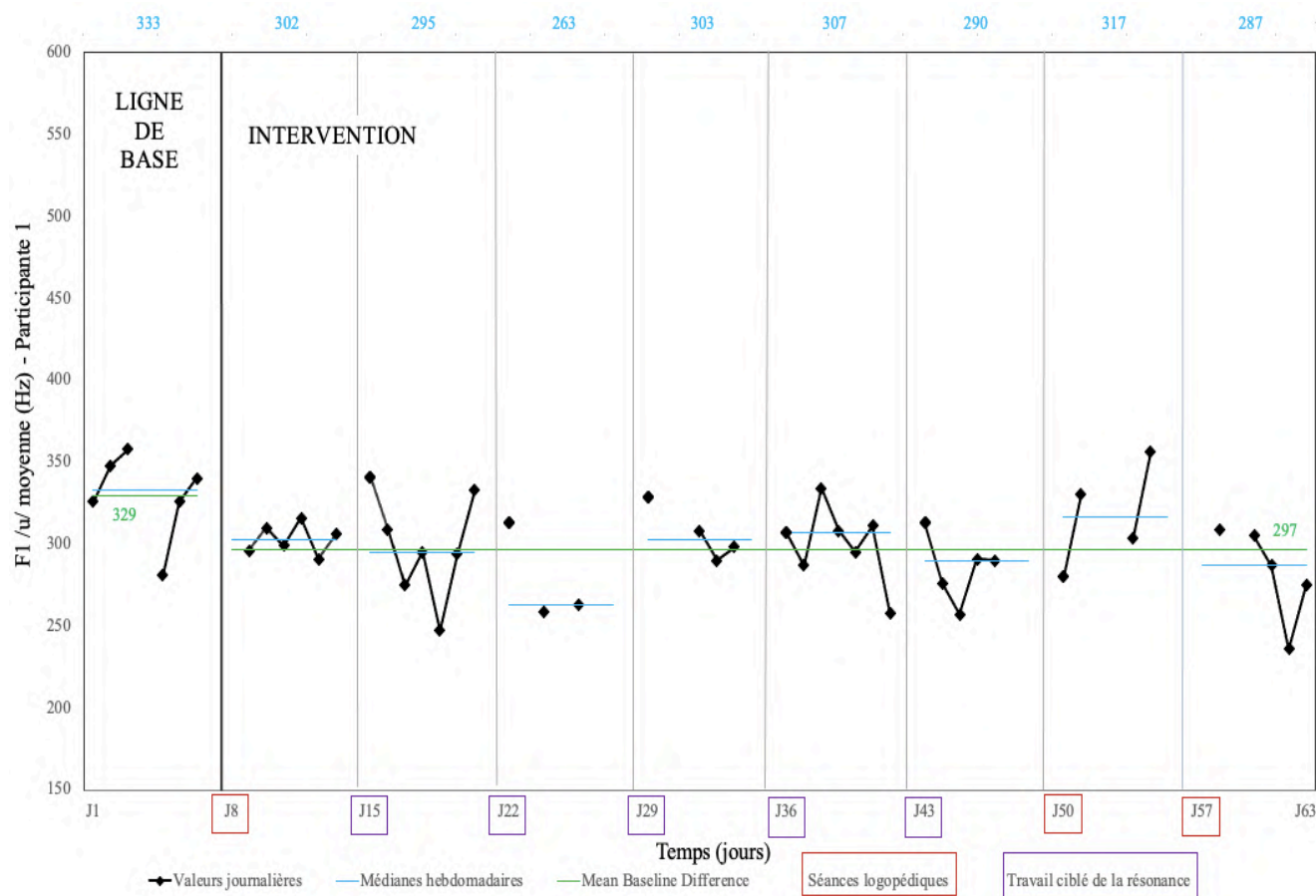


Figure 34. Évolution de F1 /u/ moyenne de P2 au cours du temps

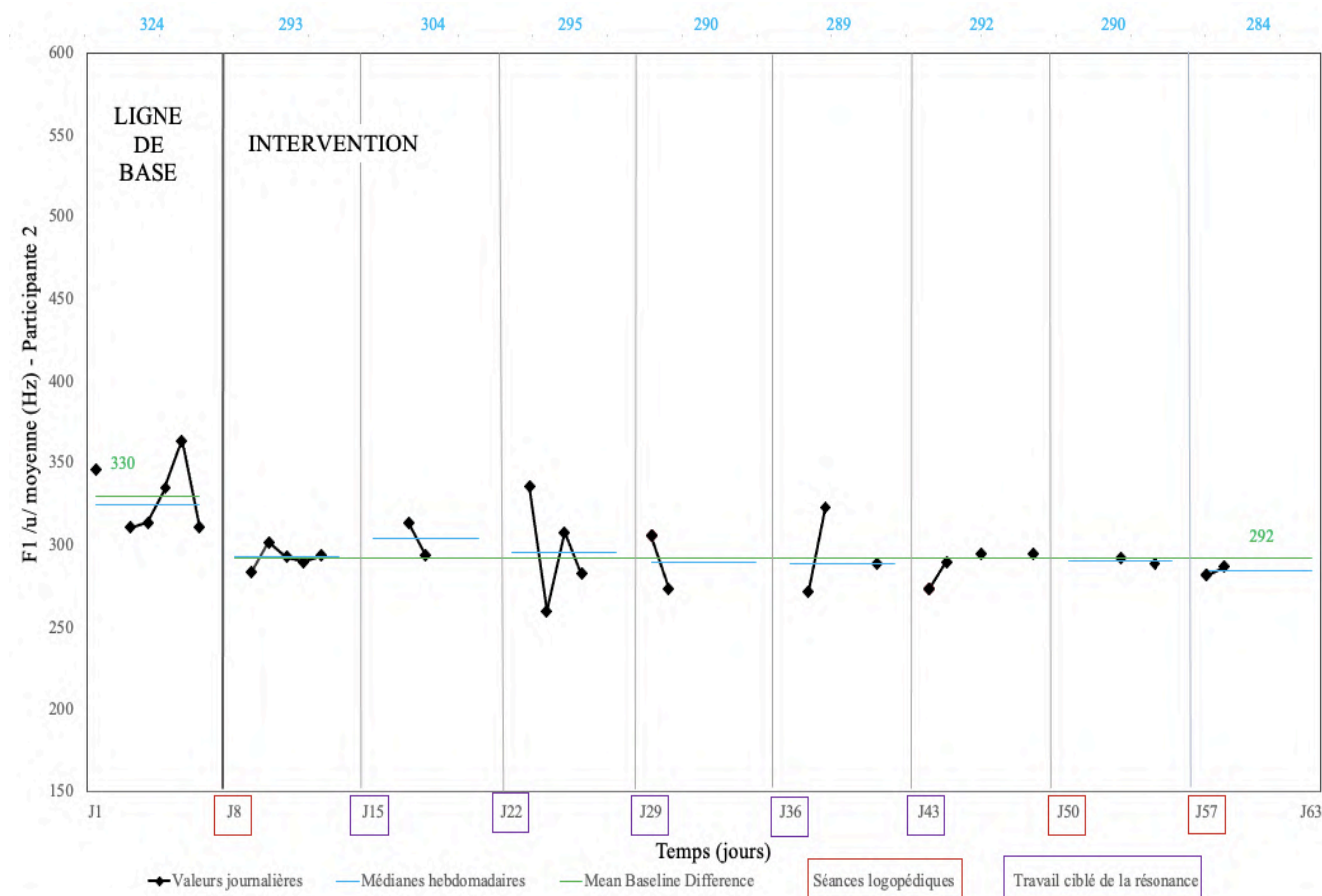


Figure 35. Évolution de F1 /u/ moyenne de P3 au cours du temps

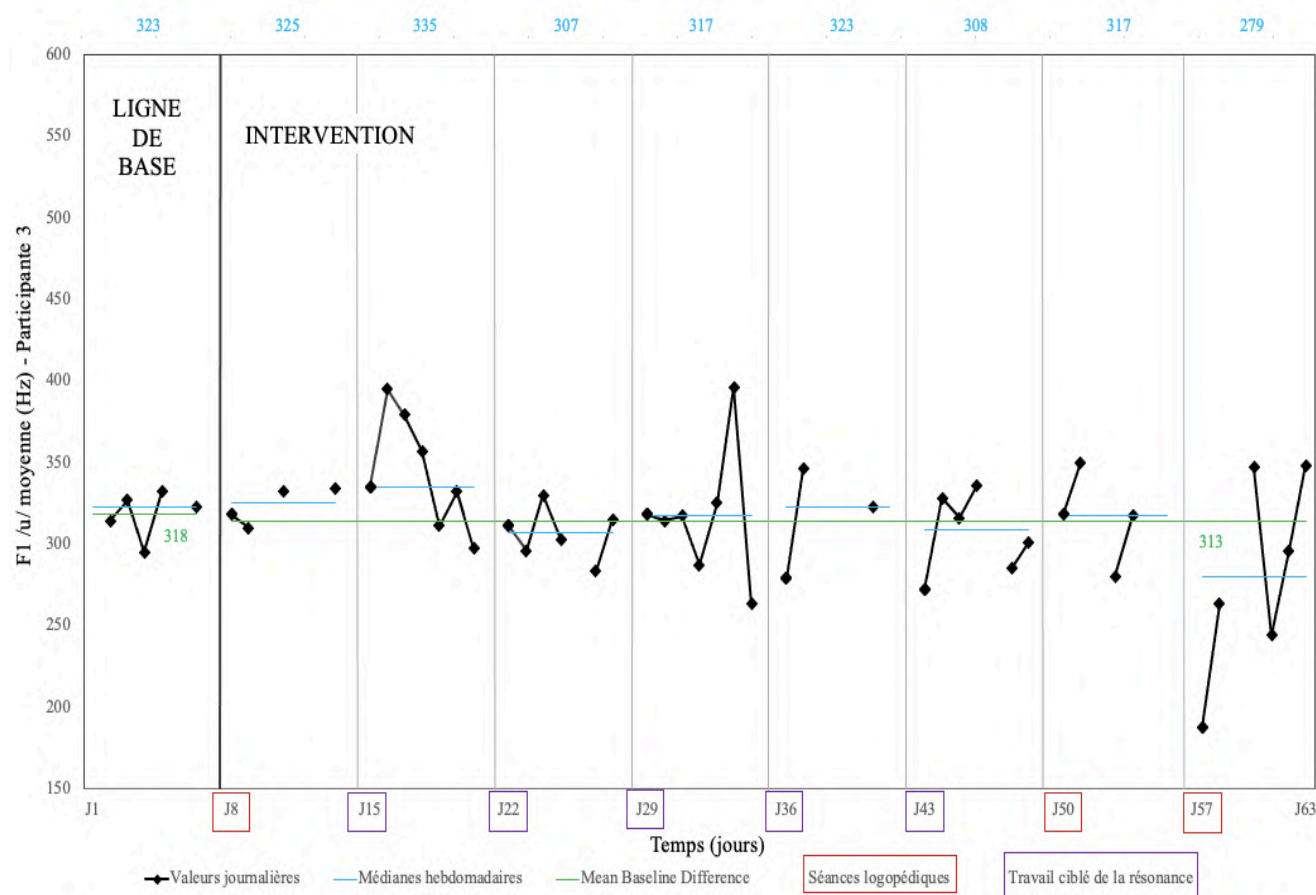


Figure 36. Évolution de F1 /u/ moyenne de P4 au cours du temps

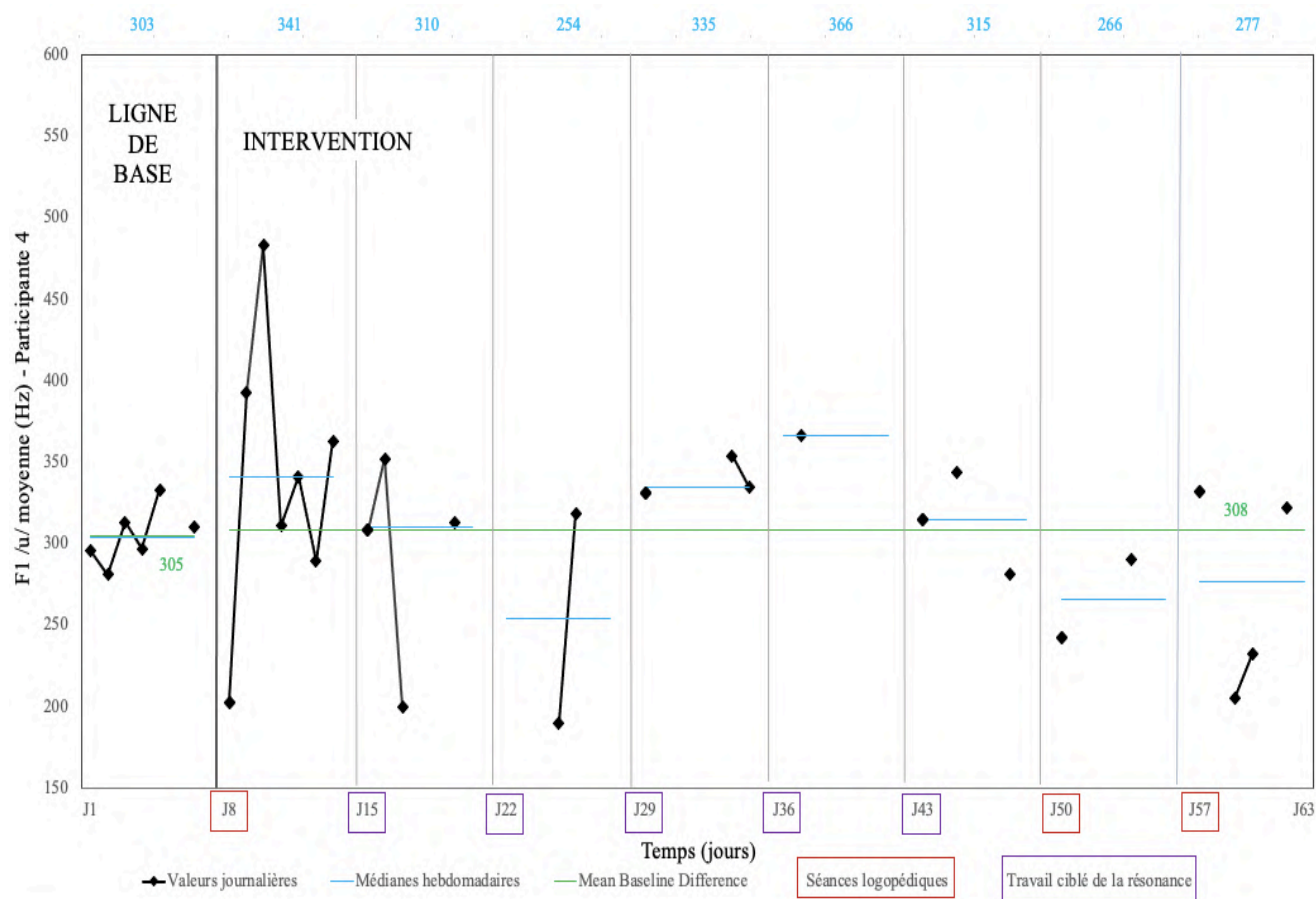


Figure 37. Évolution de F2 /u/ moyenne de P1 au cours du temps

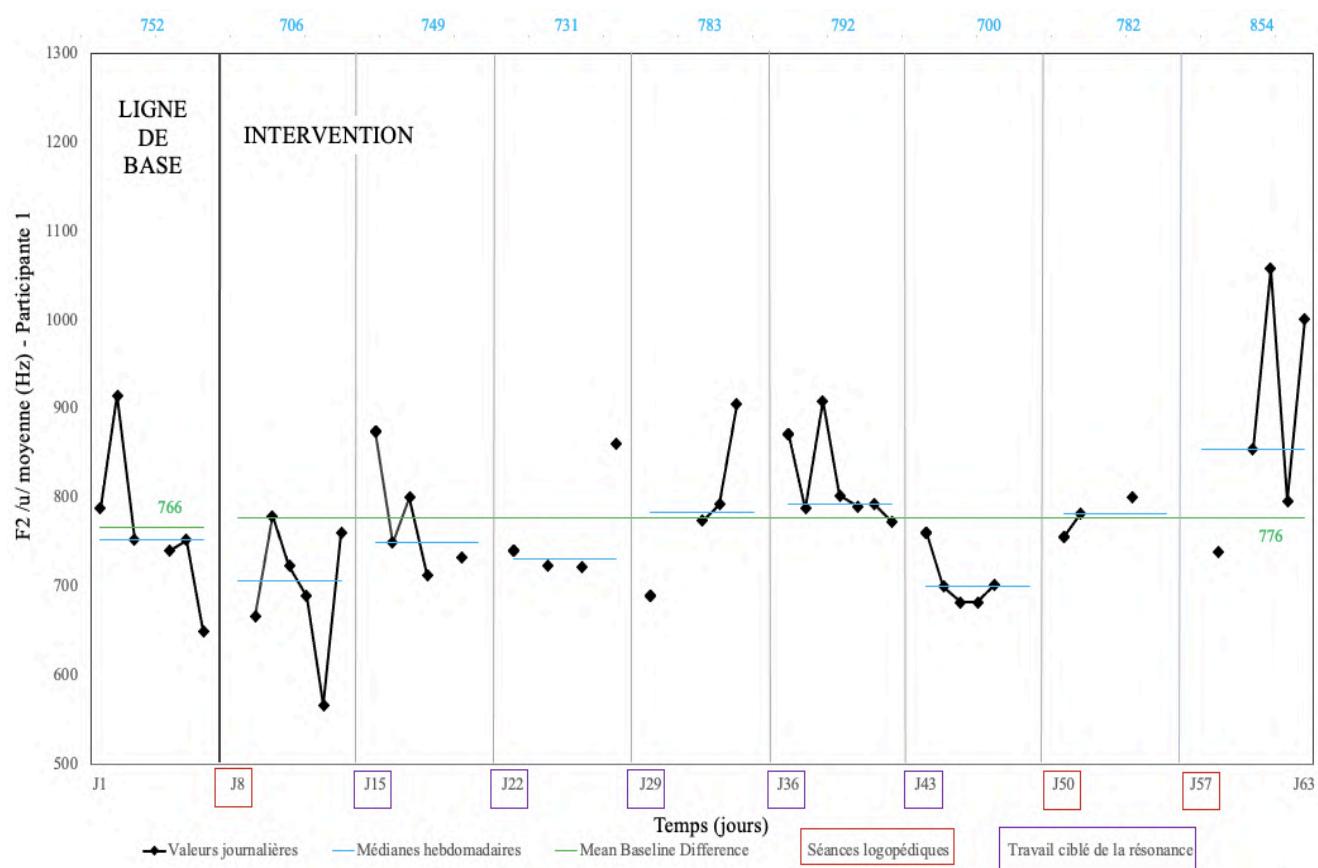


Figure 38. Évolution de F2 /u/ moyenne de P2 au cours du temps

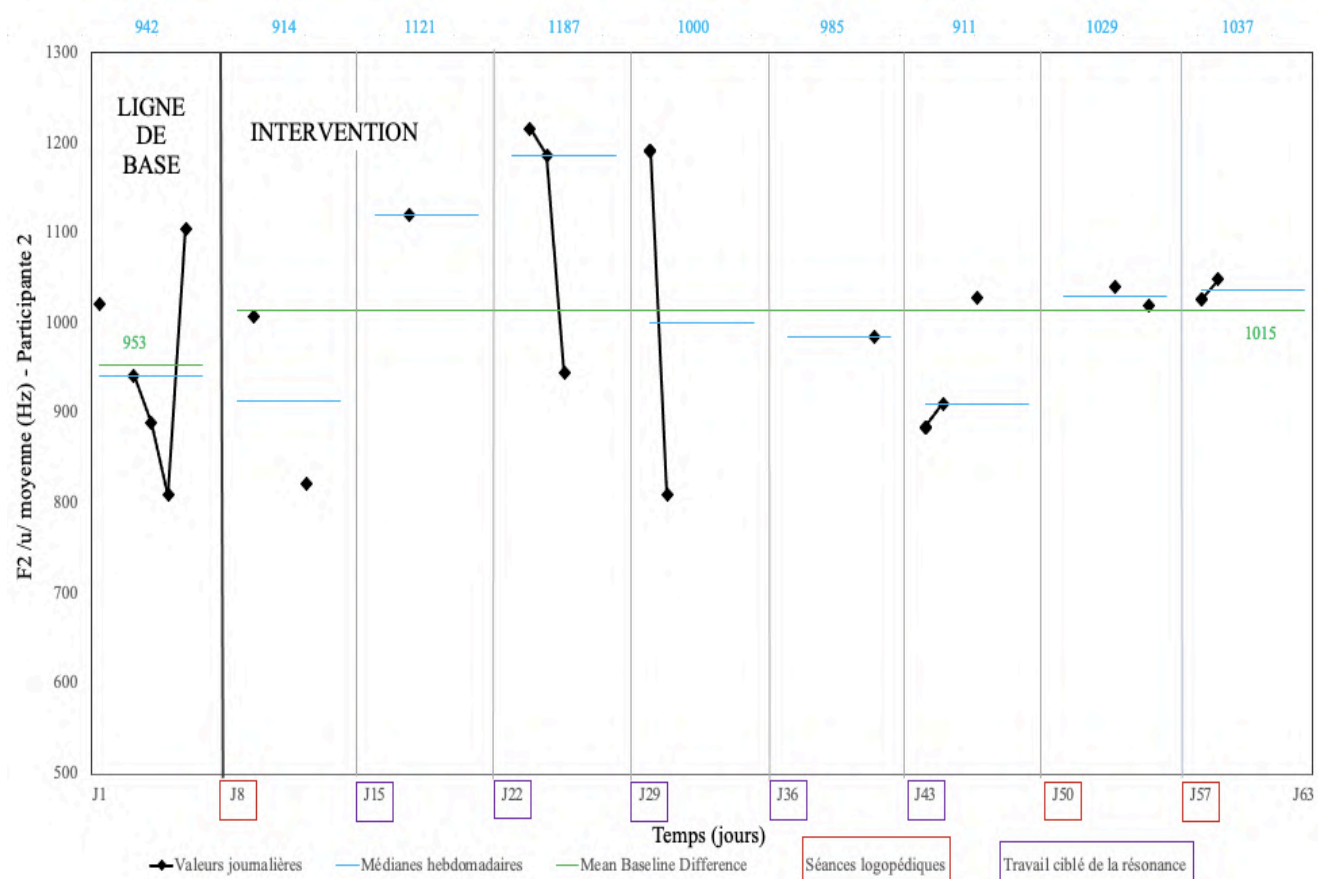


Figure 39. Évolution de F2 /u/ moyenne de P3 au cours du temps

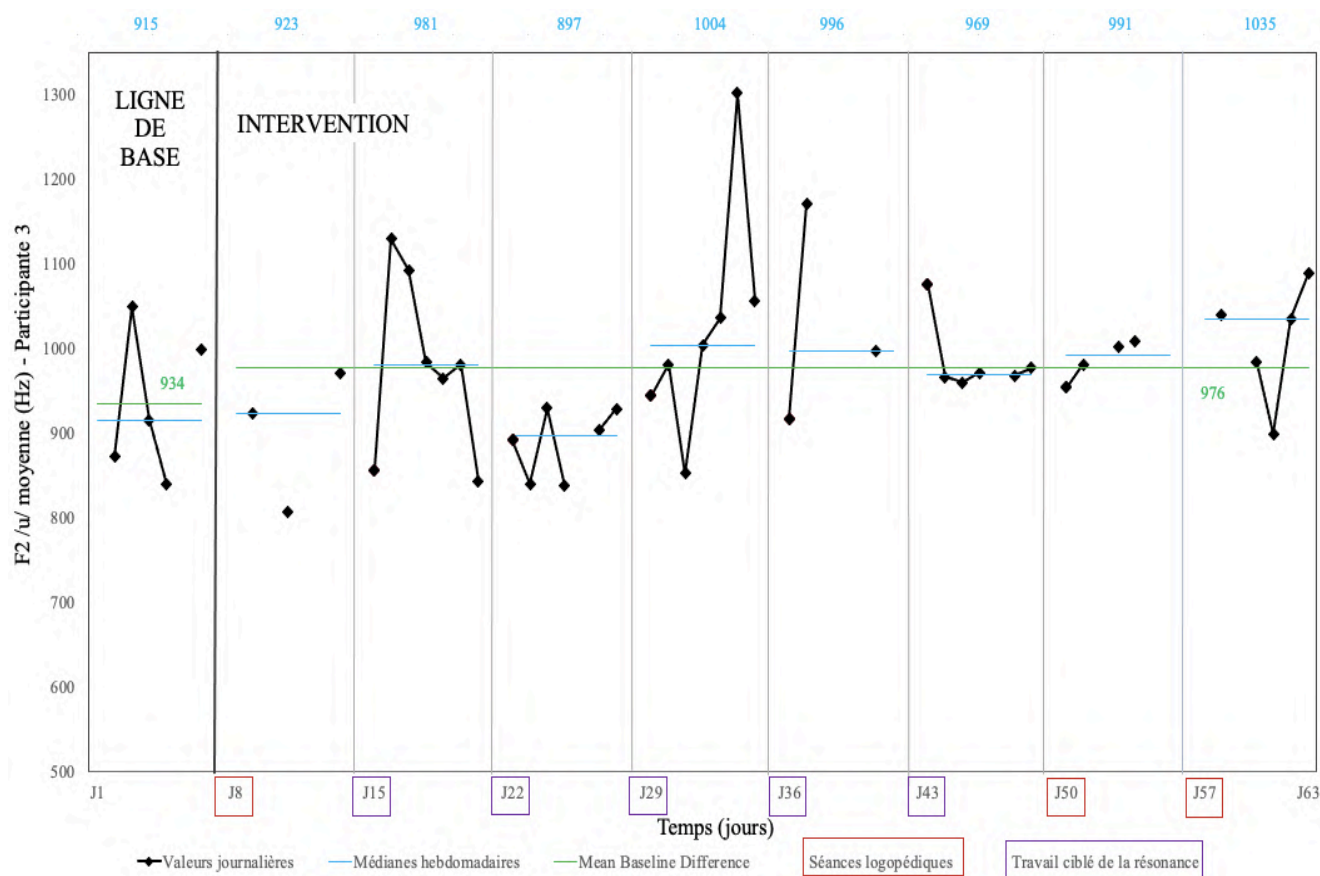


Figure 40. Évolution de F2 /u/ moyenne de P4 au cours du temps

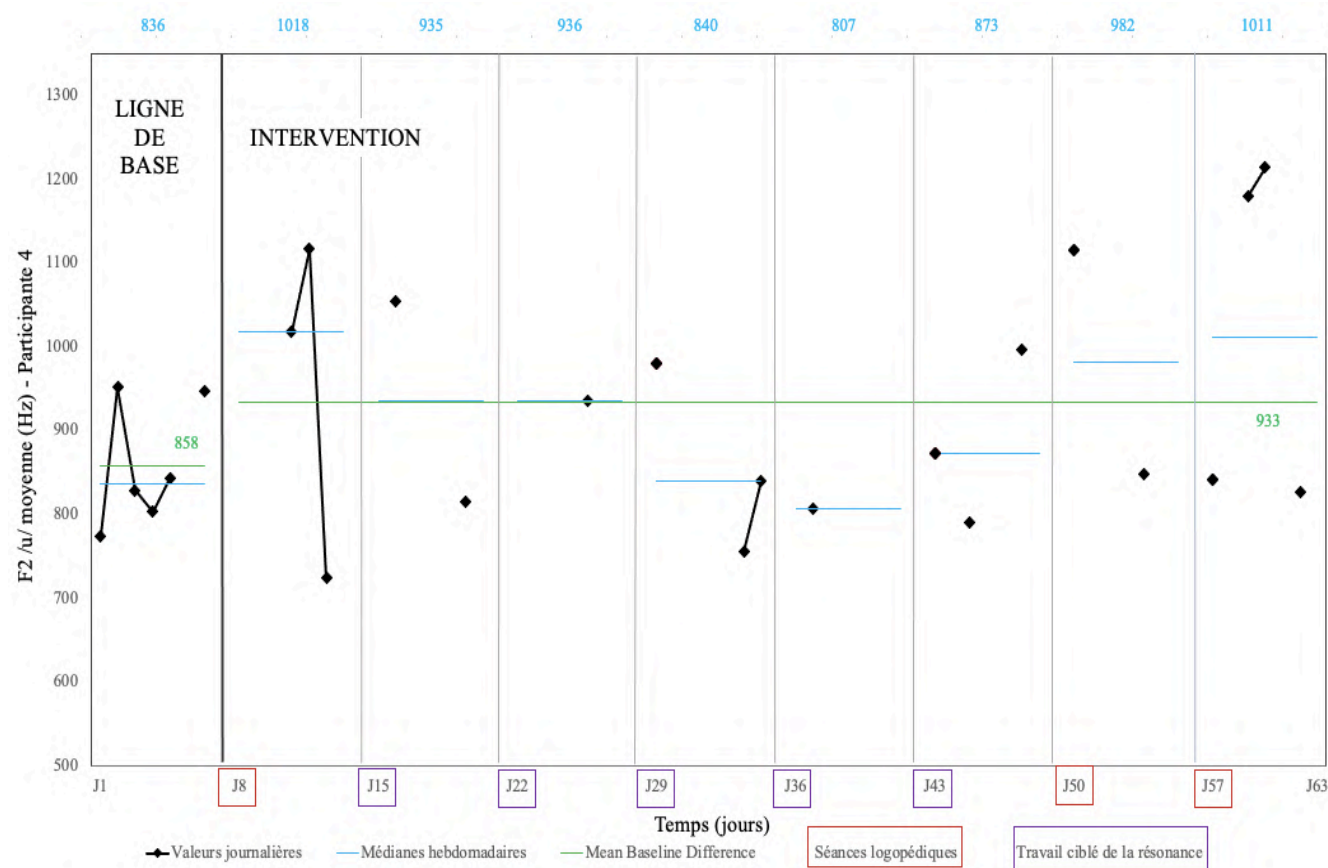


Figure 41. Évolution de F3 /u/ moyenne de P1 au cours du temps

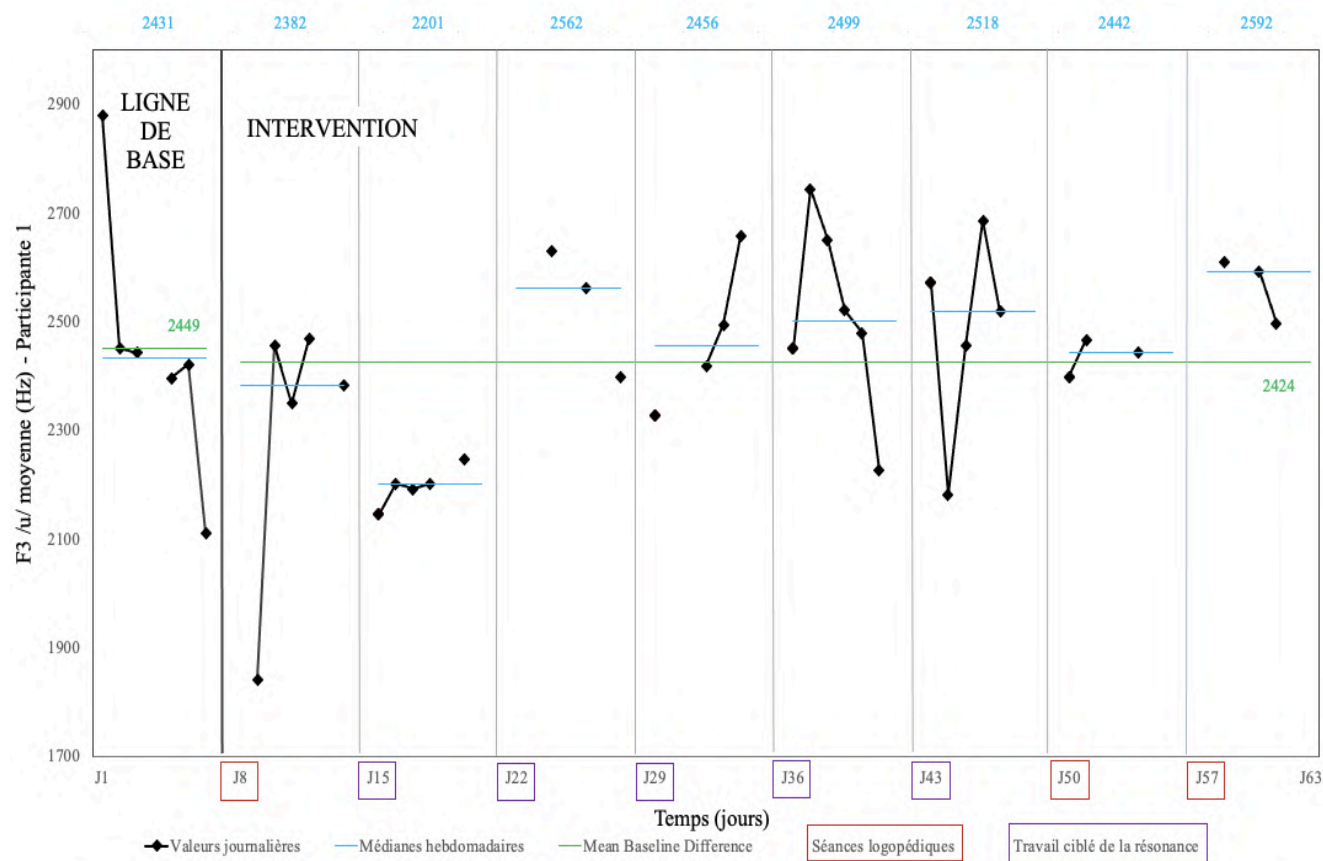


Figure 42. Évolution de F3 /u/ moyenne de P2 au cours du temps

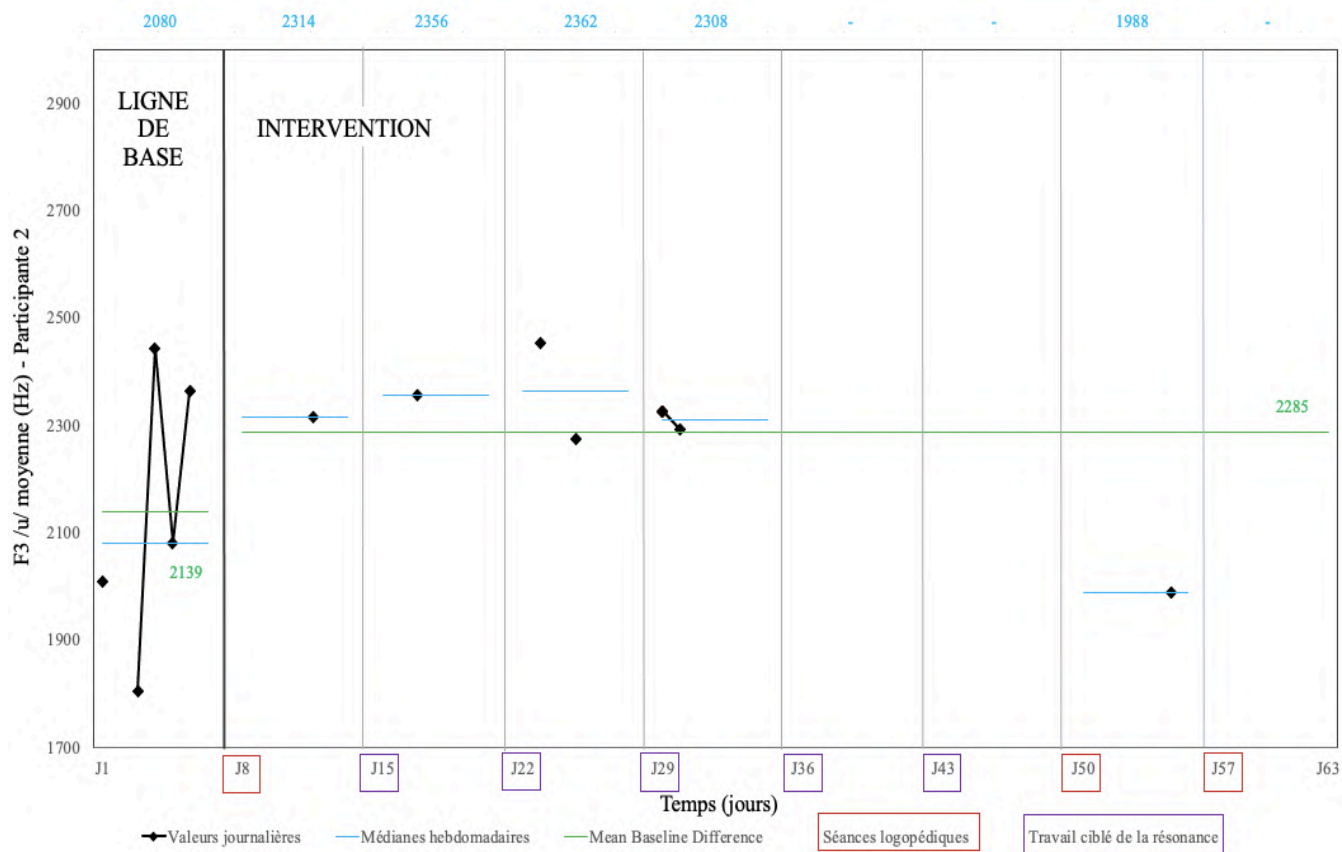


Figure 43. Évolution de F3 /u/ moyenne de P3 au cours du temps

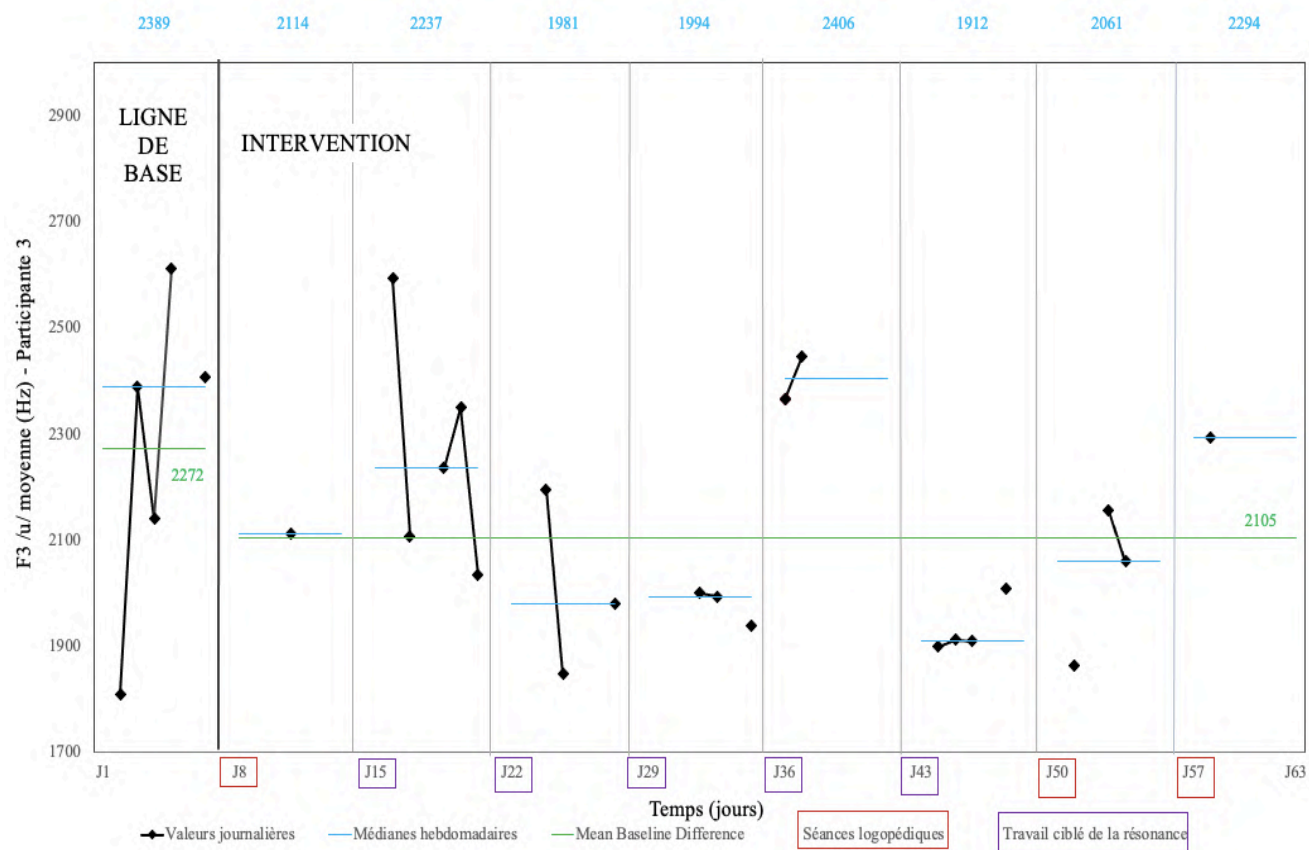


Figure 44. Évolution de F3 /u/ moyenne de P4 au cours du temps

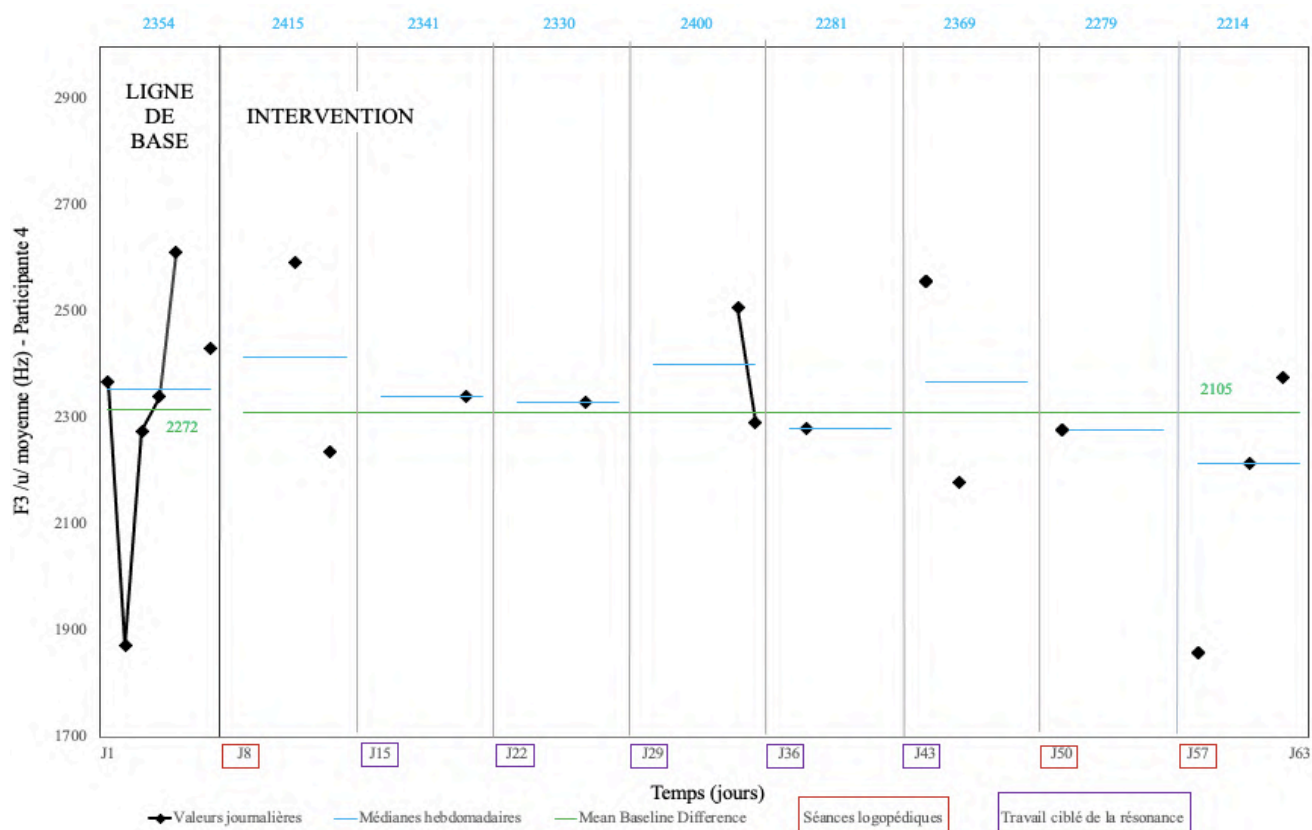


Figure 45. Évolution de l'étendue fréquentielle de P1 au cours du temps

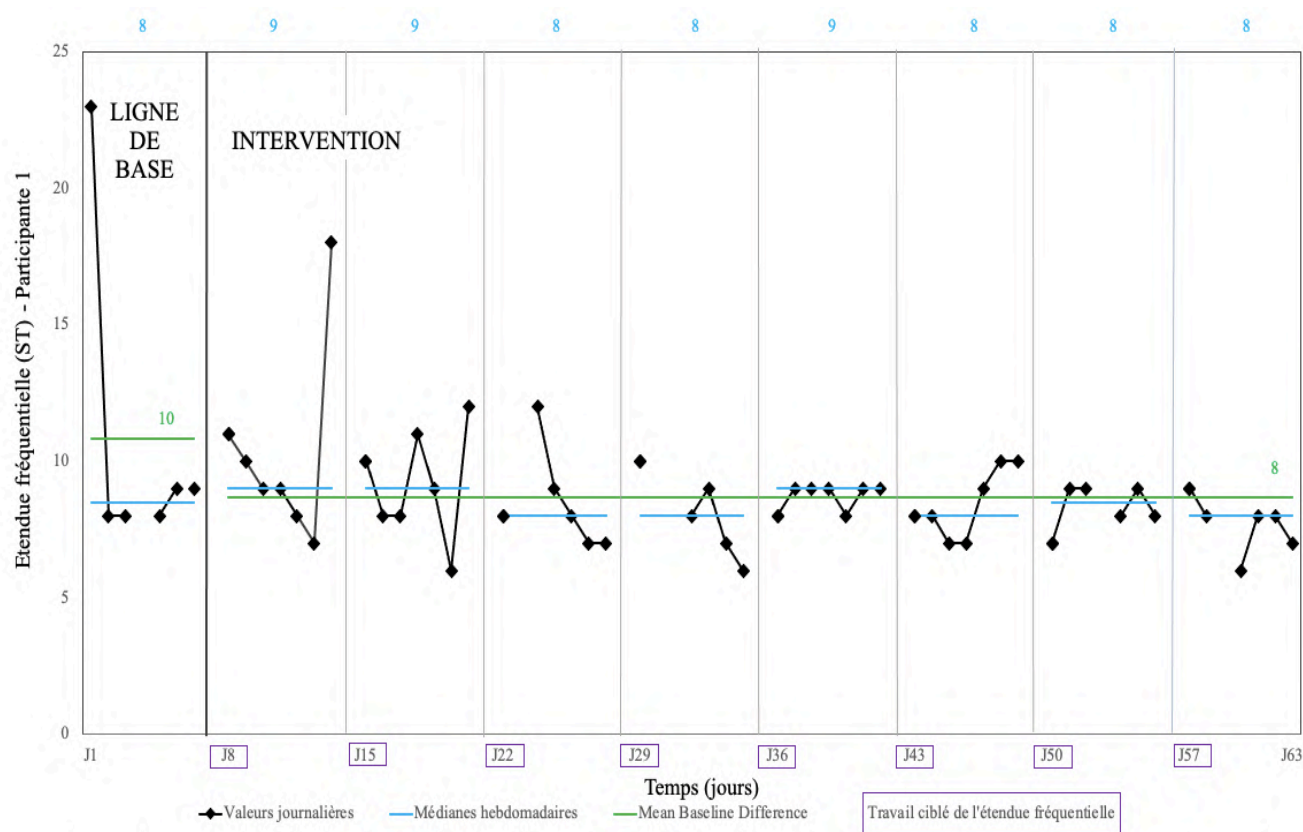


Figure 46. Évolution de l'étendue fréquentielle de P2 au cours du temps

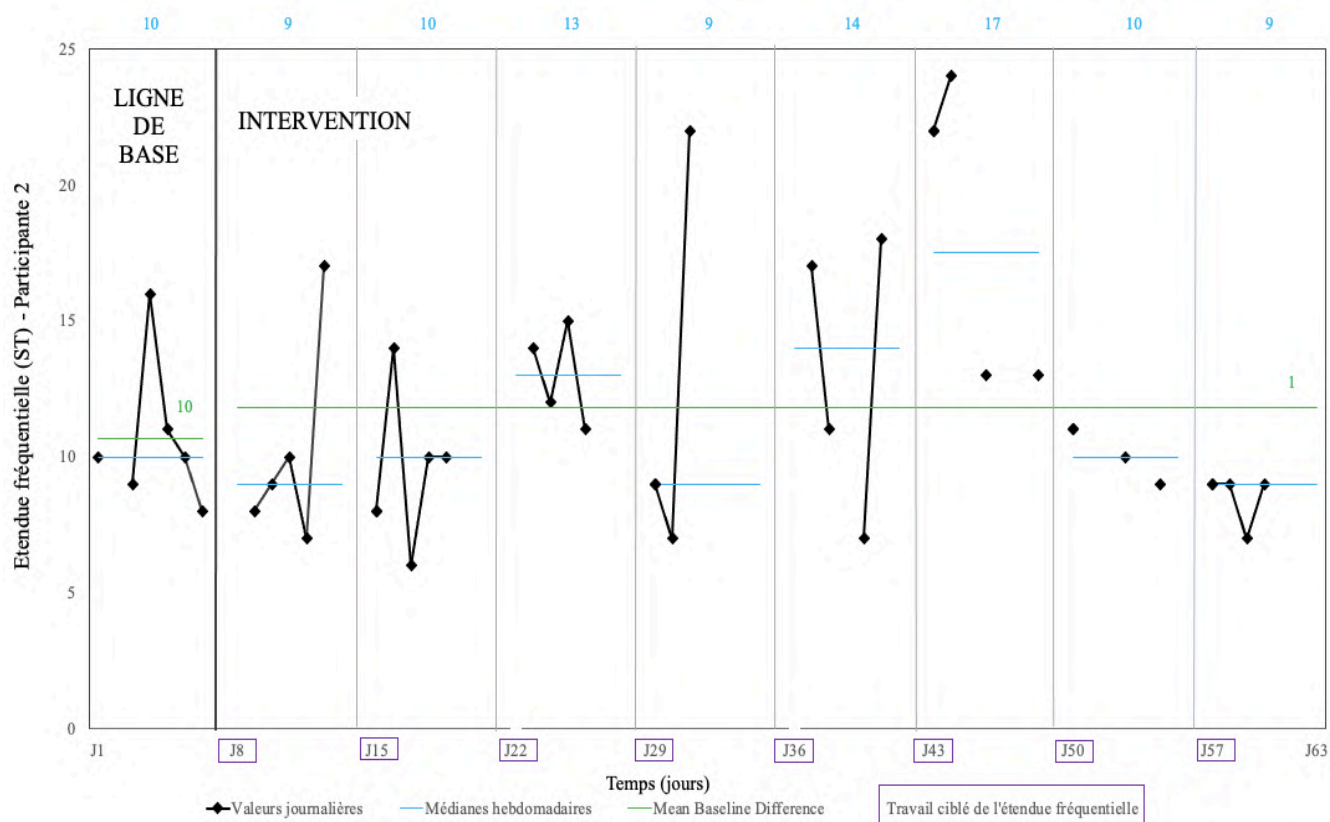


Figure 47. Évolution de l'étendue fréquentielle de P3 au cours du temps

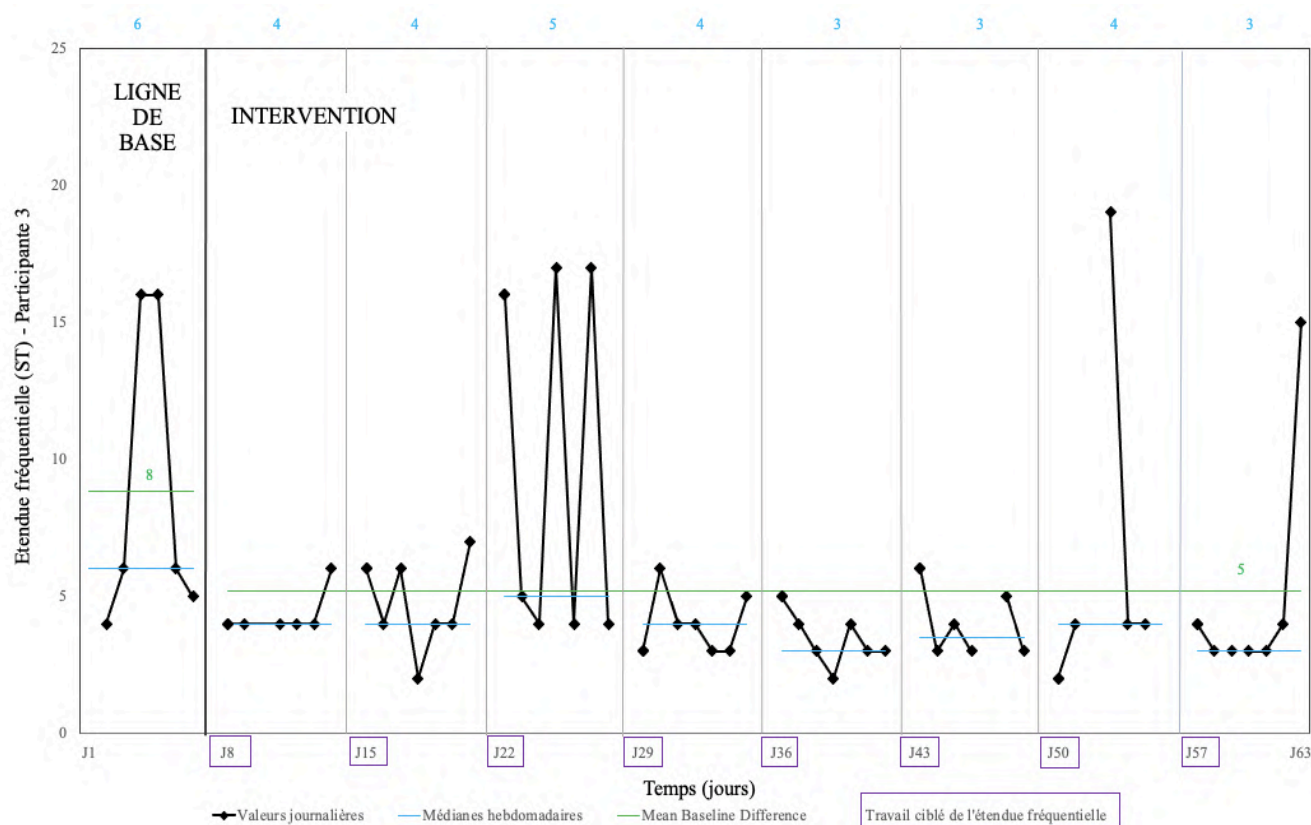


Figure 48. Évolution de l'étendue fréquentielle de P4 au cours du temps

