

DIRECTION DE SANTÉ PUBLIQUE DE LA MONTÉRÉGIE

Étude de validité de l'audiomètre
portatif pour le dépistage de la
surdité professionnelle

Auteur(s)

Nabila Kadaoui, médecin spécialiste en santé publique et médecine préventive
Professeure, Faculté de médecine, Université de Sherbrooke
Équipe Santé au travail, secteur Conseil

Mariem Jallouli, médecin résidente en santé publique et médecine préventive
Faculté de médecine, Université de Sherbrooke

Youcef Ouadahi, agent de planification, de programmation et de recherche
Équipe Santé au travail, secteur Conseil

Jacques Lemaire, biostatisticien

Collaborateurs

Geneviève Roy, audiologiste
Centre intégré de santé et de services sociaux de la Montérégie-Centre

Élisabeth Lajoie, médecin spécialiste en santé publique et médecine préventive, et
médecine du travail
Équipe Santé au travail, secteur Conseil

Guylaine Auger, coordonnatrice régionale, jusqu'au 11 avril 2025
Équipe Santé au travail, secteur Conseil

François Milord, médecin spécialiste en santé publique et médecine préventive
Faculté de médecine, Université de Sherbrooke

Simon Constantineau, agent de planification, de programmation et de recherche
Équipe Santé au travail, secteur Conseil

Mise en page et révision linguistique

Lorena Guzman, agente administrative
Équipe Santé au travail, secteur Conseil

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2026

Bibliothèque et Archives Canada, 2026

ISBN : No 978-2-555-03879-0



Reproduction ou téléchargement autorisé pour une utilisation personnelle ou publique à des fins non commerciales avec mention de la source : KADAoui, N. JALLOULI, M. OUADAH, Y. LEMAIRE, J. (2026). Étude de validité de l'audiomètre portatif pour le dépistage de la surdité professionnelle, Longueuil, Centre intégré de santé et de services sociaux de la Montérégie-Centre, Direction de santé publique, 125 pages.

© Tous droits réservés

Centre intégré de santé et de services sociaux de la Montérégie-Centre, Direction de santé publique, 2026

1255, rue Beauregard, Longueuil (Québec) J4K 2M3

Téléphone : 450 928-6777 ▪ Télécopieur : 450 679-6443

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les infirmières de l'équipe santé au travail de la Direction de santé publique de la Montérégie pour leur implication dans le recrutement des participants, la réalisation du dépistage par audiomètre portatif et la collecte des données.

Ils tiennent également à remercier, les médecins et gestionnaires de l'équipe Santé au travail de la Direction de santé publique de la Montérégie pour leur soutien et des collègues des régions de Chaudière-Appalaches, de Montréal, ainsi que Dr Marc-Etienne Bastien, Dre Maryse Guay, Dre Aminata Adama Ndour et l'audiologiste M. Olivier Richer (Institut national de santé publique du Québec), sans oublier les employeurs et travailleurs qui sans leur participation, cette étude n'aurait pas eu lieu.

Table des matières

Introduction.....	11
1 Problématique.....	13
2 Recension des écrits.....	14
2.1 Recherche documentaire	14
2.2 L'audiomètre portatif comme outil de dépistage de la surdité professionnelle au Québec.....	15
2.2.1 Évaluation du dépistage de la surdité professionnelle dans la région de Québec.....	15
2.2.2 Évaluation du dépistage de la surdité professionnelle dans la région de Chaudière-Appalaches.....	16
2.2.3 Évaluation d'une approche de dépistage de la surdité professionnelle dans la région de Montréal	17
2.2.4 Dépistage de la surdité professionnelle en Montérégie.....	18
2.3 L'audiomètre portatif comme outil de dépistage de la surdité ailleurs dans le monde	19
2.4 Impact du bruit ambiant sur la validité des résultats de l'audiométrie portative	21
3 Objectifs de la recherche	24
3.1 Objectif principal	24
3.2 Objectifs spécifiques.....	24
4 Méthodologie	24
4.1 Devis.....	24
4.2 Population et échantillonnage.....	25
4.2.1 Population.....	25
4.2.2 Méthode d'échantillonnage de la population à l'étude.....	26
4.2.3 Taille de l'échantillon	27
4.3 Variables	27
4.3.1 Classifications de la surdité professionnelle.....	28
4.3.2 Mesure d'efficacité	29
4.4 Déroulement de l'étude	30
4.4.1 Partenariat et préparation	31
4.4.2 Information et sensibilisation.....	31
4.4.3 Recrutement et consentement	31
4.4.4 Collecte de données	32
4.5 Instruments de mesure.....	34
4.5.1 Otoscope.....	35

4.5.2	Sonomètre et dosimètre.....	35
4.5.3	Audiomètre portatif	35
4.5.4	Audiogramme en cabine insonorisé	36
4.6	Analyse des données	36
4.7	Éthique de la recherche.....	41
4.7.1	Respect.....	41
4.7.2	Justice	42
4.7.3	Confidentialité des données.....	43
4.7.4	Financement.....	43
4.7.5	Comité d'éthique à la recherche.....	43
5	Résultats	44
5.1	Caractéristiques des travailleurs	44
5.2	Conditions de réalisation du dépistage	45
5.3	Objectif I : Comparer les seuils auditifs obtenus par l'audiomètre portatif à ceux obtenus par l'audiomètre en clinique d'audiologie	46
5.3.1	Comparaison des seuils auditifs obtenus par audiomètre portatif à ceux par audiomètre en clinique d'audiologie pour chaque fréquence et pour l'oreille droite et l'oreille gauche des participants.	46
5.3.2	Écarts entre les seuils auditifs obtenus par audiomètre portatif et ceux par audiomètre en clinique d'audiologie pour les fréquences de 500, 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz	48
5.3.3	Comparaison des résultats obtenus par audiomètre portatif à ceux obtenus par audiomètre en clinique d'audiologie selon différentes classifications.	51
5.3.4	Comparaison de l'audiomètre portatif à la clinique d'audiologie selon les critères CNESST stade 4	51
5.3.5	Comparaison de l'audiomètre portatif à la clinique d'audiologie selon les critères de NISOH (MHI)	53
5.3.6	Comparaison de l'audiomètre portatif à la clinique d'audiologie selon les critères maison SAT Montérégie.....	54
5.3.7	Différences entre les mesures obtenues par audiomètre portatif et celles par audiomètre en clinique d'audiologie selon les différentes classifications	55
5.4	Objectif II et III : Déterminer la sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiométrie portative pour le dépistage de la surdité professionnelle.....	56
5.4.1	Déterminer la sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiométrie portative considérant la clinique d'audiologie CNESST stade 4 comme mesure étalon	57
5.4.2	Résumé de la performance de l'audiométrie portative selon les différentes classifications en comparaison avec la mesure étalon (CNESST stade 4 clinique d'audiologie	62
5.5	Objectif IV : Documenter l'efficience du dépistage par audiométrie portative par le biais du taux de référence en clinique d'audiologie	65
6	Discussion.....	65

6.1	Interprétation des résultats.....	65
6.1.1	Caractéristiques des travailleurs et conditions de réalisation du dépistage	65
6.1.2	Objectif I : Comparer les seuils auditifs obtenus par l'audiomètre portatif à ceux obtenus par l'audiomètre en clinique d'audiologie	67
6.1.3	Objectif II et III : Déterminer la sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiométrie portative pour le dépistage de la surdité professionnelle.....	68
6.1.4	Objectif IV : Documenter l'efficacité du dépistage par audiométrie portative par le biais du taux de référence en clinique d'audiologie.....	73
6.2	Forces et limites de l'étude	73
6.3	Retombée	75
	Conclusion.....	76
	Recommandations.....	77
	Annexe A - Stratégie de recherche par mots-clés utilisés pour identifier les écrits scientifiques pertinents	78
	Annexe B - Diagramme de flot	79
	Annexe C - Revue des articles pertinents	80
	Annexe D - Lettre de recrutement.....	81
	Annexe E - Grille de collecte des données.....	82
	Annexe F - Comparaison des seuils auditifs obtenus par audiomètre portatif à ceux par audiomètre en clinique d'audiologie pour chaque fréquence et pour l'oreille droite et l'oreille gauche des participants.....	83
	Annexe G - Écarts entre les seuils auditifs obtenus par audiomètre portatif et ceux par audiomètre en clinique d'audiologie pour les fréquences de 500, 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz	98
	Annexe H - Comparaison des seuils et corrélation entre clinique d'audiologie pour le critère de CNESST stade 4 et audiomètre portatif pour les critères maison SAT Montérégie pour chacune des deux oreilles séparément (OD et OG).....	112
	Annexe I - Sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et valeur prédictive négative selon différents critères (performance de l'audiomètre portatif par rapport à la clinique d'audiologie).....	114
	Bibliographie	126

Liste des tableaux

Tableau 1 - Description des variables	30
Tableau 2 - Résumé des types d'analyses selon les objectifs.....	41
Tableau 3 - Comparaison des seuils auditifs entre clinique d'audiologie CA et audio portable AP par fréquence. Corrélation entre CA et AP	47
Tableau 4 - Écarts des seuils auditifs entre audiomètre portable (AP) et clinique d'audiologie (CA) pour les fréquences de 500, 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz, par oreille	49
Tableau 5 - Comparaison des seuils et corrélation entre clinique d'audiologie et audiomètre portable pour les critères CNESST stade 4 pour chacune des deux oreilles séparément	52
Tableau 6 - Comparaison des seuils et corrélation entre la clinique d'audiologie et l'audiomètre portable pour les critères NIOSH (MHI) pour chacune des deux oreilles séparément	53
Tableau 7 - Comparaison des seuils et corrélation entre la clinique d'audiologie et l'audiomètre portable pour les critères maison SAT Montérégie pour chacune des deux oreilles séparément	54
Tableau 8 - Écarts des seuils auditifs entre audiomètre portable et clinique d'audiologie par classification et par oreille	56
Tableau 9 - Tableau de contingence : Sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiomètre portable selon la classification de la CNESST stade 4	60
Tableau 10 - Tableau de contingence : Sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiomètre portable selon la classification SAT Montérégie.....	61
Tableau 11 - Tableau de contingence : Sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiomètre portable selon la classification NIOSH (MHI)	62
Tableau 12 - Résumé des résultats sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et valeur prédictive négative selon différentes classifications (Audiomètre portable par rapport à la classification CNESST stade 4 clinique d'audiologie)	64

Liste des figures

Figure 1 - Performance d'un test : sensibilité et spécificité.....	38
Figure 2 - Performance d'un test : VPP et VPN	39
Figure 3 : Courbe ROC (Receiver Operating Characteristic).....	40
Figure 4 - Répartition des participants par groupes d'âge	45
Figure 5 - Moyenne des écarts des seuils auditifs pour les fréquences 500, 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz entre audiomètre portatif (AP) et clinique d'audiologie (CA)	49
Figure 6 - Médiane des écarts entre seuils auditifs obtenus par l'audiomètre portatif et ceux par audiomètre en clinique d'audiologie pour l'oreille droite et l'oreille gauche, selon les fréquences.....	50
Figure 7 - Courbe ROC : clinique d'audiologie CNESST stade 4 oreille droite (dichotomique) avec audiomètre portatif somme SAT Montérégie oreille droite (continue).....	58
Figure 8 - Courbe ROC : Clinique d'audiologie CNESST stade 4 oreille gauche (dichotomique) avec audiomètre portatif somme SAT Montérégie oreille gauche (continue)	59

Liste des abréviations

ANSI	American National Standards Institute
CISSS	Centre intégré de santé et de services sociaux
CNESST	Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail
dBA	Décibels pondérés A
dB HL	Decibel hearing level
DSPu	Direction de santé publique
Hz	Hertz
ICC	Coefficient de corrélation intraclasse
INESSS	Institut national d'excellence en santé et en services sociaux
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
ORL	Otorhinolaryngologie
RSPSAT	Réseau de santé publique en santé au travail
SAT	Santé au travail
SCD	Services cliniques de dépistage
VPN	Valeur prédictive négative
VPP	Valeur prédictive positive

Introduction

L'audiométrie portative est utilisée pour le dépistage de la surdité professionnelle dans certaines régions du Québec, dont la Montérégie. Depuis la cessation des activités des services cliniques de dépistage (SCD) du laboratoire mobile de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) en 2022, d'autres équipes de santé au travail (SAT) s'intéressent à l'audiomètre portatif. Cependant, dans le contexte de la surdité professionnelle, la littérature sur la validité de cet instrument de mesure fournit très peu d'informations. C'est dans ce cadre et dans un souci d'amélioration continue des pratiques de dépistage que s'inscrit la présente étude. Celle-ci vise à déterminer la validité de l'audiomètre portatif dans le dépistage de la surdité professionnelle en comparant les résultats de cet outil à ceux de l'examen audiométrique réalisé en clinique d'audiologie.

Cette étude quantitative comparative avec composante corrélationnelle est réalisée auprès de 160 travailleurs exposés au bruit et admissibles au dépistage de la surdité professionnelle selon les critères provinciaux. Ainsi, d'octobre 2023 à juin 2024, chaque participant a reçu un dépistage à l'audiomètre portatif suivi d'un examen audiométrique en clinique d'audiologie dans une cabine insonorisée. Une double stratégie d'analyse est utilisée, d'une part, une comparaison des seuils auditifs obtenus au dépistage avec ceux en clinique d'audiologie et d'autre part, une stratégie basée sur trois classifications différentes, soit, celle de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST) stade 4, celle de « material hearing impairment » de NIOSH 1997 (MHI de NIOSH) ainsi que celle des critères maisons de l'équipe SAT Montérégie.

Dans un contexte de milieu non insonorisé dans le dépistage de la surdité professionnelle, la performance de l'audiomètre portatif est appropriée avec les classifications suivantes :

1. CNESST stade 4 avec une sensibilité de 96 %, spécificité de 92 %, valeur prédictive positive (VPP) de 67 %, valeur prédictive négative (VPN) de 99 % et un taux de référence de 21 %.
2. Maison SAT Montérégie avec une sensibilité de 96 %, spécificité de 85 %, VPP 52 % et VPN 99 % et un taux de référence de 26 %.

La classification de la CNESST, stade 4 semble avoir une performance légèrement meilleure que celle de Maison SAT Montérégie. Cependant, l'objectif de la classification CNESST stade 4 est d'identifier les travailleurs dont la surdité serait possiblement admissible à une indemnisation au Québec alors que la classification maison SAT Montérégie pourrait identifier des situations de handicap ou des besoins en réadaptation, qu'elles soient indemnissables ou non par la CNESST. En effet, avec la classification SAT Montérégie, la référence en clinique d'audiologie de plusieurs faux positifs semble avoir apporté une valeur ajoutée.

En comparaison avec une stratégie consistant à référer systématiquement en clinique d'audiologie l'ensemble des travailleurs exposés au bruit, le dépistage par audiomètre portatif semble plus efficient. Ne pas offrir de dépistage de la surdité professionnelle priverait un nombre non négligeable de travailleurs d'un soutien à la réadaptation et à l'indemnisation.

En conclusion, l'audiomètre portatif est un instrument valide et pertinent pour le dépistage de la surdité professionnelle.

1 Problématique

Dans le domaine de la santé au travail, les actions visant à prévenir la surdité professionnelle ou à en réduire les conséquences sont priorisées depuis plusieurs années au Québec. La surdité professionnelle représente le deuxième problème de santé au travail le plus fréquent après les troubles musculosquelettiques (TMS) (RSPSAT, 2023). En effet, dans les milieux de travail, le bruit est un des agresseurs les plus fréquemment rencontrés. Selon l'Enquête québécoise sur la santé de la population (EQSP) 2020-2021 environ 340 000 travailleurs sont exposés à des niveaux de bruits potentiellement nuisibles à la santé. De plus, ce nombre est en augmentation (Martin et Tissot, 2025). Selon cette enquête, les hommes sont plus exposés au bruit intense au travail. Cette exposition est associée à des inégalités sociales de santé (Martin et Tissot, 2025).

La surdité professionnelle est l'effet le plus connu causé par le bruit au travail. Le fardeau de cette surdité est élevé et sa tendance à la hausse est préoccupante. En effet, au Québec, entre 2000 et 2022, plus de 140 000 cas incidents de surdités professionnelles ont été déclarés et acceptés par la CNESST (Martin et Tissot, 2025). L'augmentation des cas de surdité professionnelle au Québec est également rapportée par Dahan et coll, (2025) suite à une analyse audiométrique de 36 984 travailleurs. Dans cette étude de cohorte rétrospective (entre 1980 et 2019), près de 70 % des travailleurs pour lesquels des évaluations de l'exposition au bruit étaient disponibles étaient exposés à des niveaux de bruit dépassant la limite réglementaire provinciale de 85 décibels pondérés A (dBA), ce qui suggère que beaucoup de travailleurs demeurent exposés au risque de surdité professionnelle (Dahan et coll. 2025).

Face à cette problématique importante de santé, une approche préventive consiste à mettre en œuvre une démarche globale visant la réduction ou l'élimination du bruit à la source, jumelée à un dépistage de la surdité professionnelle. Dans ce contexte, l'objectif du dépistage est d'identifier et d'orienter les travailleurs nécessitant des services de réadaptation pouvant améliorer leur qualité de vie ou pour bénéficier d'une indemnisation s'ils y ont droit. Il vise également à informer et sensibiliser les travailleurs et employeurs dans le but de prévenir la survenue ou l'aggravation de la perte auditive et des situations de handicap (Charron, 2024, et Dahan et coll. 2025). De plus, les activités de ce dépistage s'inscrivent dans le cadre de l'application de l'article 183 de la Loi modernisant le régime de santé et sécurité du travail (LMRSST) (Charron, 2024).

Par ailleurs, avant même la cessation des activités des services cliniques de dépistage de la surdité professionnelle de l'unité mobile de l'INSPQ en septembre 2022, certaines régions du Québec, incluant la Montérégie, utilisaient déjà l'audiométrie portative. Des évaluations régionales de cette stratégie de dépistage ont été réalisées et jugées satisfaisantes (Deshaies et Hallé, 2019 et Boughanem et coll. 2025).

Cependant, les critères tels que les fréquences utilisées ainsi que le seuil de positivité du test par audiomètre portatif ne sont pas uniformes entre les régions. De plus, la littérature sur la validité de cet instrument de mesure dans le contexte de la santé au travail fournit très peu d'information.

C'est dans ce contexte et dans un souci d'amélioration des pratiques de dépistage de la surdité professionnelle que s'inscrit la présente étude. Celle-ci vise à déterminer la validité de l'audiomètre portatif dans le dépistage de la surdité professionnelle par rapport au diagnostic audiométrique en clinique d'audiologie. Ainsi, nos objectifs sont de documenter les indicateurs de performance et d'efficience de l'audiomètre portatif, dont la sensibilité, la spécificité, la VPP, la VPN et le taux de référence. À noter que cette étude, initiée en 2020, a vu ces travaux suspendus puis repris en 2023, en raison de la pandémie de la COVID-19.

2 Recension des écrits

2.1 Recherche documentaire

En fonction des objectifs de recherche, la recension des écrits s'est limitée à deux axes principaux. Tout d'abord, nous avons identifié les études évaluant la sensibilité et la spécificité de l'audiomètre portatif en tant que critères de validité intrinsèque. Ensuite, bien que cela ne soit pas directement lié à la question de recherche, nous avons abordé les études présentant l'impact du bruit ambiant lors du dépistage, considérant que ce facteur pourrait affecter la qualité des tests audiométriques.

À cette fin, le repérage des textes rapportés s'est déroulé de la manière suivante :

1. Les bases de données suivantes ont été interrogées : EBSCO, SCOPUS, Google Scholar et PubMed.
2. Les articles les plus récents publiés depuis 2000 ou plus et rédigés en français ou en anglais ont été retenus.
3. Les différents concepts ont guidé cette recension des écrits, notamment la surdité, la validité d'un test de dépistage, l'audiométrie portative ainsi que le dépistage de manière plus globale.

Ces concepts ont permis d'identifier des mots clés, tels qu'occupational deafness, hearing loss, screening, portable audiometer et validity, qui ont été utilisés dans l'interrogation des bases de données ciblées. La stratégie de recherche menée pour identifier les études pertinentes est présentée aux annexes A et B.

L'interrogation des différentes bases de données à l'aide des mots-clés sélectionnés a permis de répertorier 171 articles. À cela, s'est ajouté un article en provenance de la littérature grise, qui est un rapport de maîtrise produit par Nicole Lambert en 2001, ce qui porte à 172 le nombre d'articles correspondants aux critères de recherche.

Cependant, à la lecture des titres, des abrégés et des articles, sur les 172 articles, 161 ont été exclus de notre recension. En effet, parmi ceux-ci, 74 portaient sur les programmes d'audiométrie sur téléphone ou sur ordinateur, 29 traitaient davantage de l'évaluation d'appareils de diagnostic de la surdité que du dépistage, 14 ont abordé l'efficacité des dispositifs de protection auditive, 23 articles évaluaient seulement l'audiométrie hautes fréquences, au-delà de 8000 Hertz (Hz) et 10 articles présentaient la surdité provoquée par un traumatisme sonore. Les articles (11) portant sur le dépistage de la surdité chez les enfants et les adolescents ont été aussi exclus, car ils ne font pas l'objet de la présente étude. Finalement, 6 articles ont été retenus, dont quatre (4) se rapprochant le plus de l'objectif principal de la présente étude. Cette recherche documentaire nous a donc permis de constater que peu d'études ont porté sur la validité des appareils d'audiométrie dans le cadre de la surdité professionnelle, ce qui justifie davantage la pertinence de notre évaluation.

2.2 L'audiomètre portatif comme outil de dépistage de la surdité professionnelle au Québec

Dans le contexte de dépistage de la surdité professionnelle, très peu d'études ont examiné la validité de critère de l'audiomètre portatif, en comparant ses résultats à une mesure de référence. Au moment de la réalisation de cette étude, quelques régions au Québec utilisaient l'audiomètre portatif comme outil de dépistage de la surdité professionnelle et avaient évalué certains aspects de cette pratique. Ainsi, dans les prochains paragraphes, nous décrirons les études portant sur l'évaluation de l'audiomètre portatif, en nous intéressant au contexte québécois, puis à l'échelle mondiale. À noter qu'à l'exception de la recherche de Lambert (2001), les études québécoises trouvées dans la littérature grise n'ont pas évalué la sensibilité ni la spécificité de l'audiomètre portatif. C'est pour cette raison qu'elles ne figurent pas dans la stratégie de recherche documentaire mentionnée à la sous-section précédente.

2.2.1 Évaluation du dépistage de la surdité professionnelle dans la région de Québec

À notre connaissance, la seule étude au Québec qui a évalué la validité de critère de l'audiomètre portatif est celle de Lambert en 2001.

Il s'agit d'une étude exploratoire réalisée dans la région de Québec en 2001 auprès de 203 travailleurs.

Cette étude a comparé les résultats d'un audiomètre portatif (type Maico MA19 pour établissements 1 et 2 et de type Beltone pour l'établissement 3) à ceux des SCD du laboratoire mobile de l'INSPQ. Les SCD ont été utilisés comme mesure étalon. L'objectif était d'évaluer la sensibilité de l'audiomètre portatif (Maico MA19 et Beltone) et d'identifier les meilleurs critères à utiliser pour le dépistage de la surdité professionnelle à l'aide d'une analyse de sensibilité. Les audiomètres portatifs, Maico MA19 et Beltone étaient tous les deux manuels et ne semblaient pas être différents. La mesure étalon utilisée dans cette étude était un test de dépistage qui n'a pas fait l'objet d'une évaluation publiée.

Quatre classifications¹ ont été utilisées dans cette étude soit : la classification « Tempo », « stade 3 et 4 », « maison » et « Phaneuf ». À la suite d'une analyse de sensibilité, deux critères de positivité pour l'audiomètre portatif ont été jugés les plus performants selon les classifications « maison » ou « Phaneuf ». Le premier critère, soit une perte de 30 decibel hearing level (dB HL)² ou plus à l'une ou l'autre des deux oreilles à 500, 1 000, 2 000 ou 4 000 Hz, a donné une sensibilité de 100 % et une spécificité de 58 %, avec un taux de référence (proportion de participants devant être dirigée pour un test en clinique d'audiologie) de 54 %. Il n'est pas clair si le critère de perte de 30 dB ou plus s'applique à la moyenne des seuils à 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz ou à l'une ou l'autre des fréquences. Le deuxième critère, soit une perte de 30 dB ou plus, à au moins une oreille à 4 000 Hz, a donné une sensibilité de 97 % et une spécificité de 71 %, avec un taux de référence de 44 %. Cette étude exploratoire, bien qu'elle présente des perspectives prometteuses concernant la sensibilité de l'audiomètre portatif, présente toutefois quelques limites dont celle d'avoir comparé l'audiomètre portatif au test de dépistage de l'INSPQ (SCD) alors que la mesure étalon habituelle devrait être minimale à la clinique d'audiologie, ce qui n'a pas été considéré (Lambert, 2001).

2.2.2 Évaluation du dépistage de la surdité professionnelle dans la région de Chaudière-Appalaches

En Chaudière-Appalaches, la surveillance médicale de l'audition dans les milieux de travail bruyants est réalisée à l'aide d'audiomètres portatifs depuis 2008. Les travailleurs sont dépistés par un audiomètre portatif de type Maico M25/ma 25e (Deshaies et Hallé, 2019).

¹ Classification Tempo (INSPQ) : Stade 1 : perte significative à 1 ou 2 fréquences; Stade 2 : perte significative à 3 fréquences; Stade 3 : perte significative à 4 fréquences ou plus non indemnisable; Stade 4 : perte significative indemnisable = perte moyenne égale ou supérieure à 30 dB à une oreille aux fréquences de 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz.

Classification Stades 3 et 4 : Les stades 3 et 4 seulement de Tempo.

Classification Maison : Atteintes de stades 3 et 4; Atteintes non seulement dues au bruit à 4 fréquences et plus, significatives compte tenu de l'âge.

Classification Phaneuf : Toutes les auditions dont la moyenne des seuils à 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz est supérieure ou égale à 25 dB pour l'une ou l'autre des deux oreilles, sans tenir compte de l'effet de l'âge.

² Dans la suite du texte, dB réfère à la perte auditive en dB HL, sauf indication contraire.

Un questionnaire de « dépistage des difficultés d'écoute et d'audition » est utilisé en complémentarité avec l'examen audiométrique.

En 2019, dans un processus d'amélioration continue, une évaluation de la validité des examens de dépistage effectués pendant la période 2008 à 2014 a été réalisée. Cette étude a permis de comparer les résultats du dépistage par audiomètre portatif au diagnostic en otorhinolaryngologie (ORL). Seuls les travailleurs ayant eu un test de dépistage positif ont été orientés en audiologie et en ORL pour confirmation diagnostique. Ainsi, il n'était pas possible de calculer une sensibilité, ni une spécificité. Les références en audiologie se faisaient sur la base de la somme des seuils auditifs de 130 dB pour les fréquences de 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz.

Sur une population totale de 14 816 travailleurs informés sur le bruit et ses effets sur la santé, de même que sur la prévention de l'exposition au bruit, 3 757 travailleurs répondant aux critères de sélection se sont portés volontaires à participer au dépistage de la surdité professionnelle. Parmi ces derniers, 442 ont été dirigés en audiologie et en ORL. Les résultats ont démontré une VPP élevée de 87,3% pour identifier la surdité professionnelle, appuyant ainsi la pertinence de l'audiomètre portatif pour le dépistage de la surdité professionnelle. De plus, une bonne concordance entre les résultats des examens de dépistage et des audiogrammes cliniques a pu être démontrée lors de cette étude.

2.2.3 Évaluation d'une approche de dépistage de la surdité professionnelle dans la région de Montréal

Dans le but de surmonter les contraintes associées aux méthodes conventionnelles de dépistage de la surdité professionnelle utilisées par les services cliniques de dépistage (SCD) de l'INSPQ, et afin de mieux répondre aux exigences des employeurs et des travailleurs, l'équipe SAT de la Direction régionale de santé publique (DRSP) de Montréal a adopté l'utilisation d'audiomètres portatifs. Ce choix a été motivé par les avantages significatifs offerts par cette technologie en matière de flexibilité et d'efficacité (Bourdeau et coll. 2017). La phase d'évaluation de ce projet pilote s'est déroulée entre avril 2017 et décembre 2018, durant laquelle les performances de l'audiométrie portative ont été comparées à celles de l'audiométrie réalisée en cliniques d'audiologie spécialisées. Les critères de référence en audiologie comprenaient un seuil auditif supérieur ou égal à 120 dB pour la somme des résultats aux fréquences de 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz, enregistrés à l'une ou l'autre des deux oreilles. Parmi les 273 travailleurs participants, lors de ce projet, 54 ont eu un dépistage positif par l'audiométrie portative. L'analyse des résultats a révélé une VPP entre 88 % et 92 % (Vergara et Arauz. (2021). La méthodologie utilisée dans cette évaluation ne pouvait pas permettre le calcul d'une sensibilité ni de spécificité.

2.2.4 Dépistage de la surdité professionnelle en Montérégie

En Montérégie, dans le cadre de la surveillance médicale de l'exposition au bruit sur les lieux de travail, l'équipe de Santé au travail a toujours jugé essentiel de réaliser des examens audiométriques pour le dépistage de la surdité professionnelle, en complément des activités de soutien à la réduction du bruit à la source.

Depuis juin 2022, le dépistage est désormais encadré par une règle de soins infirmiers (Kadaoui et coll. 2023) et il est réalisé par l'audiométrie portative (audiomètre de type Maico MA25/MA 25e). Initialement mis en place sous forme de projet pilote, il a été évalué pour la période allant du 1er juin 2022 au 1er février 2023 (Boughanem et coll. 2025). Les références en audiologie sont effectuées sur la base d'un ou de plusieurs des critères suivants :

1. Une somme des seuils auditifs supérieure ou égale à 120 dB aux quatre fréquences suivantes : 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz; à l'une ou l'autre oreille.
2. Un résultat supérieur ou égal à 30 dB à la fréquence de 500 Hz; à l'une ou l'autre oreille.
3. La présence d'asymétrie.
4. La présence d'acouphènes incommodants.

Le choix des fréquences utilisées pour le dépistage par audiomètre portatif dans cette région est justifié par les considérations suivantes :

- Premièrement, la fréquence de 500 Hz, influencée par le bruit ambiant a été remplacée par la fréquence de 3 000 Hz dans le calcul de la somme des fréquences utilisées pour l'évaluation audiolgique. À noter que les SCD et les autres régions du Québec utilisent les fréquences incluses dans la définition de la CNESST permettant l'accès à une indemnisation, soit le 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz et 4 000 Hz. Cette classification de la CNESST est une exigence pour un test en clinique d'audiologie et non pour un test de dépistage par audiométrie portative, car ce dernier n'est pas reconnu pour des fins d'indemnisation par la CNESST.
- Deuxièmement, l'audiomètre portatif Maico MA 25e utilisé en Montérégie lors d'un test de dépistage documente par défaut le seuil auditif à la fréquence de 500 Hz. Outre l'impact du bruit ambiant, l'atteinte à la fréquence de 500 Hz peut faire suspecter des problématiques non reliées au bruit au travail. Pour des considérations éthiques, l'équipe de santé au travail de cette région a décidé de diriger en clinique d'audiologie les travailleurs dont la seule anomalie serait une atteinte à la fréquence de 500 Hz.

En absence de données dans la littérature sur le seuil à considérer pour cette fréquence isolée et en attendant les résultats de la présente étude, cette région a choisi un seuil supérieur ou égal à 30 dB à la fréquence de 500 Hz comme critère de référence en audiologie.

Parmi les 277 travailleurs admissibles au dépistage et rejoints durant la période étudiée, 264 ont été dépistés et 106 d'entre eux ont été dirigés en audiologie. En ce qui concerne l'information sur la référence en ORL, celle-ci n'a pas pu être vérifiée à cause des enjeux d'accessibilité aux rapports complets. En date du 2 juillet 2024, 65 rapports d'audiologie avaient été reçus, équivalent à 70 % des références acceptées en audiologie. De ces 65 rapports, 59 travailleurs avaient un résultat positif à l'audiométrie portative ainsi qu'en clinique d'audiologie. Ainsi, la VPP de l'audiomètre portatif est estimée à près de 91 % dans cette étude.

Rappelons que cette estimation est basée sur 70 % des résultats de la clinique d'audiologie (au lieu de 100 %).

2.3 L'audiomètre portatif comme outil de dépistage de la surdité ailleurs dans le monde

Quelques études dans le monde ont évalué l'audiomètre portatif dans différents contextes de dépistage, cependant très peu concernent les milieux de travail. En effet, l'étude de Liao et coll. (2011) a été réalisée en Chine auprès de 30 enfants dans un contexte de dépistage auditif en milieu scolaire. L'objectif était de développer un audiomètre portatif économique et facile à utiliser pour surveiller l'évolution progressive de l'audition chez les enfants. Un audiomètre maison moins coûteux a été développé et calibré dans le cadre de cette étude. Les résultats des tests ont indiqué que 94,9 % des différences entre les valeurs des seuils obtenues par l'audiomètre maison et par l'audiomètre en clinique (cabine insonorisée) étaient inférieures à 5 dBHL. L'étude a également démontré que les valeurs seuils obtenues par l'audiomètre maison dans un milieu non insonorisé étaient significativement supérieures à celles obtenues par un audiomètre clinique (en cabine insonorisée). Cette étude n'a pas calculé de sensibilité, de spécificité, de VPP ni de VPN.

L'étude de Karlsrose et coll. (1998) au Danemark quant à elle, a mis en lumière la validité de l'utilisation d'un audiomètre portatif de type Interacoustics AS15 en contexte de dépistage de la surdité chez les adultes, en clinique de médecine générale (sans audiologiste). Cette étude a impliqué 119 participants âgés de 25 à 60 ans, dont 43 % n'avaient jamais subi auparavant de test audiométrique. Cependant, les auteurs ne mentionnent pas de contexte professionnel pour ce dépistage. Pour tester la fiabilité de l'audiomètre portatif, ce dernier a été réalisé par un médecin généraliste sans cabine insonorisée et comparé à un test réalisé par un audiologiste en cabine insonorisée.

Le critère de positivité a été défini par une perte auditive de 30 dB ou plus à au moins deux des fréquences suivantes : 500, 1 000, 2 000 ou 4 000 Hz.

Les résultats de cette étude ont montré une sensibilité de 100 %, une spécificité de 96 %, une VPP de 83 % et une VPN de 100 %, confirmant ainsi, que l'audiomètre portatif peut être utilisé efficacement pour détecter des pertes auditives significatives entre 500 et 4 000 Hz dans des contextes moins contrôlés que ceux des cliniques spécialisées en audiologie.

Visagie et coll. (2015) ont réalisé une étude auprès de 20 travailleurs agricoles dans une communauté isolée en Afrique du Sud, dans un contexte d'accès aux services de soins limités. L'objectif de cette recherche était de comparer les résultats audiométriques dans trois environnements, soit en cabine insonorisée (en clinique), en milieu de travail non insonorisé en présence d'un audiologiste dans le même local que le participant et enfin dans le milieu de travail non insonorisé (le même local), mais avec l'audiologiste à distance, en vidéoconférence (téléaudiologie en synchrone).

L'audiomètre portatif utilisé était un KUDUwave et la comparaison avec la mesure étalon (Gold standard), soit la cabine insonorisée a été réalisée pour seulement 10 participants.

Cette étude conclut à l'absence de différence statistiquement significative entre le test-retest des seuils audiométriques dans la cabine insonorisée et dans un environnement naturel pour les fréquences autres que le 500 Hz. Cette étude n'a pas calculé de sensibilité, de spécificité, de VPP ni de VPN.

L'étude réalisée par Cardoso et coll. (2014) au Brésil a mis en lumière la validité de l'utilisation de l'audiomètre portatif HearCheck Screener pour le dépistage de la perte auditive chez des adultes âgés de 48 à 85 ans, qui n'étaient pas nécessairement des travailleurs exposés au bruit. Cette étude transversale avait pour objectif d'évaluer la sensibilité et la spécificité de cet appareil en utilisant les critères de positivité établis par le fabricant et en les comparant à ceux proposés par l'équipe de recherche. Le protocole de test nécessitait un environnement calme, avec un bruit de fond ne dépassant pas 50 dB SPL (sound pressure level), et en utilisant trois niveaux sonores à deux fréquences différentes (55, 35, et 20 dB à 1 000 Hz et 75, 55, et 35 dB à 3 000 Hz). Les chercheurs ont défini un test comme positif si le participant percevait cinq sons ou moins. Ces critères ont été mis en comparaison avec ceux utilisés dans une clinique d'audiologie conventionnelle qui suit des protocoles similaires à ceux employés au Québec pour la surveillance médicale en santé au travail, soit la moyenne des seuils auditifs à quatre fréquences pour classer la sévérité de la perte auditive. L'utilisation des critères définis par les chercheurs a révélé une sensibilité de 94,7 % et une spécificité de 74,3 %. L'étude a également rapporté des variations significatives dans les performances du HearCheck Screener en fonction des critères de positivité utilisés. Avec les critères du fabricant, la sensibilité était de seulement 26,3 %, tandis que la spécificité atteignait 100 %.

Ces résultats renforcent l'importance de choisir les critères de positivité appropriés pour le dépistage de la perte auditive, étant donné que la sélection des critères affecte directement la capacité du test à identifier correctement les individus atteints de la perte auditive.

Une étude menée par Wang et coll. (2002) à Taipei en Taiwan portait sur une cohorte prospective de 64 adultes âgés de 19 à 86 ans. Cette recherche a examiné les performances d'un audiomètre portatif de type « Pure Tone » en le comparant à l'audiométrie conventionnelle en cabine insonorisée, considérée comme la mesure étalon. Pour cette étude, le critère de positivité pour l'audiomètre « Pure Tone » et la mesure étalon était fixé à un niveau de 20 dB à au moins une des fréquences testées soit 500, 1 000, 2 000, 4000 ou 8000 Hz. Les résultats ont démontré une excellente performance pour l'audiomètre « Pure Tone », avec des valeurs de sensibilité et de spécificité variant respectivement entre 91,8 à 98,5 % et entre 91,7 à 98,5 %.

De plus, cette étude a confirmé l'excellente concordance entre les résultats obtenus avec l'audiomètre « Pure Tone » et la mesure étalon, avec des valeurs de Kappa de Cohen variant de 0,79 à 0,93 pour les différentes fréquences testées. Cependant, il est important de noter que les critères de positivité utilisés dans cette étude diffèrent de ceux couramment utilisés au Québec, ce qui pourrait influencer les comparaisons de sensibilité et de spécificité avec d'autres normes.

L'annexe C résume les études parmi celles mentionnées ci-haut qui ont rapporté des résultats de sensibilité, spécificité, VPP et VPN des audiomètres portatifs utilisés.

2.4 Impact du bruit ambiant sur la validité des résultats de l'audiométrie portative

Lors du dépistage auditif par audiomètre portatif, le bruit ambiant représente parfois un défi technique (Horie, 2002). En clinique d'audiologie, les tests sont réalisés dans des cabines insonorisées qui isolent le patient des bruits extérieurs, garantissant ainsi la validité des résultats. Cependant, l'utilisation des audiomètres portatifs offre la flexibilité de réaliser des tests directement sur les lieux de travail, un avantage notable pour augmenter l'accessibilité et l'acceptabilité du test malgré le risque de contamination par le bruit ambiant. Ce bruit peut, en effet, limiter la capacité à entendre les sons émis par l'appareil pour les travailleurs, ce qui pourrait potentiellement affecter la validité des tests.

Dans l'étude de Visagie et coll. (2015) mentionnée précédemment, les niveaux moyens de bruit ambiant, mesurés dans l'environnement du milieu de travail, variaient entre 37,4 et 60,1 dBA. Ces niveaux étaient considérés comme représentatifs d'un environnement de bureau typique. Rappelant que dans cette étude, une comparaison des seuils de test-retest dans la cabine insonorisée et en environnement naturel n'a révélé aucune différence statistiquement significative sauf à la fréquence de 500 Hz.

L'étude de Storey et coll. (2014) a examiné la question en comparant les performances d'un audiomètre portatif, le KUDUwave, dans un environnement contrôlé insonorisé avec un environnement non insonorisé, ayant un bruit de fond à 40 dB(A). Un total de 31 personnes âgées de 15 à 80 ans a participé à l'étude, dont 21 avec une audition normale et 10 avec une perte auditive. Les résultats révèlent l'absence de différence significative entre les deux contextes, suggérant que, pour un bruit ambiant de 40 dB(A), l'intégrité des mesures audiométriques reste préservée. Néanmoins, il est important de noter que ce niveau de bruit est considérablement inférieur à celui souvent rencontré dans les environnements de travail plus bruyants, ce qui pourrait ne pas refléter les conditions réelles d'exposition sonore. À noter que les participants à cette étude ont été recrutés à partir d'une clinique d'audiologie et ne sont pas nécessairement des travailleurs exposés au bruit.

En ce qui concerne, l'étude conduite par Wong et coll. (2003) sur les 885 travailleurs du secteur des transports à Hong Kong, celle-ci a examiné les divergences potentielles entre les résultats audiométriques mesurés dans des salles non insonorisées sur le lieu de travail et ceux obtenus en cabine insonorisée. Le niveau de bruit mesuré dans les salles non insonorisées variait considérablement, allant de 11,2 à 68,7 dB. De plus, cette mesure de bruit n'a pas pu être réalisée pour chaque participant ni lors de chacune des journées de dépistage. Pour ce qui est des outils de dépistage, l'audiomètre portatif utilisé dans les milieux de travail était de type Interacoustics AD 25 ou AD 27 et le casque (TDH-39P) était équipé d'une oreillette (Amplivox) afin de permettre le test dans des environnements non insonorisés. Les résultats présentent une différence de moins de 2 dB entre les deux méthodes audiométriques, avec un coefficient de Kappa de 0,6 pour la plupart des fréquences supérieures (0,65 à 4000 Hz contre 0,49 à 500 Hz) attestant ainsi, de la bonne concordance entre les deux approches, même en l'absence d'isolement acoustique optimal.

En dépit de ces observations rassurantes, la gestion du bruit ambiant demeure un élément essentiel dans la conduite des tests audiométriques. Le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) recommande de documenter systématiquement les niveaux de bruit ambiant sur chaque audiogramme et préconise le suivi continu de ces niveaux via un sonomètre durant le test (Meinke et Martin, 2023). Cette méthode permet d'assurer la fiabilité des évaluations auditives en contexte potentiellement bruyant et d'ajuster les protocoles de dépistage en conséquence, pour maintenir la rigueur scientifique nécessaire à la validité des tests audiométriques. En effet, en présence de bruit ambiant excessif, NIOSH recommande d'utiliser des écouteurs offrant une meilleure atténuation, par exemple, des écouteurs circum-auriculaires (englobent toute l'oreille) ou des inserts (insérés dans le conduit auditif externe), de choisir un autre emplacement plus calme, ou de reporter le test. Le NIOSH précise également que le bruit ambiant peut masquer les seuils auditifs, faussant ainsi les résultats, et que le contrôle continu du bruit ambiant pendant le test est essentiel pour garantir la validité des seuils mesurés.

Conclusion de la recension des écrits

L'utilisation d'audiomètres portatifs pour le dépistage de la surdité professionnelle est devenue une pratique courante dans plusieurs régions au Québec. Cette approche est soutenue par des évaluations rigoureuses dont les résultats appuient la pertinence de l'audiométrie portative dans le contexte de la surveillance médicale de la surdité professionnelle (Deshaies et Hallé, 2019 et Boughanem et coll. 2025). L'accès facilité au dépistage offert par les audiomètres portatifs joue un rôle crucial dans la détection des troubles auditifs professionnels, pouvant ainsi contribuer à l'amélioration de la qualité de vie des travailleurs.

Cependant, les recherches actuelles sur la validité de critère des audiomètres portatifs dans le dépistage de la surdité professionnelle sont encore insuffisantes pour que l'intérêt perçu pour cet outil soit significatif. Certes, les quelques études disponibles présentent un potentiel prometteur en termes de sensibilité et de spécificité, soulignant l'efficacité potentielle de ces dispositifs dans des contextes variés. Cependant, une seule étude a été réalisée au Québec. Celle-ci date de 2001 et a le désavantage d'avoir comparé les résultats de l'audiomètre portatif avec ceux d'un autre examen de dépistage, soit celui des SCD.

Pour les études réalisées ailleurs dans le monde, le contexte est différent de celui du Québec, soit par les types d'audiomètres de dépistage évalués, les critères et seuils de positivité des tests ainsi que la population à l'étude. De plus, aucune information sur l'intensité d'exposition au bruit (niveau d'exposition, fréquence, durée et nombre d'années) n'est rapportée dans ces études. En effet, très peu d'études ont été réalisées dans un contexte de santé au travail.

Pour toutes ces raisons, il est nécessaire de réaliser des études québécoises plus approfondies avec les mesures étalons pour établir de manière concluante la fiabilité et la précision de ces audiomètres dans le contexte de la surdité professionnelle. C'est là que la présente étude trouve sa pertinence.

Concernant l'impact du bruit ambiant sur le dépistage, les études révèlent que les audiomètres portatifs restent fiables pour le dépistage de la surdité sur les lieux de travail en absence d'insonorisation à condition que certaines précautions soient respectées (Lambert, 2001, Storey et coll. 2014, Visagie et coll. 2015, Wong et coll. 2003). Toutefois, le NIOSH recommande d'enregistrer les niveaux de bruit et d'utiliser un sonomètre pour assurer la précision des résultats.

3 Objectifs de la recherche

3.1 Objectif principal

- Déterminer la validité intrinsèque et prédictive d'un appareil d'audiométrie portatif utilisé sur les lieux du travail pour le dépistage de la surdité professionnelle des travailleurs exposés au bruit en Montérégie.

3.2 Objectifs spécifiques

1. Comparer les niveaux sonores par l'audiométrie portative et ceux obtenus par l'audiomètre en clinique d'audiologie selon les fréquences 500, 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz ainsi que les classifications de surdité de stade 4 de la CNESST, MIHI de NIOSH et de maison SAT Montérégie.
2. Déterminer la sensibilité et la spécificité de l'audiométrie portative pour le dépistage de la surdité professionnelle.
3. Déterminer la VPP et la VPN de l'audiométrie portative pour le dépistage de la surdité professionnelle.
4. Documenter l'efficacité du dépistage par audiométrie portative par le biais du taux de référence en clinique d'audiologie.

4 Méthodologie

Ce chapitre présente les aspects méthodologiques et les considérations éthiques de cette étude. La première partie sera consacrée au devis, à la population à l'étude, aux critères d'inclusion et d'exclusion des participants ainsi que la méthode d'échantillonnage. La deuxième partie se concentre plutôt sur la procédure de recrutement, la collecte et l'analyse des données. Finalement, les considérations éthiques associées à ce projet sont abordées.

4.1 Devis

Le but de cette étude est de déterminer les critères de performance de l'audiomètre portatif dans le contexte du dépistage de la surdité professionnelle. Pour ce faire, il est nécessaire de comparer ce test administré en milieu de travail à la mesure étalon, soit, pour cette étude, l'audiogramme en cabine insonorisée de la clinique d'audiologie, pour en connaître la sensibilité, la spécificité, la VPP et la VPN.

La validité prédictive est obtenue lorsque l'instrument mesure effectivement le phénomène qu'il est censé mesurer, en mettant en corrélation deux variables : les résultats obtenus lors du dépistage par audiométrie portative et la présence ou non de surdité associée à l'exposition au bruit constatée à l'audiogramme en cabine insonorisée.

Le devis retenu est une étude quantitative de validation de type comparatif, combinant l'analyse de l'association entre les mesures obtenues par audiométrie portative et celles de la mesure étalon (analyse corrélationnelle et l'estimation des indicateurs de performance (sensibilité, spécificité, VPP, VPN). Le choix de cette méthode est particulièrement pertinent, car il permet de démontrer la relation directe entre les performances de l'audiomètre portatif et les résultats standards obtenus en clinique d'audiologie (mesure étalon), en évaluant à la fois la concordance des mesures et l'association entre les résultats. Ainsi, chaque participant a passé deux tests, tout en étant son propre contrôle.

4.2 Population et échantillonnage

Les caractéristiques de la population ciblée ainsi que la méthode d'échantillonnage utilisée sont décrites dans les prochains paragraphes.

4.2.1 Population

La population ciblée par notre étude est l'ensemble des travailleurs exposés au bruit et admissibles au dépistage de la surdité professionnelle selon les recommandations provinciales (Québec) prévues dans le « Guide concernant l'utilisation des examens audiométrique dans le réseau public de santé au travail » (Dansereau et coll. 2015). Il s'agit du groupe de personnes pour lequel une généralisation des résultats est souhaitée. Pour cette étude, la population accessible est représentée par les travailleurs de la Montérégie dont le dépistage de la surdité professionnelle était planifié par les intervenants des secteurs Est et Ouest de l'équipe Santé au travail pour l'année 2023-2024, et qui répondent aux critères du guide provincial.

Critères d'inclusion

Pour être inclus dans l'étude, les travailleurs devaient répondre aux critères provinciaux d'admissibilité au dépistage audiométrique, soit avoir été exposé au bruit dans leur milieu de travail :

- Durant au moins 10 ans en carrière et être âgés de 40 ans et plus avec une exposition actuelle supérieure ou égale à 85 dBA et inférieure à 95 dBA;

ou

- Durant au moins 5 ans en carrière, pour une exposition actuelle d'au moins 95 dBA, quel que soit leur âge.

Les établissements ciblés devaient avoir un programme de santé spécifique à l'établissement (PSSE) où le bruit était retenu comme un agresseur, c'est-à-dire où des travailleurs étaient exposés à un niveau de bruit supérieur ou égal à 85 dBA (facteur de bisection $Q = 3$ dB pour 8 heures) selon le rapport de surveillance environnementale, et pour lequel une surveillance médicale était planifiée pour 2023-2024.

Nous avons exceptionnellement inclus un groupe de pompiers qui a souhaité participer à l'étude et chez qui l'évaluation environnementale quantitative sur la base d'échantillonnage n'a pas été possible vu le contexte de cette profession. En effet, la mesure de l'exposition au bruit lors d'incendie est extrêmement complexe, et non applicable dans le contexte organisationnel actuel étant donné l'imprévisibilité des événements et la variabilité des tâches. Ainsi, nous avons considéré ces travailleurs admissibles au dépistage sur la base d'une évaluation indirecte fondée sur la fréquence et la durée de leur exposition à des tâches bruyantes, et permettant d'estimer une exposition correspondant à l'un ou l'autre des critères provinciaux mentionnés ci-dessus.

Critères d'exclusion

- Une surdité connue et déjà prise en charge.
- L'absence de repos auditif adéquat n'était pas un critère d'exclusion. Toutefois, étant donné que l'étude impliquait la réalisation de test par audiomètre portatif et l'examen en clinique d'audiologie le même jour, tous les travailleurs inclus ont mentionné avoir respecté le critère de repos auditif de 14 heures. La planification des deux tests audiométriques le même jour a fait suite à une exigence des employeurs visant à limiter l'absence des employés de leur travail.
- Le maintien du niveau de bruit ambiant à 55 dBA ou plus dans le local où le test est réalisé, malgré les tentatives de le réduire.

4.2.2 Méthode d'échantillonnage de la population à l'étude

L'échantillon utilisé dans cette étude est de type non probabiliste. La technique d'échantillonnage employée a été celle du recrutement par convenance et par recherche de volontaires. En effet, l'échantillon est constitué de travailleurs accessibles répondant aux critères d'inclusion. Ainsi, ils ont été intégrés progressivement dans l'étude selon leur admissibilité au dépistage de la surdité professionnelle, jusqu'à atteindre le nombre désiré de participants. La liste des travailleurs admissibles établie par l'équipe Santé au travail, secteur Est et Ouest de la Montérégie a servi de base pour le recrutement dans cette étude.

Compte tenu du contexte de réalisation de l'étude, cette méthode d'échantillonnage s'est avérée la plus appropriée en raison de ses avantages en termes d'accessibilité et de faisabilité et du fait qu'elle permettait de s'insérer dans le cadre des activités courantes de l'équipe de santé au travail.

4.2.3 Taille de l'échantillon

La littérature propose peu d'indications sur la taille d'échantillon nécessaire pour mener à bien cette étude. Aussi, pour y remédier, nous avons réalisé une analyse de puissance, recommandée en début d'étude (Fortin et Gagnon, 2022). Cette analyse a pris en compte diverses variables, de même que le devis et les objectifs de l'étude, et a établi que l'échantillon idéal devrait se situer aux alentours de 195 travailleurs pour répondre à l'ensemble des paramètres de l'étude.

L'analyse de puissance a inclus les estimations nécessaires pour :

- Évaluer les différences entre les proportions, avec leurs intervalles de confiance (sensibilité et spécificité).
- Mesurer la corrélation entre les niveaux sonores minimaux en dB HL obtenus par audiométrie portative et ceux obtenus en clinique d'audiologie.
- Calculer le coefficient de corrélation intraclasse pour comparer les niveaux sonores obtenus par l'audiomètre portatif et la mesure étalon (analyse optionnelle).

4.3 Variables

En ce qui concerne les données, pour atteindre les objectifs de l'étude, nous avons retenu trois catégories de variables. La première catégorie comprend les caractéristiques des travailleurs, leur admissibilité au dépistage de la surdité professionnelle ainsi que les conditions de réalisation de ce dépistage. Elle inclut le sexe, l'âge, la présence d'acouphènes incommodants, l'obstruction complète du conduit auditif, l'asymétrie selon les fréquences et le respect du repos auditif. La mesure du bruit ambiant lors de l'examen par audiomètre portatif, dans le local où se déroule le dépistage, constitue également une autre variable importante.

La deuxième catégorie de variables correspond aux niveaux sonores minimaux perçus, appelés également seuils auditifs. Ces derniers sont présentés autant pour l'audiomètre portatif que pour la clinique d'audiologie à des fins de comparaison.

Enfin, la troisième catégorie de variables définit la présence de surdité professionnelle autant pour l'audiomètre portatif que pour la clinique d'audiologie.

Pour ce faire, trois classifications ont été utilisées dans cette étude. Il s'agit de la classification de la « CNESST stade 4 », classification de « material hearing impairment » de NIOSH 1997, qui sera désignée par l'abréviation MHI de NIOSH, ainsi que la classification maison « SAT Montérégie ». Ces classifications sont définies dans les prochains paragraphes.

La description des variables ci-haut mentionnées est résumée dans le tableau 1.

4.3.1 Classifications de la surdité professionnelle

L'objectif de la classification CNESST « stade 4 » est d'identifier les travailleurs dont la surdité serait possiblement admissible à une indemnisation au Québec alors que les deux autres classifications pourraient identifier des situations de handicap ou des besoins en réadaptation, qu'elles soient indemnisables ou non par la CNESST. Les critères de chacune de ces trois classifications sont présentés ci-dessous.

Classification de la CNESST stade 4

Pour cette classification, un participant atteint de surdité de stade 4 doit avoir une moyenne des seuils auditifs supérieure ou égale à 30 dB HL aux fréquences 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz, dans l'une ou l'autre des 2 oreilles.

Classification de « material hearing impairment » de NIOSH 1997 (MHI de NIOSH). Selon la définition de la déficience auditive significative « material hearing impairment » (MHI) de NIOSH, un participant atteint doit avoir une moyenne des seuils auditifs qui dépasse 25 dB HL aux fréquences 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz et ce, pour chacune des deux oreilles.

Classification maison SAT Montérégie

Selon, la classification maison SAT Montérégie, un participant ayant une atteinte auditive significative (due au bruit) doit avoir une somme des seuils auditifs aux fréquences de 1 000 Hz, 2 000 Hz, 3 000 Hz et 4 000 Hz supérieure ou égale à 120 dB HL à l'une ou l'autre des 2 oreilles. Cette classification est celle utilisée pour le dépistage de la surdité professionnelle par audiomètre portatif en Montérégie, conformément à la règle de soins infirmiers (Kadaoui et coll. 2023).

En effet, dans le cadre du dépistage par audiométrie portative dans cette région, la fréquence de 500 Hz étant influencée par le bruit ambiant (milieu non insonorisé) a été remplacée par la fréquence de 3 000 Hz dans le calcul de la somme des fréquences utilisées. Ce choix de fréquences, la méthode de calcul (somme au lieu de moyenne) et le seuil choisi ont été approuvés par un audiologiste de l'INSPQ (communication personnelle Olivier Richer). La différence entre la somme et la moyenne des seuils est que la première a l'avantage d'être calculée mentalement plus rapidement que la deuxième.

En effet, le choix entre la moyenne ou la somme des fréquences n'a pas d'impact sur la validité des mesures. Par ailleurs, la région de Chaudière-Appalaches utilise également la somme des fréquences (Deshaies et Hallé, 2019). Ce choix a aussi été fait par la région de Montréal dans son projet pilote de dépistage par audiomètre portatif (Bourdeau et coll. 2017).

Rappelons que les services cliniques de dépistage (SCD) de l'INSPQ (jusqu'à ce qu'ils soient cessés) et les autres régions au Québec utilisent généralement les fréquences retenues par la CNESST pour des fins d'indemnisation, soit le 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz et 4 000 Hz. Cette classification de la CNESST demeure une exigence pour un test en clinique d'audiologie seulement, car le résultat d'un test de dépistage par audiométrie portative n'est pas reconnu pour des fins d'indemnisation par la CNESST.

Particularité du seuil à la fréquence de 500 Hz

Lors d'un test de dépistage, l'audiomètre Maico MA 25e utilisé en Montérégie documente par défaut le résultat du seuil à la fréquence de 500 Hz. Outre l'impact du bruit ambiant, l'atteinte à la fréquence de 500 Hz peut faire suspecter des problématiques non reliées au bruit au travail. Pour des considérations éthiques de bienfaisance, l'équipe de Santé au travail de la Montérégie dirige vers une clinique d'audiologie habituellement les travailleurs dont le seuil est supérieur ou égal à 30 dB HL à la fréquence de 500 Hz.

En absence de données dans la littérature sur la performance de l'audiomètre portatif à la fréquence de 500 Hz, le seuil à cette fréquence est considéré comme une variable pertinente à analyser en profondeur.

4.3.2 Mesure d'efficience

Un autre indicateur de performance est le taux de référence. Ce dernier a été calculé afin de permettre d'évaluer le nombre d'examens audiométriques en clinique d'audiologie qui seraient réalisés à la suite d'un dépistage positif par audiomètre portatif comparativement à une stratégie où tous les travailleurs admissibles au dépistage seraient systématiquement dirigés en clinique d'audiologie. Son calcul est présenté dans la section analyse des données.

Tableau 1 - Description des variables

Variable		Type de variable	Instrument de mesure	Valeur possible
Caractéristiques des travailleurs et Condition de réalisation du dépistage	Sexe	Catégorique	Questionnaire	H,F
	Groupe d'âge	Catégorique		34 à 45 46 à 55 56 à 65 65 et plus
	Antécédent de surdité	Dichotomique		Oui, non
	Présence d'acouphènes incommodants	Dichotomique		Oui, non
	Obstruction du conduit auditif	Dichotomique	Otoscope	Oui, non
	Asymétrie	Dichotomique	1) Audiomètre portatif 2) Clinique audiolgique	Oui, non
	Repos auditif	Dichotomique	Questionnaire	Oui, non
	Bruit ambiant	Continue	Sonomètre ou dosimètre	0 à 80 dBA
Niveaux sonores minimaux		Continue	1) Audiomètre portatif 2) Clinique audiolgique	0 à 130 dB HL
Présence de surdité (selon classification CNESST stade 4, MHI de NIOSH, maison SAT Montérégie)		Dichotomique		Oui, non

4.4 Déroulement de l'étude

Cette section décrit le partenariat avec l'équipe de santé au travail, l'audiologiste et les milieux de travail, le recrutement et le consentement des travailleurs ainsi que la collecte de données.

4.4.1 Partenariat et préparation

Avec les intervenants du secteur Est et Ouest de l'équipe Santé au travail de la Direction de santé publique (DSPu) de la Montérégie, un partenariat stratégique a été établi pour évaluer la validité de l'audiomètre portatif dans le cadre du dépistage de la surdité professionnelle.

Cette collaboration s'inscrivait dans une démarche visant à valider l'efficacité de l'audiomètre portatif utilisé par l'équipe de santé au travail selon la règle de soins infirmiers établie (Kadaoui et coll. 2023). L'équipe de santé au travail, composé de médecins, gestionnaires, infirmières, techniciens et hygiénistes du travail a joué un rôle prépondérant dans le déploiement de ce projet et dans les activités de dépistage.

De plus, un partenariat a été établi avec la clinique d'audiologie du Centre intégré de santé et de services sociaux (CISSS) de la Montérégie-Centre pour réaliser des tests en cabine insonorisée pour les travailleurs. Ainsi, ces tests étaient réalisés le même jour que le dépistage par audiomètre portatif. La même audiologiste effectuait les audiogrammes en cabine insonorisée pour tous les travailleurs recrutés. Ce partenariat a facilité l'organisation de la collecte des résultats et a permis d'offrir aux participants une évaluation audiolgique complète le même jour, optimisant ainsi la participation et l'efficacité de l'étude, tout en minimisant les désagréments pour les travailleurs et leur employeur.

4.4.2 Information et sensibilisation

Avant le début du recrutement, les infirmières du secteur Est et Ouest de l'équipe Santé au travail de la DSPu de la Montérégie ont organisé une campagne d'information sur le projet auprès des employeurs, des représentants des travailleurs et des travailleurs eux-mêmes. Les employeurs avaient reçu une lettre détaillant le projet (voir annexe D), et nous avons diffusé de l'information lors des rencontres avec certains employeurs ciblés pour clarifier les objectifs et renforcer le partenariat. Des affiches et des dépliants explicatifs ont également été distribués dans les entreprises ciblées, dans le but de bien préparer les travailleurs au processus de recrutement et de dépistage.

4.4.3 Recrutement et consentement

Le recrutement des participants a été réalisé par les infirmières du secteur Est et Ouest de l'équipe Santé au travail de la Montérégie, responsables du dépistage dans les établissements, après l'obtention de l'accord des employeurs. Après avoir expliqué le projet, l'infirmière obtenait la liste des travailleurs potentiellement admissibles.

Les formulaires de consentement ont été remis à ces travailleurs pour en prendre connaissance avant le jour du dépistage. Le dépistage a eu lieu dans les locaux de la DSPu de la Montérégie au 1255 Beauregard à Longueuil, où se trouve également la clinique d'audiologie, garantissant ainsi la réalisation des deux tests le même jour sans perte de suivi.

Cette disposition a permis d'assurer autant une continuité qu'une meilleure validité des données collectées. En effet, la réalisation des deux examens audiométriques le même jour garantit la stabilité de la condition d'audition entre le dépistage et l'examen à la clinique d'audiologie.

4.4.4 Collecte de données

Cette section présente la procédure de la collecte de données auprès des travailleurs ayant participé à l'étude, qui s'est effectuée entre octobre 2023 et juin 2024 inclusivement. Les tests de dépistage par audiométrie portative ont été réalisés par les infirmières des secteurs Est et Ouest de l'équipe SAT dans des bureaux de la DSPu de la Montérégie, un environnement ressemblant à celui des bureaux administratifs de différents milieux de travail.

La procédure de dépistage débutait par l'installation du travailleur dans le local, pour une session prévue afin de durer entre 20 et 30 minutes. Pour préserver le silence nécessaire au test, une affiche « *Silence SVP !!! Tests auditifs en cours* » était placée sur la porte du local. Après l'obtention du consentement libre et éclairé du travailleur, l'infirmière expliquait le déroulement de la rencontre, soit la collecte des données sociodémographiques et la confirmation de l'admissibilité au dépistage, l'examen du conduit auditif externe, la mesure du niveau de bruit ambiant et finalement, la réalisation des tests audiométriques. Les prochains paragraphes décrivent le déroulement de chacune de ces étapes.

Données sociodémographiques

Les infirmières du secteur Est et Ouest de l'équipe SAT ont consigné les données sociodémographiques des participants dans la grille de collecte de données (Annexe E). Les données sociodémographiques et d'admissibilité au dépistage audiométrique ont été fournies par l'employeur de chaque établissement participant, puis validées et complétées par les travailleurs eux-mêmes. Les informations recueillies sur l'âge, le sexe et le milieu de travail ont permis de décrire les travailleurs participants à l'étude, assurant ainsi leur adéquation aux critères d'inclusion et d'exclusion. Par ailleurs, il était également important de s'assurer que notre échantillon était représentatif de la population de référence, soit les travailleurs admissibles au dépistage de la surdité professionnelle, conformément aux critères provinciaux (Dansereau et coll. 2015).

Examen des conduits auditifs

Selon l'American Speech Language Hearing Association (ASHA, 2005) et la norme ISO 8253-1 (2010), l'examen visuel des conduits auditifs externes est une étape importante dans l'évaluation de l'audition et devrait précéder l'audiométrie.

L'otoscopie, soit l'examen visuel des conduits auditifs externes et du tympan par un otoscope permet de détecter d'éventuels problèmes tels que les bouchons de cérumen, les infections ou d'autres anomalies anatomiques qui pourraient affecter les résultats de l'audiométrie. Le jour du dépistage par audiométrie portative, les infirmières procédaient à l'évaluation de l'état des tympons et des conduits auditifs des participants par un otoscope.

Les résultats de cet examen étaient ensuite consignés dans la feuille de notes du dossier du travailleur ainsi que dans la grille de collecte des données (Annexe E). Il faut noter cependant que l'obstruction complète du conduit auditif n'est pas un critère d'exclusion dans le processus de dépistage dans cette étude. Dans le cas où un bouchon de cérumen complet nécessitait un lavage d'oreille, une reprise du dépistage était nécessaire seulement si le test à l'audiomètre portatif était initialement positif (anormal). Cette mesure est pour s'assurer que le bouchon de cérumen ne soit pas la cause de l'anomalie au test.

Niveau du bruit ambiant

Pour garantir une comparaison adéquate entre le dépistage par audiométrie portative et la mesure étalon, il était important de prendre en compte le contexte dans lequel le dépistage était réalisé. En effet, l'environnement dans lequel le test auditif est réalisé est régi par la norme American National Standards Institute (ANSI) S3.1 émise par l'American National Standards (2003). Cette norme établit le niveau de bruit ambiant convenable pour assurer la détection précise des sons purs, en fonction notamment du type d'écouteurs utilisés lors de l'évaluation, à savoir les supra-auriculaires (placés sur les oreilles) ou les intra-auriculaires (insérés dans le conduit auditif externe). Pour garantir la conformité à cette norme, il était impératif de mesurer le niveau de bruit ambiant dans le local où le test de dépistage était effectué par audiomètre portatif. Le niveau de bruit était mesuré en décibels (dBA) avec un sonomètre ou un dosimètre, et une valeur limite de 55 dBA a été établie pour ne pas compromettre la précision du test (Bourdeau et coll. 2017). Avant de procéder à l'audiométrie, l'infirmière s'assurait que le niveau de bruit ambiant dans la pièce était inférieur à 55 dBA. Les mesures de bruit ambiant étaient prises avant chaque audiogramme de dépistage, c'est-à-dire avant chaque test effectué sur un travailleur. Toutefois, l'appareil restait en fonction pendant toute la durée du test afin de documenter l'impact soudain d'un bruit environnant qui pouvait survenir.

Tests par audiométrie portative

Avant de procéder au dépistage par audiométrie portative, l'infirmière expliquait le déroulement du test au travailleur et lui installait des écouteurs supra-auriculaires.

Pour chaque travailleur, le seuil auditif était mesuré pour chacune des fréquences de 500 Hz, 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz, pour chacune des deux oreilles (droite et gauche).

Les critères selon lesquels un dépistage à l'audiomètre portatif est considéré comme positif varient en fonction de la classification retenue. Comme mentionné précédemment, trois classifications ont été utilisées dans la présente étude pour statuer des résultats des tests de dépistage audiométrique qu'ils soient portatifs ou en clinique d'audiologie.

Enfin, il est important de souligner que l'infirmière responsable du dépistage avait reçu une formation spécifique pour l'utilisation de l'audiomètre portatif et qu'elle avait accès au *Manuel d'utilisation MA 25/MA 25e* pour toute référence nécessaire. Par ailleurs, lors du dépistage, l'infirmière avait accès au médecin de l'équipe SAT pour répondre à ses questions ou à ses préoccupations.

Les données concernant l'issue principale, à savoir les niveaux sonores minimaux obtenus pour chacune des fréquences testées lors du dépistage avec l'audiomètre portatif, ont été recueillies et consignées dans la grille d'interprétation des données (Annexe E).

Après le dépistage par audiométrie portative, l'infirmière dirigeait le travailleur à la clinique d'audiologie pour réaliser un audiogramme en cabine insonorisée dans l'heure suivante.

Tests en clinique d'audiologie

L'audiométrie en clinique reposait sur une procédure très semblable à l'audiométrie portative. Pour le test en clinique, le participant était installé dans une cabine insonorisée. Dans un premier temps (le jour même de l'audiométrie portative), seules les fréquences utilisées en audiométrie portative étaient testées. En fonction des résultats obtenus, l'audiologiste indiquait une prise en charge en audiologie (à faire dans un deuxième temps) quand la moyenne des 4 fréquences (500, 1 000, 2 000, 4 000 Hz) était supérieure à 30 dB HL. D'autres critères, tels qu'une asymétrie auditive, des difficultés d'écoute rapportées par le travailleur, une courbe auditive inférieure à la moyenne attendue pour l'âge, ainsi que des acouphènes gênants (avec ou sans perte auditive), constituaient également des indications pour un suivi approfondi en audiologie.

Les résultats obtenus de cette clinique ont également été intégrés à la grille d'interprétation des données (Annexe E), par l'infirmière de l'équipe SAT. Une fois que toutes les données ont été collectées, elles ont été anonymisées pour assurer la confidentialité des participants.

4.5 Instruments de mesure

Cette section présente les instruments de mesure utilisés dans le cadre de cette étude, soit l'otoscope, le sonomètre, le dosimètre, l'audiomètre portatif et l'audiomètre utilisé à la clinique d'audiologie.

4.5.1 *Otoscope*

Il s'agit d'un instrument conçu pour l'examen visuel du conduit auditif externe et de l'état du tympan. Cet outil est constitué d'un tube en forme d'entonnoir et est muni d'un dispositif d'éclairage.

Dans le cadre de cette étude, sept otoscopes appartenant à l'équipe Santé au travail de la Montérégie ont été utilisés et tous étaient de la Marque Welch Allyn. Comme chacune des infirmières de l'équipe SAT possédait son propre otoscope, les modèles suivants ont été utilisés : Skan Falls N.Y. U.S.A.; 3.5 V halogen, 3.5 V; diagnostic 2502 OA; MacroView REF23810; 71050-C ainsi que le Macroview ref 238-2 (de Welch Allyn plus). La différence entre les modèles d'otoscopes utilisés n'affecte pas les résultats de l'étude, car l'objectif de cet outil est seulement de visualiser le conduit auditif externe et le tympan.

4.5.2 *Sonomètre et dosimètre*

N'ayant pas beaucoup de sonomètres, l'équipe SAT de la DSPu de la Montérégie utilise également des dosimètres pour mesurer le bruit ambiant pendant le dépistage par audiométrie portative. Les modèles utilisés par l'équipe SAT sont le sonomètre intégrateur de type 2240 du fabricant Bruël & Kjaer et le dosimètre Spark 706. Ces deux mêmes outils ont été utilisés dans la présente étude. Ils ont été calibrés conformément aux recommandations du fabricant.

En collaboration avec deux techniciens en hygiène de l'équipe SAT, deux procédures d'utilisation ont été élaborées, l'une pour le dosimètre Spark 706 et l'autre pour le sonomètre intégrateur. Ces procédures ont été conçues pour guider les infirmières dans la mesure du niveau moyen du bruit ambiant sur la période du test audiométrique.

4.5.3 *Audiomètre portatif*

L'audiomètre portatif, un appareil électroacoustique d'audiométrie tonale (liminaire) utilisé pour mesurer les seuils d'audition par voie aérienne, est l'instrument de mesure central de cette étude. Le modèle choisi est le Maico MA25e, car c'est celui qui est utilisé par l'équipe Santé au travail de la Montérégie pour le dépistage de la surdité professionnelle. Ce modèle est réputé pour sa précision et sa facilité d'utilisation. Il est similaire à celui utilisé dans d'autres régions du Québec et dans certains milieux de travail. Comparativement aux audiomètres manuels évalués dans l'étude de Lambert (2001) soit le MA 19 et le Beltone, le MAICO MA 25e est une version améliorée. En effet, le MA 25e offre des fonctionnalités avancées comme un test automatique Hughson-Westlake et la possibilité de transférer les résultats vers un ordinateur. Par rapport à un test manuel, le test automatique a l'avantage de diminuer le temps du test et d'éviter des erreurs de mesures dues aux multiples manipulations à faire par les infirmières.

L'étalonnage de l'audiomètre était réalisé et contrôlé régulièrement comme recommandé par le fabricant.

4.5.4 *Audiomètre en cabine insonorisé*

L'appareil utilisé pour le diagnostic de la surdité en clinique d'audiologie devait respecter la norme BNQ 5780-920 (Audiométrie liminaire tonale en conduction aérienne), qui garantit la précision et la validité (CMPSATQ, 2015).

Pour être considéré comme une mesure étalon, l'examen audiométrique était réalisé en cabine insonorisée, un environnement spécialement conçu pour éliminer les bruits extérieurs et garantir des conditions d'écoute optimales.

Outre l'étalonnage de l'équipement, le contrôle du bruit ambiant devait être conforme à la norme BNQ 5780-800, qui traite spécifiquement de ce sujet (niveau de bruit toléré dans une salle d'audiométrie).

4.6 *Analyse des données*

Cette section présente les analyses réalisées pour répondre aux objectifs de recherche de cette étude. Afin de décrire les caractéristiques des participants, les données concernant les groupes d'âge, le sexe, la présence d'antécédents de surdité, la présence d'acouphènes, d'obstruction complète du conduit auditif et d'asymétrie sont présentées en proportion (%). La moyenne, le minimum et le maximum sont calculés pour évaluer le niveau de bruit ambiant dans le local où se déroule le dépistage par audiomètre portatif. La période de mesure du bruit ambiant concerne seulement la durée de l'examen audiométrique, elle exclut donc la période de discussion entre le participant et l'infirmière.

Pour répondre à l'objectif spécifique 1 de cette étude, une analyse de comparaison entre les niveaux sonores obtenus par l'audiomètre portatif et ceux obtenus par l'audiomètre en clinique d'audiologie est réalisée pour l'ensemble des participants. Ainsi, des tests statistiques paramétriques et non paramétriques sont utilisés pour vérifier la présence d'une corrélation entre ces niveaux sonores.

- Test paramétrique : test t apparié et coefficient de corrélation de Pearson.
 - Test t apparié : Ce test est utilisé pour comparer les niveaux sonores mesurés par les deux appareils sur les mêmes sujets. Ce test est approprié lorsque les données sont normalement distribuées et permet de déterminer si la moyenne des différences entre deux appariements est significativement différente de zéro.
 - Coefficient de corrélation de Pearson : Ce coefficient mesure le degré de corrélation linéaire entre deux variables continues.

Une valeur proche de 1 indique une corrélation positive forte, tandis qu'une valeur proche de -1 indique une forte corrélation négative.

- Tests non paramétriques : test de Wilcoxon et la corrélation de Spearman si les données ne sont pas normalement distribuées.
 - Test de Wilcoxon : Ce test est utilisé pour les données appariées non normalement distribuées. Il évalue si les médianes de deux échantillons appariés diffèrent.
 - Coefficient de corrélation de Spearman : ce coefficient mesure le degré de corrélation linéaire entre deux variables continues lorsque la distribution des données n'est pas normale. Il s'interprète de la même manière que le coefficient de Pearson. Une valeur proche de 1 indique une corrélation positive forte, tandis qu'une valeur proche de -1 indique une forte corrélation négative. Un coefficient de corrélation situé entre $\pm 0,7$ et $\pm 0,9$ est considéré comme élevé, et un coefficient de $\pm 0,5$ à $\pm 0,7$ comme moyen (Fortin et Gagnon, 2022).
- Afin d'évaluer la fiabilité, la concordance entre les résultats obtenus par chaque test de dépistage est vérifiée à l'aide de :
 - Coefficient de corrélation intraclass (ICC) : Ce test est utilisé pour quantifier le degré de corrélation ou de concordance entre plusieurs évaluations de la même catégorie au sein d'un groupe. Une configuration spécifique du coefficient de corrélation intraclass est utilisée, il s'agit du modèle « two-way mixed, absolute agreement, multiple raters/measurements » (Koo et Li, 2016). Un ICC inférieur à 0,5 est considéré comme faible, un ICC entre 0,5 et 0,75 est modéré, un ICC entre 0,75 et 0,9 est considéré comme bon et un ICC supérieure à 0,90 est excellent (Koo et Li, 2016).

Pour répondre à l'objectif spécifique 2 et 3, la sensibilité, la spécificité, la VPP et la VPN de l'audiométrie portative sont calculées.

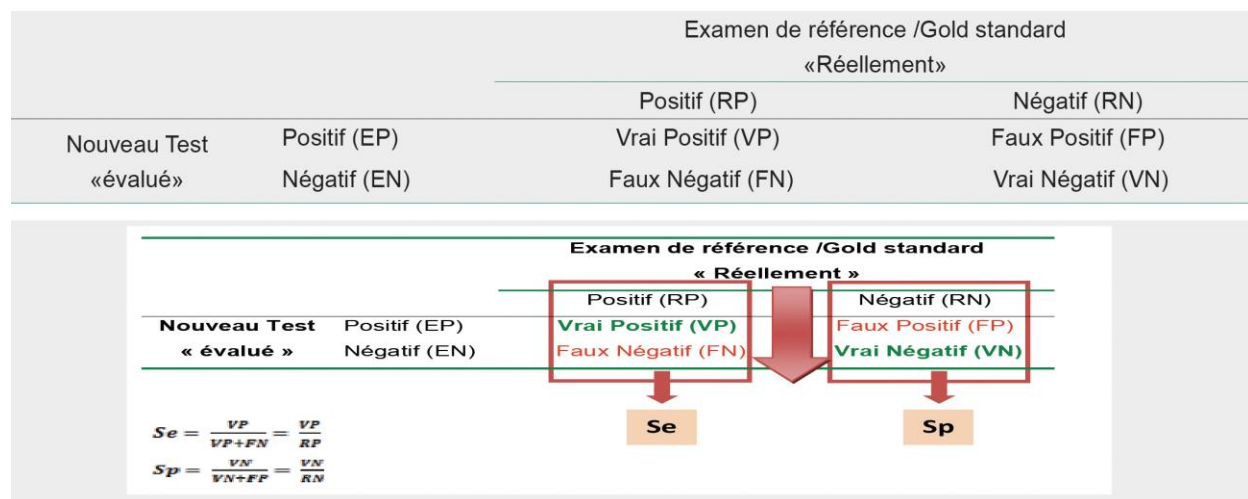
La sensibilité désigne la capacité d'un instrument (test) à classer correctement les sujets ayant le problème de santé ou l'état recherché (vrai positif) (Fortin et Gagnon. 2022). Dans cette étude, elle représente la capacité de l'audiométrie portative à détecter une surdité (selon les classifications CNESST stade 4, MHI de NIOSH et maison SAT Montérégie) chez les participants.

La spécificité représente la capacité d'un instrument (test) à reconnaître les sujets sains, c'est-à-dire ceux ne présentant pas de surdité selon les classifications CNESST stade 4, MHI de NIOSH et maison SAT Montérégie (vrais négatifs), et à conclure à l'absence de la condition lorsque c'est le cas (Fortin et Gagnon. 2022).

Pour notre étude, la spécificité correspond à la capacité de l'audiométrie portative à émettre des résultats négatifs chez les travailleurs non atteints de surdité (selon les classifications CNESST stade 4, MHI de NIOSH et maison SAT Monérégie).

La sensibilité est calculée en divisant le nombre de vrais positifs par le total des vrais positifs et des faux négatifs (total des personnes réellement atteintes de surdité (CNESST stade 4, MHI de NIOSH et maison SAT) dans l'échantillon), alors que la spécificité correspond au nombre de vrais négatifs divisé par le total des vrais négatifs et des faux positifs (total des personnes réellement non atteintes de surdité CNESST stade 4, MHI de NIOSH et maison SAT dans l'échantillon). Ces calculs sont illustrés dans la figure 1 ci-dessous.

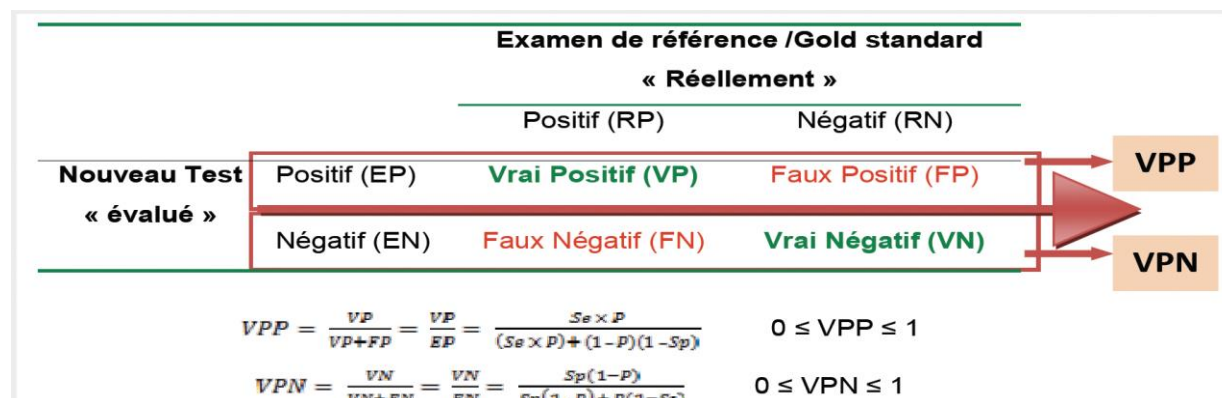
Figure 1 - Performance d'un test : sensibilité et spécificité



Source : A. Ben Abdelaziz & coll. - Performance d'un test diagnostique. 2022

La VPP est définie comme la probabilité que les travailleurs testés positifs par l'audiométrie portative aient réellement la condition dépistée. Inversement, la VPN est la probabilité qu'un travailleur ayant un résultat négatif au test ne soit pas atteint de surdité CNESST stade 4, MHI de NIOSH et maison SAT. Ainsi, la VPP correspond au nombre de vrais positifs divisé par le total des vrais positifs et des faux positifs alors que la VPN est calculée en divisant le nombre de vrais négatifs par le total des vrais négatifs et des faux négatifs. La figure 2 ci-dessous illustre bien ces calculs.

Figure 2 - Performance d'un test : VPP et VPN



Source : A. Ben Abdelaziz & coll. - Performance d'un test diagnostique. 2022

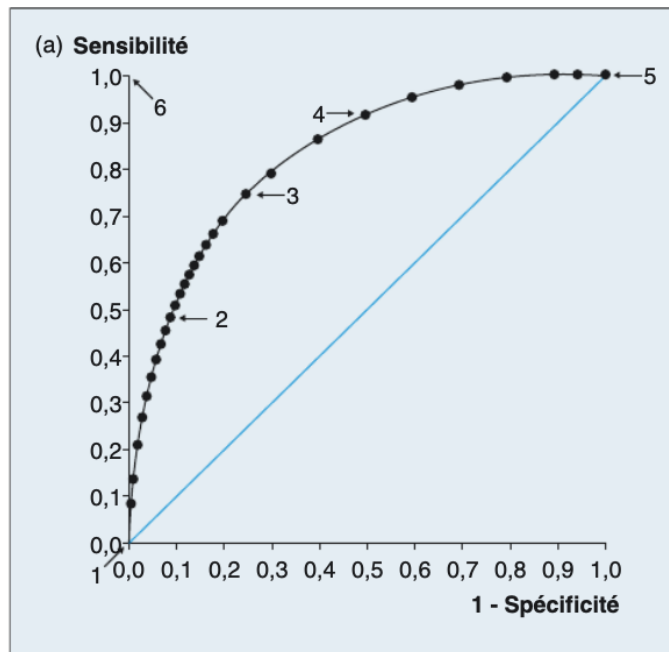
Pour mesurer la force de l'association entre les résultats du test par audiomètre portatif et ceux de la clinique d'audiologie (deux variables catégorielles) dans un le tableau de contingence 2 × 2, nous avons calculé le Coefficient Phi.

- Le Coefficient Phi se calcule en prenant la valeur du chi carré, en la divisant par la taille de l'échantillon, puis en prenant la racine carrée de cette valeur. Le coefficient de Phi varie entre 0 et 1 sans aucune valeur négative. Il s'interprète comme suit : Coefficient Phi > 0,25 = association très forte, Coefficient Phi > 0,15 = une association forte, Coefficient Phi > 0,10 = est une association modérée, Coefficient Phi > 0,05 = est une association faible, Coefficient Phi > 0 = l'association est absente ou très faible (Haldun, 2018).

Pour évaluer la performance de l'audiomètre portatif en ajustant différents seuils de détection, nous avons dû utiliser la Courbe ROC (Receiver Operating Characteristic).

- La courbe ROC permet d'illustrer, à travers un graphique, la capacité diagnostique d'un système de classification binaire à mesure que son seuil de discrimination varie. Pour construire la courbe ROC, les données comprennent les niveaux sonores mesurés par l'audiomètre portatif, et ceux mesurés par l'audiomètre en clinique. Les résultats sont binarisés selon différents seuils indicatifs de surdité. Une courbe est ensuite créée en dessinant le taux de vrais positifs (sensibilité) contre le taux de faux positifs (1 - spécificité) pour ces différents seuils. L'aire sous la courbe (AUC), reflétant la meilleure performance globale de l'appareil (plus elle est proche de 1, meilleure est la performance), permet de choisir le seuil le plus approprié.

Figure 3 : Courbe ROC (Receiver Operating Characteristic)



Source : H. Delacour & coll. – La Courbe ROC. 2005

Pour répondre à l'objectif spécifique 4, soit de documenter l'efficacité du dépistage par audiométrie portative, le taux de référence en clinique d'audiologie est calculé pour les différentes classifications de la surdité professionnelle, utilisées dans cette étude. Ce taux est égal au nombre de travailleurs qui seraient dirigés en clinique d'audiologie (suite au dépistage positif à l'audiomètre portatif) divisé par le nombre total de travailleurs soumis au test de dépistage.

Enfin, mentionnons qu'à l'exception des données descriptives, les analyses des données ont été réalisées par un biostatisticien pour assurer la validité et précision des résultats.

Le tableau 2 représente le lien entre les analyses et les objectifs de l'étude.

Tableau 2 - Résumé des types d'analyses selon les objectifs

Objectifs de l'étude	Variables	Type d'analyses
Démographie		Statistiques descriptives
Comparer les niveaux sonores obtenus par l'audiomètre portatif et ceux obtenus par l'audiomètre en clinique d'audiologie	Niveaux sonores minimaux (Seuils)	Coefficients de corrélation PEARSON, SPEARMAN intra-classe (ICC) +test-t données appariées +test Wilcoxon pour données appariées
Déterminer la sensibilité et la spécificité de l'audiomètre portatif pour le dépistage de la surdité professionnelle en le comparant à la mesure Étalon (Gold Standard) = clinique d'audiologie	Présence de surdité selon les classifications CNESST stade 4, MHI de NIOSH et maison SAT	Proportions Courbe ROC et AUC
Déterminer les VPP et les VPN de l'audiomètre portatif pour le dépistage de la surdité professionnelle		
Mesure d'efficience		Taux de référence

4.7 Éthique de la recherche

Cette section présente les considérations éthiques liées au projet de recherche. Tout au long de la présente étude, des dispositions éthiques ont été mises en place afin de respecter les principes fondamentaux d'éthique en recherche, soit le respect, la justice et la confidentialité (CRSH, CRSNG et IRSC, 2022).

4.7.1 Respect

Ce principe est fondé sur l'attention accordée à l'autonomie des individus et à la protection de ceux dont l'autonomie est réduite. Dans le contexte de cette recherche, l'équipe a veillé à ce que chaque travailleur donne son consentement de manière libre et éclairé.

Le choix éclairé repose essentiellement sur une compréhension complète des buts de la recherche, de ce qu'elle suppose et de ses avantages potentiels ainsi que des risques possibles pour le participant et les autres personnes.

Ainsi, quelques semaines avant le dépistage, afin de s'assurer que le participant comprenne les enjeux et les conséquences de ses choix, l'équipe de recherche a présenté le projet aux différents milieux de travail, a répondu à leurs questions et a laissé le formulaire de consentement à la disposition des travailleurs pour leur laisser le temps de réfléchir à leur participation et d'en discuter avec leurs proches au besoin. Finalement, le jour du dépistage, le consentement libre et éclairé a été obtenu par écrit pour chaque participant.

Aucune forme de contrainte n'a été employée pour influencer la décision des participants de prendre part à l'étude. De plus, il leur a été clairement indiqué qu'ils pouvaient se retirer de l'étude à tout moment, sans avoir à fournir de justification et sans subir de conséquences négatives.

4.7.2 *Justice*

Depuis le Rapport Belmont, des critères éthiques fondés sur le principe de justice ont été établis quant à la sélection des sujets (Doucet, 2001 et Doucet 2002). Ce principe fait référence à la protection des populations vulnérables et à l'exigence de ne pas exclure certains groupes de la population. Lors du recrutement, nous avons sollicité différents milieux de travail pour nous assurer que certains groupes de la population accessible pour la recherche ne soient pas privés des avantages de l'étude.

Nous avons également obtenu une entente avec les milieux de travail qui ont accepté de participer à l'étude, pour libérer les travailleurs le temps du déplacement et du dépistage, sans perte de salaire. L'objectif par cette entente est de ne pas nuire financièrement aux participants et de permettre aux travailleurs vulnérables de participer à l'étude.

L'article 4.1 de la politique des trois conseils sur les critères d'inclusion appropriée (CRSH, CRSNG et IRSC, 2022) stipule : « Tout en tenant compte de la portée et des objectifs de leur recherche, les chercheurs devraient viser une sélection inclusive des participants. Les chercheurs ne doivent pas refuser à des personnes la possibilité de participer à un projet de recherche en raison de facteurs tels que la culture, la langue, la religion, la race, le handicap, l'orientation sexuelle, l'origine ethnique, la maîtrise d'une langue, le genre ou l'âge, à moins qu'il n'y ait une raison valable de les exclure ».

Ainsi, lors du recrutement, la participation était fondée autant sur des critères d'inclusion justifiés par la question de recherche, que par le sens de responsabilité morale de ne pas exclure des participants de façon arbitraire.

4.7.3 Confidentialité des données

Durant tout le déroulement de l'étude, l'équipe de recherche a strictement préservé l'anonymat des participants, la confidentialité et la sécurité des données.

Les informations collectées étaient exclusivement utilisées pour répondre aux objectifs de l'étude et elles ont été dépersonnalisées par un code d'identification numérique unique pour chaque participant. Les données et les formulaires de consentement sont conservés dans un endroit sécurisé.

Aucun nom de travailleur ni de milieu de travail n'apparaîtra dans les rapports diffusés; les résultats seront présentés de manière agrégée pour éviter toute identification individuelle, y compris lors de publications ou de présentations scientifiques futures. Aucune donnée permettant d'identifier un travailleur ou un petit groupe de travailleurs ne sera partagée avec l'employeur.

4.7.4 Financement

Puisque les participants à l'étude font partie du bassin des travailleurs planifiés pour la surveillance médicale, et que le présent projet répond à un besoin d'évaluation d'une nouvelle pratique dans la région, soit le dépistage par audiométrie portative, le coût des examens audiométriques (audiométrie portative et celle de la clinique d'audiologie) est assumé par l'équipe Santé au travail de la DSPu de la Montérégie. Ainsi, les examens par audiomètre portatif ont été réalisés dans les locaux de la DSPu de la Montérégie, par les infirmières de l'équipe SAT. Cependant, les examens audiométriques en cabine insonorisée ont été réalisés par une audiologiste du service d'audiologie du CISSS de la Montérégie-Centre. Enfin, pour la participation à l'étude, un montant incitatif de 20 \$ a été remis à chaque participant pour couvrir les frais de déplacement pour le dépistage. Ce montant provient des incitatifs universitaires des chercheurs.

Enfin, lors du dépistage, les participants se sont absentés du travail, sans perte de salaire, et ce, grâce à la collaboration des employeurs.

4.7.5 Comité d'éthique à la recherche

L'approbation par le comité d'éthique du Centre de recherche Charles-Le Moyne (CRCLM) a été obtenue préalablement à toute démarche impliquant une collecte de données dans le cadre de la présente étude.

5 Résultats

On amorce cette section par la description des caractéristiques des participants et des conditions de réalisation du dépistage. Par la suite, et pour répondre aux objectifs de cette recherche, nous présentons la comparaison des différents seuils auditifs obtenus par audiométrie portative à ceux obtenus par audiomètre en clinique d'audiologie selon différents critères d'analyse.

Enfin, la sensibilité, la spécificité, la VPP et la VPN de l'audiométrie portative pour le dépistage de la surdité professionnelle sont présentées, suivies d'une mesure d'efficience.

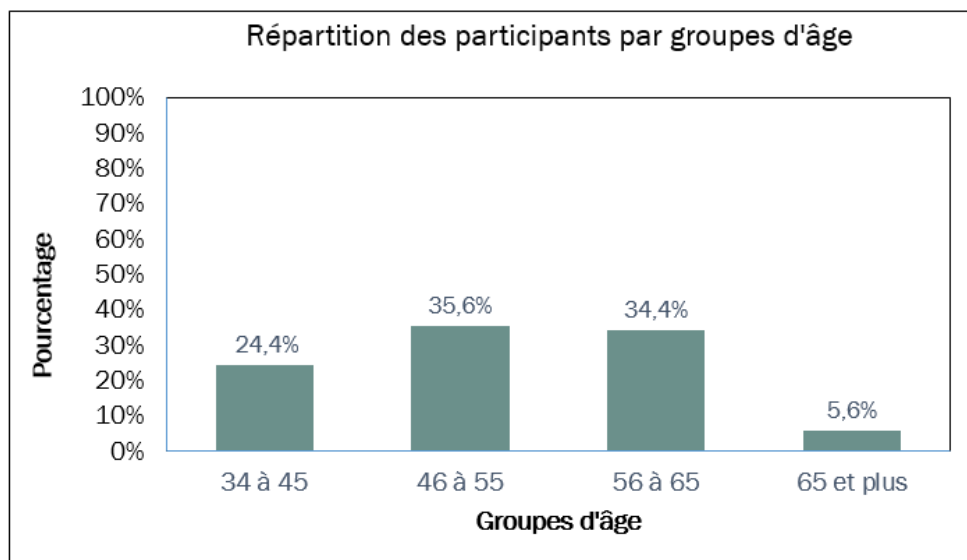
5.1 Caractéristiques des travailleurs

En raison du taux élevé de refus de la part des employeurs à libérer leurs employés sans perte de salaire, la période de collecte des données s'était prolongée au-delà du délai initial. Face à cette situation, l'équipe de recherche a conclu le recrutement en mai 2024 avec 160 travailleurs recrutés, bien que l'objectif initial fût de 195. Les conséquences d'un échantillon réduit sont prises en compte dans l'analyse et l'interprétation des résultats de l'étude. Pour les milieux de travail ayant refusé de participer à cette étude, le dépistage planifié a été réalisé selon les modalités habituelles de la région.

Dans les prochains paragraphes sont décrits les types d'établissements participants et les caractéristiques individuelles des travailleurs, soit le sexe, l'âge, les antécédents de surdité, la présence d'acouphènes incommodants, l'examen du conduit auditif externe, le respect de repos auditif et la présence d'asymétrie selon les fréquences. Les résultats du niveau de bruit ambiant lors du test à l'audiomètre portatif sont également présentés.

Les travailleurs recrutés provenaient des trois établissements suivants : une ville sur le territoire de la Montérégie, ce secteur municipal inclue entre autres des garages, ateliers, travaux publics, centres de tirs et pompiers. Le deuxième établissement est une usine de transformation alimentaire et le troisième est une entreprise de préservation du bois. L'ensemble des 160 participants a complété toutes les étapes de l'étude, incluant les deux types d'examens audiométriques (dépistage par audiomètre portatif et examen en clinique d'audiologie). Parmi les participants, 148 sont des hommes (92,5 %) et 12 sont des femmes (7,5 %) et la moyenne d'âge de ces travailleurs et travailleuses est de 51,5 ans. La figure 4 présente la répartition selon le groupe d'âge.

Figure 4 - Répartition des participants par groupes d'âge



- Antécédents de surdité

Parmi les participants, trois personnes, soit 2 % rapportaient une surdité connue non prise en charge, alors que 157 personnes (98 %) disaient ne pas avoir de surdité connue.

- Acouphènes incommodes

En interrogeant les participants sur la présence d'acouphènes incommodes, 5 personnes (3,1 %) mentionnaient en avoir, alors que 154 (96,3 %) déclaraient ne pas en avoir. À noter que cette information est manquante pour un participant.

5.2 Conditions de réalisation du dépistage

- Repos auditif

Comme mentionné précédemment, les milieux de travail ayant accepté la participation à la présente étude ont exigé la réalisation des tests de dépistage par audiomètre portatif et ceux de la clinique d'audiologie lors de la même demi-journée pour chaque participant. La raison de cette exigence était de limiter l'absence des travailleurs sans perte de salaire.

Étant donné qu'un repos auditif de 14 heures est une norme à respecter pour l'examen à la clinique d'audiologie du CISSS de la Montérégie-Centre, les infirmières ont validé le respect de cette condition lors du dépistage par audiomètre portatif. En effet, dans la séquence des tests, l'examen par audiomètre portatif a eu lieu avant celui à la clinique d'audiologie. À cet effet, suite à cette contrainte dans la présente étude, il n'a pas été possible d'évaluer l'impact de l'absence de repos auditif sur les résultats de dépistage par audiomètre portatif.

- Examen des conduits auditifs externes

Le jour du dépistage, sur l'ensemble des participants, 151 personnes (94,4 %) ont eu un examen du conduit auditif externe normal, et seulement huit personnes (5 %) présentaient un examen anormal. Cette donnée est manquante pour une personne.

- Mesures de bruit ambiant (en dBA)

Comme mentionné dans la section méthodologie, la moyenne du bruit ambiant dans le local où se déroulait le dépistage était mesurée pour la durée de chaque examen avec l'audiomètre portatif. Comme l'infirmière devait s'assurer que ce bruit ambiant n'excédait pas 55 dBA, le niveau minimum enregistré était de 0 dBA, le maximum de 55,3 dBA, la moyenne de 42,6 dBA, avec un écart-type de 10,8 dBA et la médiane de 42,4 dBA. Ainsi, le niveau de bruit dans le bureau où s'est déroulé l'examen par audiomètre portatif était jugé adéquat pour un dépistage audiométrique. Rappelons que l'examen en clinique d'audiologie a eu lieu dans une cabine insonorisée.

- Asymétrie à l'examen de dépistage par audiomètre portatif.

Parmi les 160 participants, trois (1,9 %) avaient une asymétrie de plus de 35 dB HL entre les 2 oreilles à une fréquence et quatre (2,5 %) avaient une asymétrie de plus de 20 dB HL entre les deux oreilles à trois fréquences. Au total, sept travailleurs avaient un résultat d'asymétrie à l'audiomètre portatif.

5.3 Objectif I : Comparer les seuils auditifs obtenus par l'audiomètre portatif à ceux obtenus par l'audiomètre en clinique d'audiologie

5.3.1 *Comparaison des seuils auditifs obtenus par audiomètre portatif à ceux par audiomètre en clinique d'audiologie pour chaque fréquence et pour l'oreille droite et l'oreille gauche des participants.*

Une analyse de comparaison entre les seuils auditifs obtenus par l'audiométrie portative et ceux obtenus par l'audiomètre en clinique d'audiologie est réalisée pour l'ensemble des participants. Afin d'évaluer la présence d'une relation significative entre les résultats de ces deux procédures, des tests statistiques paramétriques et non paramétriques ont été effectués. Toutefois, le test de normalité de Shapiro-Wilk effectué conclut que les données sur les seuils auditifs aux différentes fréquences ne suivent pas une distribution normale. Dans ce contexte, la médiane et les tests non paramétriques tels que le coefficient de corrélation de Spearman sont plus appropriés pour interpréter les résultats. Ainsi, la moyenne, le coefficient de Pearson et le coefficient intra-classe sont présentés à titre indicatif. Les résultats de la moyenne, l'écart type et la médiane des seuils auditifs en dB HL pour les fréquences de 500 Hz à 4000 Hz et ce, pour l'audiomètre portatif et la clinique d'audiologie autant pour l'oreille droite que l'oreille gauche de l'ensemble des 160 participants sont résumés dans le tableau 3.

On y trouve également les résultats des coefficients de corrélation de Pearson, de Spearman et le coefficient de corrélation intra-classe. À noter que les colonnes de la médiane et du coefficient de corrélation de Spearman sont présentées avec un fond vert foncé pour y attirer l'œil d'avantage. Selon le tableau 3, une corrélation positive et forte ($>0,8$) entre les seuils auditifs obtenus par audiomètre portatif et ceux obtenus par audiomètre en clinique d'audiologie est observée pour les fréquences 3 000 Hz et 4 000 Hz. Pour la fréquence de 2 000 Hz, le coefficient de Spearman est de presque 0,80 (0,79 pour oreille droite et de 0,88 pour oreille gauche).

On note également une augmentation du coefficient de corrélation avec l'élévation des fréquences mesurées. À l'inverse, la corrélation entre les seuils est plus faible pour la fréquence de 500 Hz, fréquence plus sensible au bruit ambiant.

Des graphiques de corrélation de Spearman pour chaque fréquence mesurée et pour l'oreille droite et l'oreille gauche sont présentés à l'Annexe F.

Tableau 3 - Comparaison des seuils auditifs entre clinique d'audiologie CA et audio portatif AP par fréquence. Corrélation entre CA et AP

A. Oreille droite (OD)

Variable	Fréquence	N	Moyenne	Écart-type	Médiane	Coefficient de Pearson	Coefficient de Spearman	Corrélation intra-classe
CA_OD	500 Hz	160	7,44	9,92	5,00	0,60 $p < 0,0001$	0,53 $p < 0,0001$	0,39
AP_OD			17,97	10,41	15,00			
CA_OD	1 000 Hz	160	9,25	11,52	5,00	0,84 $p < 0,0001$	0,71 $p < 0,0001$	0,77
AP_OD			14,22	11,01	10,00			
CA_OD	2 000 Hz	160	11,53	13,35	10,00	0,88 $p < 0,0001$	0,79 $p < 0,0001$	0,87
AP_OD			13,66	13,51	10,00			
CA_OD	3 000 Hz	160	16,19	15,71	10,00	0,92 $p < 0,0001$	0,89 $p < 0,0001$	0,88
AP_OD			20,75	15,99	15,00			
CA_OD	4 000 Hz	160	23,50	18,20	20,00	0,90 $p < 0,0001$	0,88 $p < 0,0001$	0,88
AP_OD			27,53	17,88	25,00			

B. Oreille gauche (OG)

Variable	Fréquence	N	Moyenne	Écart-type	Médiane	Coefficient de Pearson	Coefficient de Spearman	Corrélation interclasse
CA_OG	500 Hz	160	8,06	10,60	5,00	0,61 p< 0,0001	0,48 p< 0,0001	0,42
AP_OG			17,97	10,16	15,00			
CA_OG	1 000 Hz	160	9,63	11,90	5,00	0,86 p< 0,0001	0,73 p< 0,0001	0,81
AP_OG			13,34	10,86	10,00			
CA_OG	2 000 Hz	160	12,72	13,38	10,00	0,94 p< 0,0001	0,88 p< 0,0001	0,93
AP_OG			14,13	13,28	10,00			
CA_OG	3 000 Hz	160	19,69	17,39	15,00	0,93 p< 0,0001	0,92 p< 0,0001	0,91
AP_OG			23,25	17,78	20,00			
CA_OG	4 000 Hz	160	26,84	18,99	20,00	0,92 p< 0,0001	0,91 p< 0,0001	0,90
AP_OG			30,03	18,27	30,00			

AP : Audiomètre portatif

CA : Clinique d'audiologie

OG : Oreille gauche

OD : Oreille droite

5.3.2 Écarts entre les seuils auditifs obtenus par audiomètre portatif et ceux par audiomètre en clinique d'audiologie pour les fréquences de 500, 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz

Dans un contexte d'expérimentation en laboratoire, la variabilité test-retest de l'audiogramme est établie à environ 5 dB pour les fréquences de 500 Hz à 4 000 Hz (Hetu, 1979). En pratique, même dans des conditions optimales de mesure, l'examen audiométrique comporte une marge d'erreur aléatoire de l'ordre de 10 dB.

Dans la présente étude, les moyennes des écarts des seuils auditifs obtenus par audiomètre portatif et ceux par audiomètre en clinique d'audiologie pour les fréquences de 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz sont toutes en dessous 5 dB et ce, autant pour l'oreille droite que l'oreille gauche, tel qu'illustré dans le tableau 4 et la figure 5. La fréquence de 500 Hz étant vulnérable au bruit ambiant (Gauthier et coll. 1985) a plutôt une moyenne des écarts de l'ordre de 10 dB.

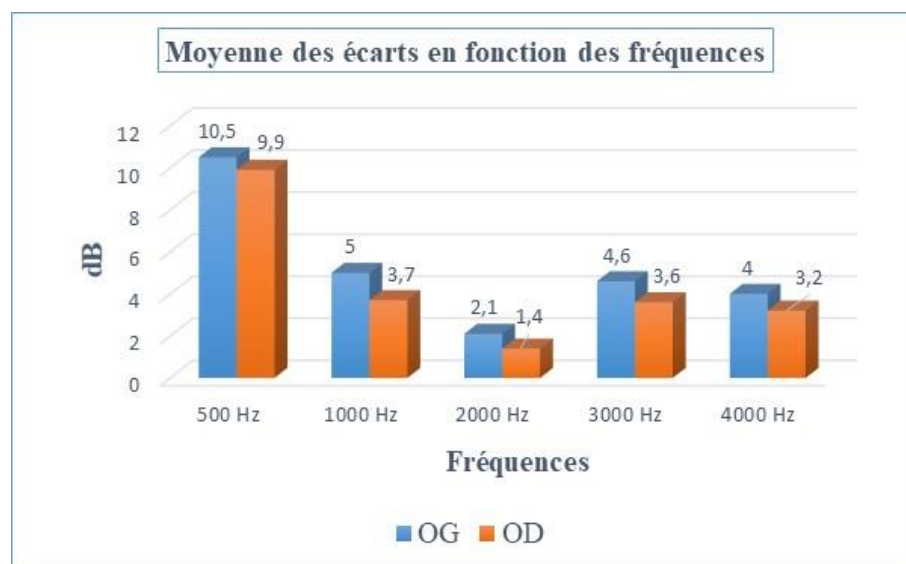
Tableau 4 - Écarts des seuils auditifs entre audiomètre portatif (AP) et clinique d'audiologie (CA) pour les fréquences de 500, 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz, par oreille (OD : oreille droite OG : oreille gauche)

Audiomètre portatif - Clinique d'audiologie						
		500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	3 000 Hz	4 000 Hz
Moyenne	OD	10,531	4,969	2,125	4,563	4,031
	OG	9,908	3,719	3,708	3,563	3,188
Écart-type	OD	9,105	6,381	6,672	6,428	8,019
	OG	9,137	6,098	4,797	6,501	7,560
Rangs_Signes (H_0 : écart = 0)	OD	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
	OG	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$

OD : Oreille droite

OG : Oreille gauche

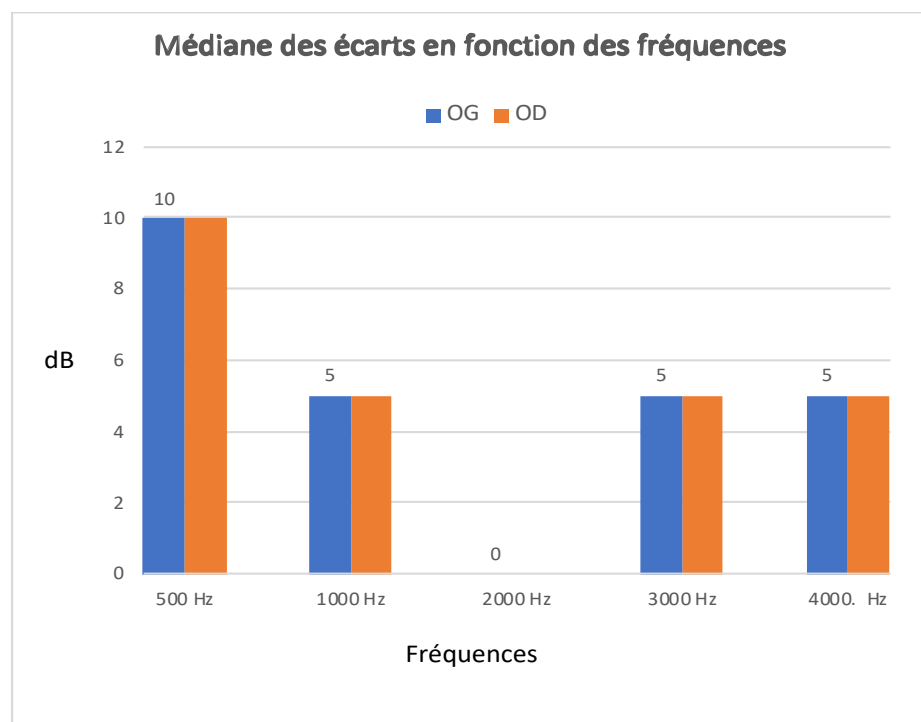
Figure 5 - Moyenne des écarts des seuils auditifs pour les fréquences 500, 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz entre audiomètre portatif (AP) et clinique d'audiologie (CA)



La médiane des écarts entre les seuils auditifs obtenus par audiomètre portatif et ceux par audiomètre en clinique d'audiologie pour les fréquences de 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz est de 5 dB ou moins (figure 6). Ces résultats sont jugés très satisfaisants.

Pour la raison mentionnée précédemment, la fréquence de 500 Hz a une médiane des écarts de 10 dB. Ce résultat reste à l'intérieur de la marge d'erreur aléatoire de l'ordre de 10 dB.

Figure 6 - Médiane des écarts entre seuils auditifs obtenus par l'audiomètre portatif et ceux par audiomètre en clinique d'audiologie pour l'oreille droite et l'oreille gauche, selon les fréquences



Écarts entre seuils auditifs = audiomètre portatif - clinique d'audiologie

Les pourcentages des écarts entre les seuils obtenus avec l'audiomètre portatif et ceux avec l'audiomètre en clinique d'audiologie (AP-CA) pour les fréquences de 1 000, 2 000 et 3 000 Hz et pour chacune des oreilles (OD et OG), présentent une concordance de plus de 90 %, selon le critère d'écart de -5 dB et +10 dB. Pour la fréquence de 4 000 Hz, la concordance des résultats est de l'ordre de 85 %. Ces constats vont dans le même sens pour le critère de -10 dB et +10 dB. Cependant, pour la fréquence de 500 Hz, la concordance des résultats est de l'ordre 65 % pour les deux critères mentionnés précédemment. Rappelons que cette fréquence est plus vulnérable au bruit ambiant (Gauthier et coll. 1985). Dans l'ensemble, la concordance pour les fréquences 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz de 85 % et plus est jugée satisfaisante.

Plus de détails sur les écarts entre les résultats obtenus par l'audiomètre portatif et ceux avec l'audiomètre en clinique d'audiologie selon différents seuils sont présentés à l'annexe G.

5.3.3 Comparaison des résultats obtenus par audiomètre portatif à ceux obtenus par audiomètre en clinique audiologie selon différentes classifications.

Comme mentionné dans la section méthodologie, trois classifications sont utilisées pour déterminer le résultat de dépistage et la performance de l'audiomètre portatif par rapport à la mesure étalon, soit l'examen audiométrique en clinique d'audiologie. Nous débutons cette sous-section par un rappel des critères des classifications utilisées dans cette étude, afin de faciliter la compréhension des résultats qui suivent.

Classification de la CNESST stade 4

Pour cette classification, un participant atteint de surdité stade 4 doit avoir une moyenne des seuils auditifs aux fréquences 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz supérieur ou égal à 30 dB HL, à l'une ou l'autre des 2 oreilles.

Classification de « material hearing impairment » de NIOSH 1997 (MHI de NIOSH)

Selon la définition de la déficience auditive significative « material hearing impairment » de NIOSH (MHI de NIOSH), un participant atteint doit avoir une moyenne des seuils auditifs aux fréquences 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz qui dépasse 25 dB HL et ce, pour chacune des deux oreilles.

Classification maison SAT Montérégie

Les critères maison SAT Montérégie stipulent qu'un participant ayant une atteinte auditive significative (due au bruit) doit avoir une somme des seuils auditifs aux fréquences de 1 000 Hz, 2 000 Hz, 3 000 Hz et 4 000 Hz supérieur ou égal à 120 dB HL à l'une ou l'autre des 2 oreilles.

Étant donné que les résultats des trois classifications mentionnées ci-dessus sont dichotomiques soit, sujet atteint ou non atteint, les moyennes, les médianes et les corrélations des seuils auditifs entre l'audiomètre portatif et celui de la clinique d'audiologie sont présentées pour l'oreille droite et l'oreille gauche séparément. En effet, le seuil par oreille est une variable continue alors que le résultat pour chacune des classifications pour les deux oreilles est dichotomique.

5.3.4 Comparaison de l'audiomètre portatif à la clinique d'audiologie selon les critères CNESST stade 4

Selon les critères de la CNESST Stade 4, la médiane des seuils auditifs à l'oreille droite est de 16,25 dB pour l'audiomètre portatif et de 10 dB pour la clinique d'audiologie. Cependant pour l'oreille gauche, la médiane est de 16,88 dB et de 11,25 dB pour l'audiomètre portatif et la clinique d'audiologie, respectivement.

Les coefficients de corrélation de Spearman sont supérieurs à 0,80 pour chacune des deux oreilles, témoignant d'une corrélation positive et importante entre l'audiomètre portatif et la clinique d'audiologie pour les critères de la CNESST Stade 4. Le tableau 5 présente des résultats plus détaillés.

Tableau 5 - Comparaison des seuils et corrélation entre clinique d'audiologie et audiomètre portatif pour les critères CNESST stade 4 pour chacune des deux oreilles séparément

Classification CNESST stade 4 : Seuils et corrélation pour oreille droite (OD)

	CNESST 4_ OD Clinique	CNESST 4 _OD Portatif
Nombre	160	160
Moyenne	12,93	18,34
Écart-type	11,38	10,91
Médiane	10,00	16,25
Pearson	0,88	p<0,0001
Spearman	0,83	p<0,0001
Corrélation intra-classe	0,77	

Classification CNESST stade 4 : Seuils et corrélation pour oreille gauche (OG)

	CNESST4_ OG Clinique	CNESST4_ OG Portatif
Nombre	160	160
Moyenne	14,31	18,87
Écart-type	11,88	10,89
Médiane	11,25	16,88
Pearson	0,91	p<0,0001
Spearman	0,88	p<0,0001
Corrélation intra-classe	0,84	

5.3.5 Comparaison de l'audiomètre portatif à la clinique d'audiologie selon les critères de NIOSH (MHI)

Comme illustré dans le tableau 6 ci-dessous, selon les critères MHI de NIOSH, la médiane des seuils auditifs est similaire pour l'oreille droite et l'oreille gauche, soit de 10 dB pour l'audiomètre portatif et de 5 dB pour la clinique d'audiologie.

Le coefficient de corrélation de Spearman est de 0,71 et 0,73 pour l'oreille droite et l'oreille gauche respectivement, témoignant d'une corrélation positive moins importante que celle des critères de CNESST stade 4.

Tableau 6 - Comparaison des seuils et corrélation entre la clinique d'audiologie et l'audiomètre portatif pour les critères NIOSH (MHI) pour chacune des deux oreilles séparément

Classification NIOSH (MHI) : Seuils et corrélation pour oreille droite (OD)

	NIOSH_OD_moy_1234K Clinique	NIOSH_OD_moy_1234K Portatif
Nombre	160	160
Moyenne	9,25	14,22
Écart-type	11,52	11,01
Médiane	5,00	10,00
Pearson	0,84	p<0,0001
Spearman	0,71	p<0,0001
Corrélation intra-classe	0,76	

Classification NIOSH (MHI) : Seuils et corrélation pour oreille gauche (OG)

	NIOSH_OG_moy_1234K Clinique	NIOSH_OG_moy_1234K Portatif
Nombre	160	160
Moyenne	9,63	13,34
Écart-type	11,90	10,86
Médiane	5,00	10,00
Pearson	0,86	p<0,0001
Spearman	0,73	p<0,0001
Corrélation intra-classe	0,81	

5.3.6 Comparaison de l'audiomètre portatif à la clinique d'audiologie selon les critères maison SAT Montérégie.

Rappelons que contrairement à la classification de NIOSH (MHI) et celle de la CNESST stade 4, la classification maison SAT Montérégie utilise la somme des seuils aux fréquences de 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz au lieu d'une moyenne. Pour calculer la moyenne, il suffit de diviser la somme par 4.

Selon les critères SAT Montérégie, la médiane des seuils auditifs à l'oreille droite est respectivement de 65 dB et de 45 dB pour l'audiomètre portatif et la clinique d'audiologie. Alors que pour l'oreille gauche, la médiane est de 65 dB et de 50 dB pour l'audiomètre portatif et la clinique d'audiologie, respectivement.

Le coefficient de corrélation de Spearman est proche de 0,90 pour chacune des deux oreilles, témoignant d'une corrélation positive et plus importante entre l'audiomètre portatif et la clinique d'audiologie pour les critères maison SAT Montérégie comparativement à ceux de la CNESST stade 4 et de NIOSH (MHI). Le tableau 7 présente des résultats plus détaillés.

Tableau 7 - Comparaison des seuils et corrélation entre la clinique d'audiologie et l'audiomètre portatif pour les critères maison SAT Montérégie pour chacune des deux oreilles séparément

Classification maison SAT Montérégie : Seuils et corrélation pour oreille droite (OD)

	CA_SAT_mont_moy_OD Clinique	AP_SAT_mont_som_OD Portatif
Nombre	160	160
Moyenne	60,47	76,16
Écart-type	51,48	50,29
Médiane	45,00	65,00
Pearson	0,92	p<0,0001
Spearman	0,89	p<0,0001
Corrélation intra-classe	0,87	

Classification maison SAT Montérégie : Seuils et corrélation pour oreille gauche (OG)

	CA_SAT_mont_som__OG	AP_SAT_mont_som__OG
Nombre	160	160
Moyenne	68,88	80,75
Écart-type	54,53	52,37
Médiane	50,00	65,00
Pearson	0,95	p<0,0001
Spearman	0,93	p<0,0001
Corrélation intra-classe	0,92	

Pour chacune des deux oreilles, la comparaison des seuils et la corrélation entre la clinique d'audiologie pour CNESST stade 4 (mesure étalon) et l'audiomètre portatif pour les critères maison SAT Montérégie est présenté à l'annexe H.

5.3.7 Différences entre les mesures obtenues par audiomètre portatif et celles par audiomètre en clinique d'audiologie selon les différentes classifications

La moyenne des écarts des seuils auditifs entre l'audiomètre portatif et la clinique d'audiologie (AP-CA) est d'au maximum 5,41 dB pour les classifications de la CNESST stade 4 et de NIOSH (MHI). Pour la classification maison SAT Montérégie les résultats des écarts sont présentés pour une somme des seuils aux 4 fréquences (1, 2, 3, 4K) et non pour une moyenne. Donc, si on divise la somme par 4, nous obtiendrons la moyenne des écarts entre audiomètre portatif et clinique d'audiologie de 3,92 ($15,69/4 = 3,92$) pour l'oreille droite et 2,97 pour l'oreille gauche ($11,88/4 = 2,97$). Le tableau 8 résume les résultats des écarts par classification.

Tableau 8 - Écarts des seuils auditifs entre audiomètre portatif et clinique d'audiologie par classification et par oreille (Portatif - Clinique)

Classification		CNESST moy 0,512 4k Portatif-Clinique	NIOSH_moy_1234K Portatif-Clinique	SAT Montérégie_ somme 1234k Portatif-Clinique
Moyenne	OD	5,41	4,97	15,69
	OG	4,55	3,72	11,88
Écart-type	OD	5,58	6,38	20,68
	OG	4,84	6,10	17,48
Test T (H_0 : écart = 0)	OD	p<0,001	p<0,001	p<0,001
	OG	p<0,001	p<0,001	p<0,001
Rangs_Signes (H_0 : écart = 0)	OD	p<0,001	p<0,001	p<0,001
	OG	p<0,001	p<0,001	p<0,001

OD : oreille droite

OG : oreille gauche

5.4 Objectif II et III : Déterminer la sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiométrie portative pour le dépistage de la surdité professionnelle

Dans cette étude, l'efficacité du dépistage par audiomètre portatif est définie par la capacité du test à identifier tous les travailleurs présentant possiblement une surdité indemnizable ou occasionnant des situations de handicap ou des besoins en réadaptation (selon la classification considérée). Toutefois, l'efficacité du test de dépistage est également prise en compte, notamment à travers l'analyse du taux de référence.

Les résultats de la performance de l'audiomètre portatif, selon chacune des classifications, sont présentés dans l'annexe I. Ainsi, pour chaque classification, les résultats du dépistage par audiomètre portatif sont croisés avec ceux obtenus en clinique d'audiologie.

Enfin, des résultats de sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiomètre portatif pour les classifications de la CNESST stade 4, de SAT Montérégie et de MHI de NIOSH sont présentés en considérant la mesure étalon soit, le critère de la CNESST stade 4 en clinique d'audiologie.

5.4.1 Déterminer la sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiométrie portative considérant le critère clinique d'audiologie CNESST stade 4 comme mesure étalon

Cet objectif est abordé selon deux approches :

- La première est l'analyse ROC des variables continues. Elle permet de caractériser la performance globale de l'audiométrie portative en comparant la classification de la CNESST stade 4 pour clinique d'audiologie (dichotomique) aux résultats de l'audiométrie portative, d'abord pour les critères maison SAT Montérégie (variable continue), puis avec les critères de NIOSH MHI (variable continue également). Les résultats sont illustrés par la courbe ROC et l'aire sous la courbe ROC (AUC) (figure 7 et 8).
- La deuxième approche est l'analyse directe de la classification de la CNESST stade 4 (clinique d'audiologie) comparé aux résultats de l'audiométrie portative pour les critères CNESST stade 4, maison SAT Montérégie puis avec les critères de NIOSH MHI, tous dichotomisés. Les résultats de la deuxième approche sont présentés dans les tableaux 9, 10 et 11.

Analyse ROC (variables continues)

La courbe ROC (Receiver Operating Characteristic) est une représentation graphique indiquant la relation existante entre la sensibilité et la spécificité d'un test pour toutes les valeurs seuils possibles. Elle est donc utile pour évaluer la précision d'un outil numérique (le test) qui serait utilisé afin de dépister un statut positif ou négatif d'une situation de référence. L'ordonnée de cette courbe représente la sensibilité et l'abscisse correspond à (1 - spécificité) (Réf. Delacour 2018).

La construction d'une courbe ROC requiert deux variables, l'une dichotomique et l'autre quantitative continue. Dans notre contexte, cette courbe aura comme objectif d'évaluer la performance de l'audiomètre portatif par rapport à la mesure étalon de la clinique d'audiologie. La courbe présentée dans les figures 7 et 8 décrit la performance de l'audiomètre portatif selon les critères maison SAT Montérégie par oreille, en comparaison avec les résultats de la clinique d'audiologie pour la classification de la CNESST stade 4 (considérée comme mesure étalon). En effet, comme le résultat de cette classification clinique pour chaque participant est dichotomique (surdité stade 4 (positif) ou non-surdité stade 4 (négatif)), le critère maison SAT Montérégie « brute » (variable continue) est étudié avec ces figures, en fonction de tous les seuils auditifs par oreille.

L'aire sous la courbe ROC (Area Under Curve = AUC) est une mesure de performance utilisée pour les problèmes de classification binaire.

Comme on utilise habituellement la moyenne afin de décrire (et résumer) un phénomène pour un groupe, cette aire sous la courbe est une mesure qui intègre la performance en Sensibilité et Spécificité pour chaque seuil auditif possible de l'audiomètre portatif, intégration qui ne produit qu'une seule information numérique. L'AUC varie de 0 à 1, dans le cas d'un test parfait, la courbe ROC passe par le point de coordonnées {0, 1} (Spécificité = 1 et Sensibilité = 1), et l'aire sous la courbe est alors évaluée à 1.

Chacune des 2 figures suivantes (7 et 8) correspond à l'aire sous la courbe ROC (AUC) lorsque les critères maison SAT Montérégie « brutes » (somme des seuils pour les 4 fréquences évaluées) à l'audiomètre portatif sont utilisés afin de prédire la classification de la CNESST stade 4 en clinique d'audiologie.

Figure 7 - Courbe ROC : clinique d'audiologie CNESST stade 4 oreille droite (dichotomique) avec audiomètre portatif somme SAT Montérégie oreille droite (continue)

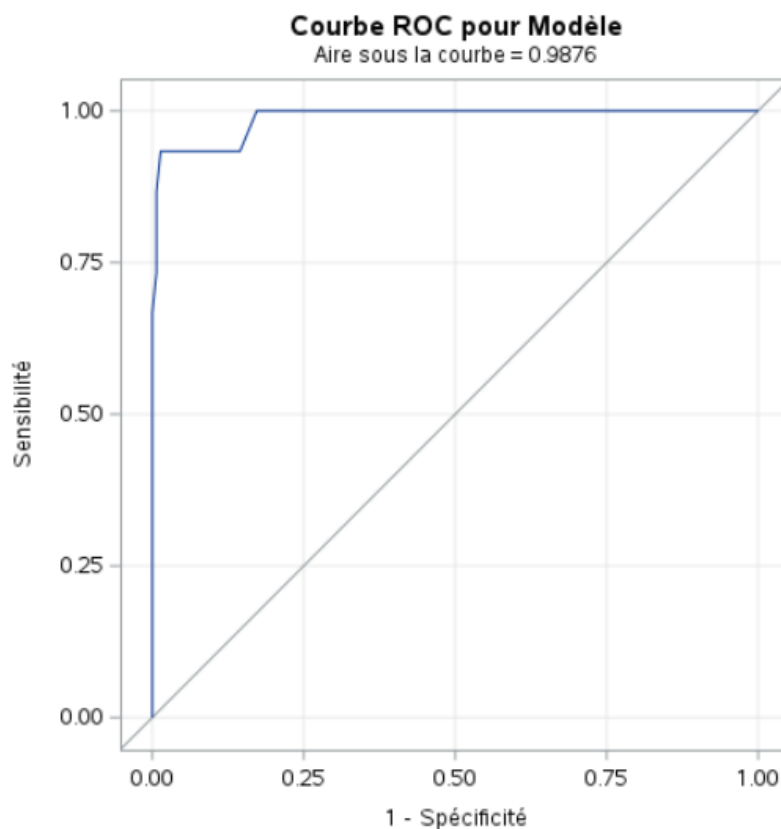
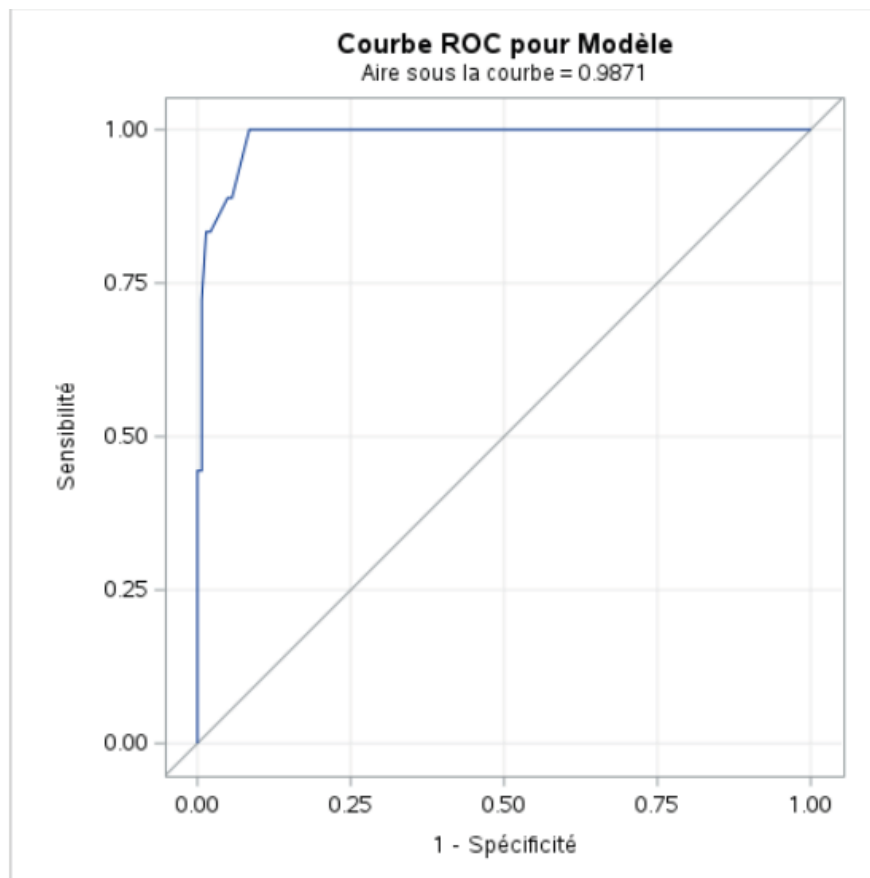


Figure 8 - Courbe ROC : Clinique d'audiologie CNESST stade 4 oreille gauche (dichotomique) avec audiomètre portatif somme SAT Montérégie oreille gauche (continue)



Pour les figures 7 et 8, l'aire sous la courbe ROC (AUC) est évaluée à 0,99 pour l'oreille droite et 0,99 pour l'oreille gauche. La performance de l'audiomètre portatif avec la classification maison SAT Montérégie est presque parfaite.

La classification maison SAT Montérégie est supérieure à celle de NIOSH (MHI) afin de prédire la classification de la CNESST stade 4 pour laquelle l'aire sous la courbe de la classification NIOSH (MHI) est de 0,92 pour l'oreille droite et de 0,92 pour l'oreille gauche.

Étude directe de la classification de la CNESST stade 4 (clinique audiologie) avec les critères de la CNESST stade 4 dichotomisée (A. Portatif). (Tableau de contingence)

Selon les critères de la CNESST stade 4 (clinique d'audiologie), 23 travailleurs sont classés atteints, c'est-à-dire qu'ils répondent à la définition de surdité possiblement indemnisable et 137 non atteints, c'est-à-dire, ont une audition classée normale ou une surdité non indemnisable. Ainsi, la prévalence de la surdité professionnelle stade 4 de la CNESST est de 14 % (23/160) (IC à 95 % : 9 - 21) dans notre échantillon.

La sensibilité, la spécificité, la VPP, la VPN et le nombre de faux positifs et de faux négatifs sont présentés dans le tableau 9 ci-dessous.

Rappelons que les faux positifs sont des résultats anormaux (positifs) à l'audiomètre portatif, mais normaux (négatifs) à l'audiomètre de la clinique d'audiologie. Cependant les faux négatifs sont définis comme normaux (négatifs) à l'audiomètre portatif, mais anormaux (positifs) à l'audiomètre de la clinique d'audiologie. Dans l'ensemble, pour les critères de la CNESST stade 4, l'audiomètre portatif montre une bonne capacité à repérer les travailleurs atteints de surdité possiblement indemnisable (stade 4 de la CNESST en clinique d'audiologie).

Tableau 9 - Tableau de contingence : Sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiomètre portatif selon la classification de la CNESST stade 4

CNESST4_AP_D_ou_G (AP : Surdité CNESST (Stade 4) pour D ou G) CNESST4_CA_D_ou_G (CA : Surdité CNESST (Stade 4) pour D ou G)				
CNESST 4 OD ou OG (A. portatif)	CNESST 4_ OD ou OG (clinique d'audiologie)			Performance
	Anormal	Normal	Total	Sensibilité : 96 %
Anormal	22	11	33	Spécificité : 92 %
Normal	1	126	127	Faux positif : 11 (33 %)
Total	23	137	160	Faux négatif : 1 (0,8 %)
				Valeur prédictive positive : 67 %
				Valeur prédictive négative : 99 %

Coefficient Phi : 0,76 $p < 0,0001$

Étude directe de la classification de la CNESST stade 4 (clinique audiologie) avec les critères maison SAT Montérégie dichotomisés (A. Portatif) (tableau de contingence)

Selon la méthode du tableau de contingence, en comparaison avec la mesure étalon (CNESST stade 4 en clinique audiologie), l'audiomètre portatif a une sensibilité de 96 %, Spécificité 85 %, VPP 52 %, VPN 99 % ainsi que 20 faux positifs et 1 faux négatif lorsque la classification SAT Montérégie dichotomisée est utilisée (pour AP).

Le tableau 10 présente la performance de l'audiomètre portatif selon la classification SAT Montérégie oreille droite ou gauche par rapport à la mesure étalon (CNESST stade 4 en clinique audiologie).

Tableau 10 - Tableau de contingence : Sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiomètre portatif selon la classification SAT Montérégie

SAT Montérégie _AP_D_ou_G (AP : Surdité SAT Montérégie pour D ou G)				
CNESST4_CA_D_ou_G (CA : Surdité CNESST (Stade 4) pour D ou G)				
SAT_montérégie D_ou_G (A. portatif)	CNESST4 D ou G (clinique d'audiologie)			Performance
	Anormal	Normal	Total	Sensibilité : 96 %
Anormal	22	20	42	Spécificité : 85 %
Normal	1	117	118	Faux positif : 20 (48 %)
				Faux négatif : 1 (0,8 %)
Total	23	137	160	Valeur prédictive positive : 52 %
				Valeur prédictive négative : 99 %

Coefficient Phi : 0,65 $p < 0,0001$

Étude directe de la classification de la CNESST stade 4 (clinique audiologie) avec les critères NIOSH (MHI) dichotomisés (A. portatif) (tableau de contingence)

Selon la méthode du tableau de contingence, en comparaison avec la mesure étalon (CNESST stade 4 en clinique audiologie), l'audiomètre portatif a une sensibilité de 78 %, Spécificité 90 %, VPP 58 %, VPN 96 % lorsque la classification NIOSH MIHI oreille droite et oreille gauche est utilisée (pour AP). À noter qu'avec cette classification le nombre de faux négatifs est de 5, soit un nombre plus élevé qu'avec les classifications maison SAT Montérégie et CNESST stade 4 (AP).

Tableau 11 - Tableau de contingence : Sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiomètre portatif selon la classification NIOSH (MHI)

NIOSH_MHI 1234k_AP_D_et_G (AP : Surdité NIOSH_MHI 1234k pour D et G) CNESST4_CA_D_ou_G (CA : Surdité CNESST (Stade 4) pour D ou G)				
NIOSH MHI 1234k OD et OG (A. portatif)	CNESST4_OD ou OG (clinique d'audiologie)			Performance
	Anormal	Normal	Total	Sensibilité : 78 %
Anormal	18	13	31	Spécificité : 90 %
Normal	5	124	129	Faux positif : 13 (42 %)
				Faux négatif : 5 (3,9 %)
Total	23	137	160	Valeur prédictive positive : 58 %
				Valeur prédictive négative : 96 %

Coefficient Phi : 0,61 $p < 0,0001$

Étude directe de la classification de la CNESST stade 4 (clinique audiologie) avec le critère : seuil supérieur ou égal à 30 dB HL à la fréquence de 500 Hz (A. Portatif).

Les raisons de l'évaluation de la performance de l'audiomètre portatif pour le seuil supérieur ou égal à 30 dB HL à la fréquence de 500 Hz sont mentionnées dans la section méthodologie (variables).

Selon la méthode du tableau de contingence, en comparaison avec la mesure étalon (CNESST stade 4 en clinique audiologie), l'audiomètre portatif a une sensibilité de 70 %, spécificité 84 %, VPP 42 %, VPN 94 % lorsque le critère seuil supérieur ou égal à 30 dB HL à la fréquence de 500 Hz à l'une ou l'autre oreille est utilisé (pour AP). À noter qu'avec ce critère le nombre de faux positifs est de 22 et de faux négatifs est de 7.

5.4.2 Résumé de la performance de l'audiométrie portative selon les différentes classifications en comparaison avec la mesure étalon (CNESST stade 4 clinique d'audiologie)

L'ensemble des résultats de sensibilité, spécificité, VPP et VPN selon différentes classifications (Audiomètre portatif par rapport à la classification CNESST stade 4 clinique d'audiologie) est résumé dans le tableau 12.

Les raisons et suivis des résultats faussement positifs à l'audiomètre portatif avec la classification CNESST stade 4 et celle de SAT Montérégie (maison) ont été documentés à partir des rapports de la clinique d'audiologie et du système d'information en santé au travail (SISAT). Ainsi, nous avons constaté que les 11 résultats faux positifs à l'audiomètre portatif avec la classification CNESST stade 4 sont également faux positifs avec la

classification maison SAT Montérégie. De plus, seulement 2 de ces faux positifs sont considérés comme réellement négatifs (normaux) par l'audiologiste. En effet, pour 9 de ces 11 résultats faussement positifs, l'audiologiste a conclu à une surdité nécessitant une prise en charge en audiologie. Ainsi, la référence en ORL pour ouverture de dossier de réclamation à la CNESST est documentée dans 5 de ces rapports d'audiologie, et le diagnostic de surdité liée au travail est documenté dans au moins deux autres rapports.

De plus, une indication d'appareillage est mentionnée dans plusieurs de ces résultats « faux positifs ». Rappelons que pour des raisons opérationnelles, la mesure étalon dans cette étude est le résultat du test audiométrique en clinique d'audiologie selon la classification CNESST stade 4. Ainsi, le statut de faux positif est déterminé sur la base des critères de seuils et de classification et non pas sur l'opinion de l'audiologiste ni de l'ORL.

Les raisons de suivis des 9 résultats de faux positifs supplémentaires et exclusifs à la classification maison SAT Montérégie ($20 - 11 = 9$) se répartissent comme suit : 3 résultats réellement normaux selon la conclusion de l'audiologiste, 6 résultats anormaux nécessitant une prise en charge en audiologie, dont 2 références en ORL pour ouverture de dossier de réclamation à la CNESST, une surdité d'origine professionnelle sans documentation de référence en ORL et une prise en charge d'acouphènes incommodants.

Tableau 12 - Résumé des résultats sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et valeur prédictive négative selon différentes classifications (Audiomètre portatif par rapport à la classification CNESST stade 4 clinique d'audiologie)

Classification Audiomètre portatif versus clinique audiologie	Sensibilité	Spécificité	Valeur Prédictive Positive	Valeur Prédictive Négative	Faux positif	Faux négatif	Coefficient Phi
CNESST4_AP_OD_ou_OG (AP : Surdité CNESST (Stade 4) pour D ou G CNESST4_CA_OD_ou_OG CA : Surdité CNESST (Stade 4) pour D ou G	96 %	92 %	67 %	99 %	11 (33 %)	1	0,76 p<0,0001
AP_SAT_Monteregie_OD ou OG (AP : SAT (somme1234K >=120) pour OD ou OG) CNESST4_CA_OD_ou_OG CA : Surdité CNESST (Stade 4) pour D ou G	96 %	85 %	52 %	99 %	20 (48 %)	1	0,65 p<0,0001
AP_NIOSH_MHI_OD et OG_1234K (AP : NIOSH Moyenne OG >=25 et Moyenne OD >=25) CNESST4_CA_OD_ou_OG CA : Surdité CNESST (Stade 4) pour D ou G	78 %	90 %	58 %	96 %	13 (42 %)	5	0,61 p<0,0001
AP anormal 500 (Portable>=30 pour au moins une oreille CNESST4_CA_OD_ou_OG CA : Surdité CNESST (Stade 4) pour D ou G	70 %	84 %	42 %	94 %	22 (58 %)	7	0,44 p<0,0001

5.5 Objectif IV : Documenter l'efficacité du dépistage par audiométrie portative par le biais du taux de référence en clinique d'audiologie

Comme mentionné dans la section de la méthodologie, le taux de référence représente un autre indicateur de performance ainsi qu'une mesure d'efficacité. Il se calcule en divisant le nombre de travailleurs qui seraient dirigés en clinique d'audiologie (suite au dépistage positif à l'audiomètre portatif) par le nombre total de travailleurs soumis au test de dépistage.

Pour les deux classifications considérées performantes (voir tableau 12), soit CNESST stade 4 et maison SAT Montérégie, les taux de références sont respectivement de 21 % et 26 %. Donc, suite au dépistage par audiomètre portatif, selon la classification de la CNESST stade 4, seulement 33 travailleurs des 160 auraient besoin d'un examen en clinique d'audiologie, tout en ne manquant qu'un seul travailleur atteint (1 faux négatif, sensibilité à 96 %). Avec la classification de SAT Montérégie, 9 travailleurs de plus seraient dirigés en clinique d'audiologie.

6 Discussion

Cette section s'ouvre sur une mise en perspective des résultats de la présente étude, en les confrontant aux données de la littérature. Afin d'en faciliter la lecture, l'ordre des résultats suit celui des objectifs. Les forces et limites de cette étude sont ensuite discutées.

6.1 Interprétation des résultats

6.1.1 *Caractéristiques des travailleurs et conditions de réalisation du dépistage*

Le nombre total de participants dans cette étude était de 160 travailleurs et travailleuses. Ces derniers provenaient des trois établissements suivants : une ville sur le territoire de la Montérégie, incluant entre autres des garages, ateliers, travaux publics, centres de tirs et pompiers. Le deuxième établissement est une usine de transformation alimentaire et le troisième est une entreprise de préservation du bois. La répartition est de 92,5 % d'hommes et 7,5 % de femmes et la moyenne d'âge est de 51,5 ans. À noter que 5,6 % des travailleurs sont âgés de 65 ans et plus. Les données sur les seuils auditifs de l'ensemble des 160 participants sont analysées. Rappelons que l'audiomètre portatif utilisé dans notre étude était le Maico MA25e.

Dans l'étude de Lambert (2001), les audiogrammes de 162 travailleurs provenant de trois établissements, soit une laiterie, une usine de transformation de la viande et un milieu d'entretien et de réparation d'autobus ont été analysés. La moyenne d'âge des participants était de 44 ans. Près de 14 % des travailleurs étaient âgés de moins de 35 ans. La répartition des participants était de 81,5 % d'hommes et de 18,5 % de femmes.

Plus de 94 % des travailleurs avaient une ancienneté de plus de 10 ans d'exposition au bruit en carrière. Dans cette étude, la comparaison des seuils a été réalisée entre l'audiomètre portatif (Maico MA19 et Beltone) et les services cliniques de dépistage (SCD) du laboratoire mobile de l'INSPQ.

Dans l'étude de Deshaies et Hallé (2019), l'évaluation des dossiers a porté sur les dépistages réalisés entre le 1er janvier 2008 et le 31 décembre 2014. Un total de 280 dossiers de travailleurs et travailleuses pour lesquels un retour d'information diagnostique avec les données audiométriques par fréquence (audiogramme clinique) était disponible. La moyenne d'âge des travailleurs évalués est de 55 ans et 3,6 % sont âgés de plus de 64 ans. L'audiomètre portatif utilisé par Deshaies et Hallé (2019) est de type Maico M25/MA 25e, soit similaire à celui utilisé dans notre étude.

Selon les données disponibles de l'évaluation du projet pilote de Montréal, 273 travailleurs et travailleuses provenant de 17 établissements ont été dépistés entre 2017 et 2018 (Vergara et Arauz. 2021).

Visagie et coll. (2015) ont réalisé leur étude auprès de 20 travailleurs agricoles dans une communauté isolée en Afrique du Sud. L'audiomètre portatif utilisé était un KUDUwave et la comparaison avec la cabine insonorisée a été réalisée pour seulement 10 participants.

Selon Wong et coll. (2003), près de 885 travailleurs du secteur des transports à Hong Kong ont participé à leur étude. L'audiomètre portatif utilisé dans les milieux de travail était de type Interacoustics AD 25 ou AD 27 et les résultats ont été comparés à ceux obtenus en cabine insonorisée.

Dans l'ensemble, le contexte des études québécoises antérieures est relativement comparable à celui de notre étude. En effet, même si les périodes à l'étude sont différentes et la répartition d'âge et des sexes des participants diffèrent quelque peu, certains milieux de travail sont semblables. De plus, l'examen du conduit auditif externe a été réalisé pour tous les participants et les audiomètres portatifs utilisés sont de la même marque, soit le Maico. Cependant, le modèle utilisé dans l'étude de Lambert (2001) est une version plus ancienne, manuelle et basique. La mesure et le suivi du bruit ambiant recommandés par NIOSH pendant le dépistage (Meinke et Martin, 2023) ne semblent être réalisés que dans notre étude.

Pour les études réalisées ailleurs dans le monde, des différences sont notables dans les types d'audiomètres portatifs évalués, les critères et seuils de positivité des tests ainsi que la population à l'étude. Dans ce contexte, il faut être prudent dans la comparaison avec ces études.

6.1.2 Objectif I : Comparer les seuils auditifs obtenus par l'audiomètre portatif à ceux obtenus par l'audiomètre en clinique d'audiologie

Dans la présente étude, une corrélation positive et forte (Coefficient de Spearman >80) entre les seuils auditifs obtenus par audiomètre portatif et ceux obtenus par audiomètre en clinique d'audiologie est observée pour les fréquences de 2 000 Hz, 3 000 Hz et 4 000 Hz, et ce, pour l'oreille droite et l'oreille gauche. Cependant, la corrélation entre les seuils est plus faible pour la fréquence de 500 Hz, plus vulnérable au bruit ambiant.

Les moyennes des écarts des seuils auditifs obtenus par audiomètre portatif et ceux par audiomètre en clinique d'audiologie pour les fréquences de 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz sont situées en dessous 5 dB et ce, autant pour l'oreille droite que pour l'oreille gauche. La fréquence de 500 Hz vulnérable au bruit ambiant a une moyenne des écarts de l'ordre de 10 dB. Dans un contexte d'expérimentation en laboratoire, la variabilité test-retest de l'audiogramme est établie à environ 5 dB pour les fréquences de 500 Hz à 4 000 Hz (Hetu, 1979). En pratique, même dans des conditions optimales de mesure, l'examen audiométrique comporte une marge d'erreur aléatoire de l'ordre de 10 dB (Gauthier et coll.1985).

Dans la présente étude, la concordance par fréquence est de 88 % à 98 %, selon le critère d'écart de 10 dB ou moins, et ce, pour les fréquences de 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz. Cette concordance est élevée. À titre de comparaison, Deshaies et Hallé (2019) rapportent une concordance par fréquence de 81 % à 88 %, selon le critère d'écart de 10 dB ou moins, pour les fréquences de 1 000, 2 000 et 4 000 Hz. Dans l'étude de Lambert (2001), 88,5 % des résultats obtenus présentent un écart situé entre - 5 dB et +10 dB pour les fréquences 1 000, 2 000 et 4 000 Hz. Pour la fréquence de 500 Hz, la concordance est moindre dans les trois études sus mentionnées (66 %, 75 % et 66 %), témoignant de sa vulnérabilité au bruit de fond.

Pour les deux classifications les plus performantes, soit CNESST stade 4 et maison SAT Montérégie, la corrélation par oreille (D et G) est positive et importante entre l'audiomètre portatif et la clinique d'audiologie. En effet, le coefficient de corrélation de Spearman est de 0,83 (OD) et 0,88 (OG) pour la classification CNESST et de 0,89 (OD) et 0,93 (OG) pour la classification maison SAT Montérégie.

La moyenne des écarts des seuils auditifs entre l'audiomètre portatif et la clinique d'audiologie (AP-CA) est respectivement de 2,97 dB à 5,41 dB pour les classifications maison SAT Montérégie (moyenne = somme÷ 4) et CNESST stade 4.

Ces résultats témoignent d'une très bonne corrélation entre l'audiomètre portatif et la clinique d'audiologie pour les différentes fréquences et classifications, à l'exception de la fréquence de 500 Hz.

Cette dernière semble effectivement influencée par le bruit ambiant, comme rapporté par Visagie et coll. (2015) ainsi qu'un audiologiste de l'INSPQ (communication personnelle Olivier Richer).

6.1.3 Objectif II et III : Déterminer la sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiométrie portative pour le dépistage de la surdité professionnelle

Compte tenu des écarts observés entre les analyses issues des courbes ROC (figures 7 et 8) et les résultats du tableau de contingence 10, il est pertinent d'en discuter l'interprétation.

Premièrement, l'analyse ROC simule, de façon continue et globale, chaque scénario de dichotomisation des résultats de l'audiomètre portatif en fonction de la classification fixe CNESST stade 4 à l'audiomètre clinique. Cependant, dans les tableaux de contingences, une seule valeur de dichotomisation (négatif/positif) de l'audiomètre portatif est comparée à l'audiomètre clinique.

Deuxièmement, ces écarts sont attendus, car l'amalgame des mesures «oreille droite positive (+)» ou «oreille gauche positive (+)» entraîne l'inclusion des cas négatifs dans la nouvelle classe « positif à au moins une oreille »³. Le même principe s'applique tant pour la classification SAT Montérégie que pour la classification CNESST stade 4 lorsque l'analyse est effectuée selon la logique « OD ou OG ». Ainsi, des écarts peuvent s'amplifier entre l'amalgame (OD ou OG) *Clinique* et l'amalgame (OD ou OG) *Portatif*.

Puisqu'il est attendu de cette étude d'identifier le test qui prédit le mieux les travailleurs qui nécessitent une référence pour un examen audiométrique plus spécialisé, le test le plus performant sera alors celui ayant une grande sensibilité et très peu de faux négatifs.

Comparativement aux classifications maison SAT Montérégie et NIOSH_MHI, l'audiomètre portatif s'avère particulièrement performant avec les critères de la classification de la CNESST stade 4. En effet, selon ce dernier critère, la sensibilité est de 96 %, la spécificité de 92 %, la VPP de 67 %, la VPN de 99 %, le nombre de faux positifs de 11 et 1 seul faux négatif.

Avec un nombre de résultats faussement négatifs de 5 et une sensibilité de 78 %, la classification de NIOSH_MHI, attribue à l'audiomètre portatif une performance moindre.

La classification maison SAT Montérégie pour l'audiomètre portatif a une sensibilité, une VPN et un nombre de faux négatifs similaires à ceux de la classification CNESST stade 4. Cependant, avec 20 résultats faussement positifs, la spécificité et la VPP sont moins élevées (85 % et 52 % respectivement).

Donc, la performance de l'audiomètre portatif avec la classification de la CNESST stade 4 et celle de SAT Montérégie est acceptable dans le contexte de dépistage sans cabine insonorisée et dans un milieu « de type bureau ».

Dans l'étude de Lambert (2001), la meilleure performance de l'audiomètre portatif est obtenue avec le critère de positivité fixé à une perte de 30 dB ou plus à l'une ou l'autre des oreilles à 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz. Cette classification donnait une sensibilité de 100 %, une spécificité de 58 %, 54 faux positifs et 0 faux négatif.

³ « Positif à au moins une oreille » voir les exemples suivants

D	G	« D ou G »	
+	+	donc +	(positif aux 2 oreilles)
+	-	donc +	(positif à une oreille l'autre est négative)
-	+	donc +	(positif à une oreille l'autre est négative)
-	-	donc -	(négatif aux 2 oreilles)

Ce qui correspond à un faux négatif de moins, mais de 34 à 43 faux positifs de plus que dans notre étude. Dans les études de Deshaies et Hallé (2019) et Boughanem et coll. (2025), puisque seuls les tests positifs à l'audiomètre portatif sont dirigés en clinique d'audiologie et au besoin à l'ORL, ce type de devis ne permettait pas de calculer une sensibilité ni une spécificité.

Dans notre étude, la VPP est de 67 % pour la classification CNESST stade 4 et de 52 % pour celle de SAT Montérégie. Ces résultats de VPP relativement faibles signifient que le dépistage par audiomètre portatif engendre une proportion non négligeable de faux positifs avec ces deux classifications, ce qui peut entraîner des références en clinique d'audiologie non nécessaires. Cela dit, dans le contexte de dépistage de surdité professionnelle, les conséquences des faux positifs se limitent le plus souvent à un surcroît d'évaluations, de temps et de coûts et sont généralement moins préoccupantes comparativement à des dépistages d'autres maladies telles que le cancer du sein. En effet, l'enjeu prioritaire est de ne pas manquer les travailleurs nécessitant une prise en charge, c'est-à-dire de minimiser les faux négatifs.

La VPN dans notre étude est excellente, soit de 99 % avec les classifications CNESST stade 4 et SAT Montérégie. Cela signifie que le dépistage par audiomètre portatif engendre très peu de faux négatifs avec l'une ou l'autre de ces deux classifications. Ainsi, parmi les travailleurs potentiellement admissibles à la réadaptation ou indemnisation, très peu risquent de ne pas être identifiés par ce dépistage.

Dans l'étude de Lambert (2001), avec la classification retenue (une perte de 30 dB ou plus à l'une ou l'autre des oreilles aux fréquences 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz), la VPP de 38 % est encore plus faible, mais la VPN de 100 % est excellente.

Les VPP présentes dans notre étude et celle de Lambert (2001) semblent plus faibles que celles rapportées dans les études de Deshaies et Hallé (2019) et de Boughanem et coll. (2025) qui sont respectivement de 87,3 % et de 91 %. Une des hypothèses pourrait être une prévalence de la surdité professionnelle différente entre ces études. En effet, lorsque la prévalence est élevée, la VPP est également élevée. La prévalence de la surdité professionnelle stade 4 de la CNESST est de 14 % (23/160) dans notre étude. Cependant, aucune valeur de prévalence n'est pas mentionnée dans les études de Lambert (2001), Deshaies et Hallé (2019) et Boughanem et coll. (2025). Une autre hypothèse serait en lien avec l'utilisation de mesures étalons différentes entre les études. En effet, pour le calcul de la VPP, le statut de faux positif était déterminé sur la base des critères de seuils audiométriques et de classification dans notre étude et celle de Lambert (2001) alors que Deshaies et Hallé (2019) et Boughanem et coll. (2025) ont plutôt utilisé les rapports d'audiologistes et/ou d'ORL.

Selon Reitsman et coll. (2009), l'utilisation d'une norme de référence (mesure étalon) alternative définira la condition cible d'une manière différente. Ainsi, il est attendu que les estimations issues d'études utilisant des normes de références différentes sont susceptibles de différer des estimations d'études avec vérification complète par la vraie mesure étalon (Reitsman et coll. 2009).

D'autre part, notre étude a illustré que l'analyse basée sur la seule comparaison des seuils audiométriques est marquée par plus de faux positifs que celle basée sur les rapports d'audiologie, ce qui aurait pu sous-estimer notre VPP. En effet, comme illustré dans la section des résultats du présent rapport (Résumé de la performance de l'audiométrie portative selon les différentes classifications en comparaison avec la mesure étalon), sur les 11 résultats faux positifs dans la classification CNESST et maison SAT Montérégie, 9 sont considérés comme de vrais positifs dans les rapports de l'audiologiste. Comme la formule de la $VPP = VP / (VP + FP)^4$ la surestimation du nombre de faux positifs (11 au lieu de 2) dans le dénominateur, entraîne une sous-estimation de la VPP, ce qui pourrait expliquer pourquoi la VPP est plus basse dans notre étude. À noter que dans les études de Deshaies et Hallé (2019) et Boughanem et coll. (2025), les rapports n'étaient pas disponibles pour près de 31 % de travailleurs dirigés en audiologie, ce qui aurait pu surestimer leur VPP.

Concernant la performance de l'audiomètre portatif selon la classification de la CNESST stade 4 par rapport à celle de maison SAT Montérégie (même sensibilité et même nombre de faux négatifs, mais spécificité de 92 % contre 85 %), parmi les 20 résultats faux positifs obtenus avec classification SAT Montérégie, le recours à la référence en clinique d'audiologie semble présenter une valeur ajoutée.

En effet, 15 travailleurs sur 20 ont bénéficié d'une prise en charge en clinique d'audiologie dont au moins 7 orientés en ORL pour ouverture d'un dossier de réclamation à la CNESST. Parmi les 8 autres travailleurs (15 - 7 = 8), plusieurs ont été pris en charge pour du soutien à la réadaptation (ex. : appareillage, prise en charge d'acouphènes).

Comparativement aux trois classifications utilisées dans notre étude, la performance de l'audiomètre portatif pour le seuil supérieur ou égal à 30 dB HL à la fréquence isolée de 500 Hz à l'une ou l'autre des oreilles semble moindre. En effet, avec ce critère, l'audiomètre portatif a une sensibilité de 70 %, spécificité de 84 %, VPP de 42 %, VPN de 94 % et engendre 7 faux négatifs et 22 faux positifs. Avec une sensibilité de 70 % et 7 faux négatifs, des travailleurs potentiellement admissibles à la réadaptation ou l'indemnisation pourraient ne pas être identifiés par ce dépistage.

⁴ VP = vrai positif
FP = Faux positif

De plus, dans l'analyse de comparaison entre les seuils auditifs obtenus par l'audiométrie portative et ceux obtenus par l'audiomètre en clinique d'audiologie (objectif I), la corrélation entre les seuils était la plus faible pour la fréquence de 500 Hz. En effet, le coefficient de corrélation de Spearman était de 0,48 à 0,53 pour 500 Hz et de 0,79 et plus pour les fréquences 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz. D'autres études ont également rapporté la faible corrélation à la fréquence 500 Hz (Deshaies et Hallé, 2019, Gauthier et coll. 1985, Lambert, 2001, Visagie et coll. 2015 et Wong et coll. 2003). Au regard de ces constats, le maintien de ce critère basé sur la seule fréquence de 500 Hz apparaît discutable. D'autant plus que l'atteinte isolée aux basses fréquences est très peu en lien avec la surdité professionnelle.

Concernant la comparaison de nos résultats avec les études réalisées ailleurs dans le monde, il est important de rappeler que seules les études de Visagie et coll. (2015) et de Wong et coll. (2003) ont été réalisées spécifiquement dans un contexte de travailleurs. Cependant, aucune de ces deux études n'a documenté la sensibilité, la spécificité, la VPP ni la VPN, raison pour laquelle, ces études ne sont pas rapportées dans cette section et ne se retrouvent pas dans l'annexe C.

Les études de Cardoso et coll. (2014), Karlsmose et coll. (1998) et Wang et coll. (2002), réalisées respectivement au Brésil, Danemark et au Taiwan ont étudié les propriétés psychométriques d'audiomètres portatifs auprès de populations générales adultes âgées de 19 à 86 ans. Toutefois, même si ces travaux ont comparé le dépistage par audiomètres portatifs en milieu non insonorisé avec l'audiométrie en cabine insonorisée, elles n'ont pas été réalisées dans un contexte de santé au travail. De plus, les audiomètres portatifs évalués étaient le HearCheck Screener, l'Interacoustics AS15 ainsi qu'un audiomètre portatif de type « Pure Tone », tous différents du modèle utilisé dans notre étude (MAICO). Enfin, les critères de positivité des tests étaient largement différents de ceux utilisés au Québec.

Les résultats de ces trois études ont montré une excellente performance des audiomètres portatifs avec une sensibilité allant de 82 % à 100 %, une spécificité de 74 % à 99 %, une VPP de 75 à 90 % et une VPN de 98 % à 100 %.

Cependant, les différences mentionnées précédemment entre ces études et le contexte du dépistage de la surdité professionnelle au Québec, appellent à la prudence dans la comparaison entre ces études et la nôtre.

6.1.4 *Objectif IV : Documenter l'efficacité du dépistage par audiométrie portative par le biais du taux de référence en clinique d'audiologie*

Pour la mesure d'efficacité, les taux de références pour les deux classifications considérées performantes, soit CNESST stade 4 et SAT Montérégie sont respectivement de 21 % et 26 %. Ces derniers se comparent à la marge supérieure du taux annuel de référence dans l'étude de Deshaies et Hallé (2019), qui varie de 7 à 21 %. À noter que Lambert (2001) a conclu à un taux de référence de l'ordre de 44 à 54 %. Il serait intéressant de connaître le devenir des travailleurs référés. Cependant, avec une spécificité de 58 %, une certaine proportion de ces références le serait pour de faux positifs.

En comparaison avec une stratégie consistant à orienter systématiquement en clinique d'audiologie l'ensemble des travailleurs exposés au bruit, ou près de la moitié d'entre eux, comme dans l'étude Lambert (2001), les résultats de notre étude semblent prédire un gain d'efficacité intéressant avec l'audiomètre portatif.

6.2 Forces et limites de l'étude

Forces

Cette étude est à notre connaissance, une des rares, et la première au Québec, à avoir évalué la validité de l'audiomètre portatif (sensibilité, spécificité, VPP et VPN) dans le dépistage de la surdité professionnelle, tout en utilisant les audiogrammes cliniques comme mesure étalon. Avec l'arrêt des services cliniques de dépistage de la surdité professionnelle de l'INSPQ, cette étude représente un potentiel pour aider les régions dans leur réflexion à adopter une stratégie utilisant l'audiomètre portatif. Elle renseigne également les régions utilisant déjà l'audiomètre portatif sur sa performance en fonction de différents critères. De plus, notre étude utilise une double stratégie, soit une comparaison des seuils auditifs obtenus au dépistage avec ceux en clinique d'audiologie ainsi qu'une stratégie basée sur trois classifications différentes, dont deux proviennent d'organismes reconnus (NIOSH et CNESST).

La démonstration de la bonne performance de l'audiomètre portatif avec les deux stratégies et des classifications différentes témoigne de la robustesse de nos résultats. La documentation supplémentaire des résultats des faux positifs par les rapports d'audiologie est un atout non négligeable. Cependant, il serait pertinent de compléter un jour cette documentation par les rapports ORL.

Bien que la taille de notre échantillon soit inférieure à celle prévue initialement (160 travailleurs au lieu de 195), nos différents résultats sont statistiquement significatifs. Rappelons que pour chaque participant, les seuils sont mesurés pour chacune des deux oreilles (droite et gauche), ce qui correspond à 320 oreilles (160 x 2) analysées.

Le fait d'avoir réalisé le test de dépistage à l'audiomètre portatif le même jour que celui de la clinique d'audiologie diminue le risque d'un changement dans la condition auditive entre les deux tests.

Le respect des critères provinciaux d'admissibilité au dépistage de la surdité professionnelle rend nos résultats généralisables à d'autres régions du Québec.

Limites

Bien que différents milieux de travail aient participé à l'étude, ils ne représentent pas la grande diversité des établissements de la Montérégie. L'échantillon de convenance et le refus de participation de plusieurs employeurs pourraient représenter un biais de sélection potentiel. La comparaison des caractéristiques des milieux participants avec celles des non-participants aurait été une bonne stratégie, cependant, elle n'a pas pu être réalisée.

Afin d'accommoder les milieux de travail participants, nous n'avons pas pu évaluer les impacts de l'absence de repos auditif ni des environnements plus bruyants sur la performance de l'audiomètre portatif. Cependant, le dépistage par cet outil s'est déroulé dans des bureaux administratifs où le passage des individus dans les corridors, leurs discussions ainsi que la ventilation pouvaient générer du bruit. L'utilisation des affiches et des mesures sonométriques et/ou dosimétriques le long du dépistage a permis de s'assurer du maintien de niveau de bruit à moins de 55 dBA, conformément à la norme ANSI S3.1 émise par l'American National Standard (2003). Pour le niveau de bruit ambiant, nos résultats peuvent donc être généralisés au dépistage dans des locaux respectant cette norme.

Le fait que le dépistage à l'aide de l'audiomètre portatif ait systématiquement précédé l'examen à l'audiomètre clinique lors d'une même journée peut avoir induit un biais d'accoutumance ou d'apprentissage. La familiarisation préalable des participants avec la tâche audiométrique est susceptible d'avoir amélioré artificiellement leurs performances lors du second examen, réalisé en conditions cliniques. Cette séquence pourrait ainsi avoir favorisé l'audiogramme clinique et, par conséquent, conduit à une sous-estimation des performances réelles de l'audiomètre portatif.

Pour des raisons opérationnelles et de délais, la mesure étalon correspond au diagnostic audiométrique en clinique d'audiologie basé sur les seuils et non pas sur des rapports détaillés de confirmation de l'audiologiste ni de l'ORL. Cependant, les rapports détaillés de l'audiologiste ont été consultés pour les cas de résultats faux positifs.

Afin de diminuer les biais de classification, pour les résultats de faux positifs, une double vérification des résultats des seuils audiométriques est réalisée.

En effet, les données du formulaire de l'audiologiste sont comparées avec celles saisies par les infirmières dans la banque de données (section résultats de la clinique d'audiologie). Ainsi, le taux d'erreurs identifié de 1 % est faible (2 erreurs sur 200 données saisies).

Finalement, d'autres études sont nécessaires pour évaluer l'impact de l'absence de repos auditif sur la performance du dépistage par audiomètre portable.

6.3 Retombée

Ce projet a permis de répondre aux questionnements de l'équipe de Santé au travail de la DSPu de la Montérégie sur la validité de l'audiomètre portable, utilisé depuis 2022 dans la région. Compte tenu des résultats de cette étude, l'équipe SAT de la Montérégie pourra prendre une décision éclairée sur le choix de la classification à utiliser, dans le but d'améliorer sa pratique de dépistage de la surdité professionnelle.

Comme mentionné précédemment, la diffusion de cette étude au niveau provincial permettra de répondre aux questionnements des différentes équipes régionales de SAT, particulièrement, celles qui utilisent l'audiomètre portable ou envisage de le faire.

Les résultats de notre étude ont été partagés avec le groupe de travail de l'Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS), responsable de la production de l'avis de pertinence du dépistage de la surdité professionnelle.

Enfin, la publication d'un article scientifique est planifiée afin de contribuer au partage de connaissances scientifiques sur ce sujet peu étudié.

Conclusion

Selon les résultats de cette étude, l'audiomètre portatif présente une validité satisfaisante en tant qu'instrument de dépistage de la surdité professionnelle.

Les deux classifications pour lesquelles l'audiomètre portatif est le plus performant sont les suivantes :

1. CNESST stade 4 avec une sensibilité de 96 %, une spécificité de 92 %, une VPP de 67 %, une VPN de 99 %, 11 faux positifs, 1 faux négatif et un taux de référence de 21 %.
2. Maison SAT Montérégie avec une sensibilité de 96 %, une spécificité de 85 %, une VPP de 52 % et une VPN de 99 %, 20 faux positifs, 1 faux négatif et un taux de référence de 26 %.

La classification de la CNESST stade 4 semble avoir une performance légèrement meilleure que celle de Maison SAT Montérégie. De plus, elle a l'avantage d'inclure la fréquence 500 Hz dans le calcul. Ce qui permettra à l'équipe de Santé au travail de la Montérégie de ne plus considérer le critère de référence à la fréquence 500 Hz isolée.

Cependant, l'objectif de la classification CNESST stade 4 est d'identifier les travailleurs dont la surdité pourrait être admissible à une indemnisation au Québec, alors que la classification maison SAT Montérégie permettrait d'identifier des situations de handicap ou des besoins en réadaptation, qu'ils soient ou non admissibles à une indemnisation par la CNESST. En effet, avec la classification SAT Montérégie, la référence en clinique d'audiologie de plusieurs faux positifs semble avoir constitué une valeur ajoutée. Ainsi, parmi les 20 résultats classés faux positifs, 15 travailleurs ont bénéficié d'une prise en charge en clinique d'audiologie.

En comparaison avec une stratégie consistant à orienter systématiquement l'ensemble des travailleurs exposés au bruit vers la clinique d'audiologie, le dépistage par audiomètre portatif semble plus efficient. Ne pas offrir de dépistage de la surdité professionnelle priverait un nombre non négligeable de travailleurs d'un soutien à la réadaptation et à l'indemnisation.

D'autres études seront nécessaires pour documenter l'impact du dépistage sur la sensibilisation des employeurs et des travailleurs, ainsi que sur la qualité de vie de personnes atteintes de surdité professionnelle.

Recommandations

À la lumière des résultats et constats de cette étude, et dans l'attente de l'avis de l'INESSS sur la pertinence du dépistage de la surdité professionnelle, il est recommandé de :

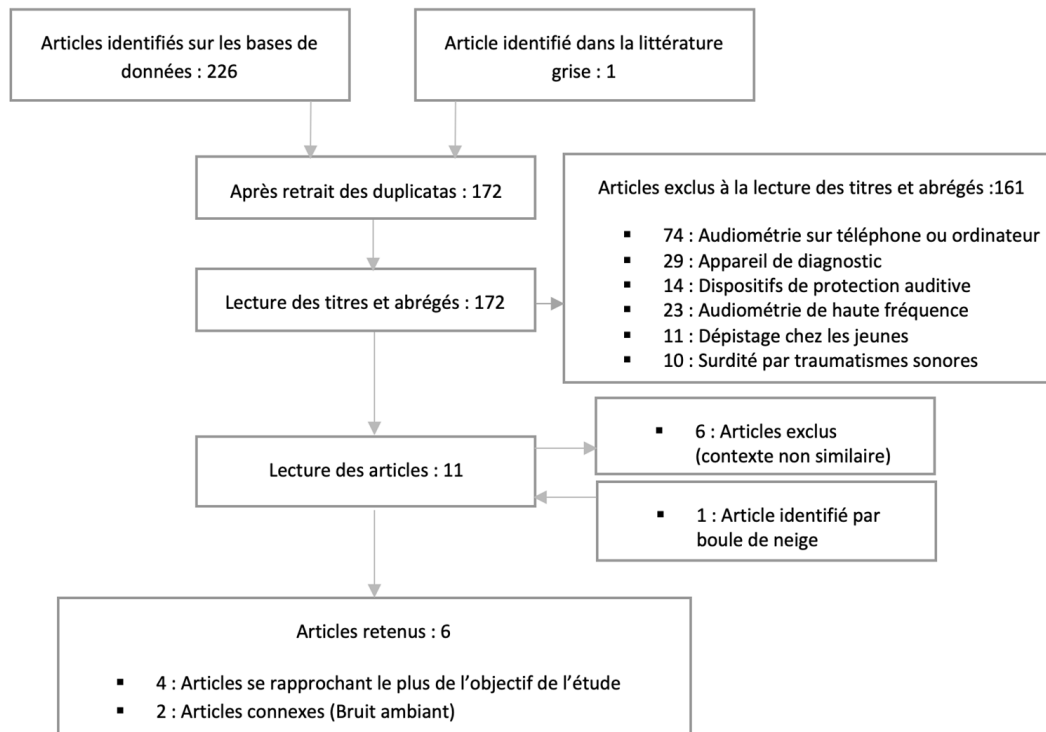
- Maintenir l'utilisation de l'audiomètre portatif dans le cadre des activités de dépistage;
- Conserver le respect des critères d'admissibilité du Guide concernant l'utilisation des examens audiométriques dans le réseau public de santé au travail;
- Compte tenu de l'information issue de la révision des faux positifs, de l'imminence de l'avis de l'INESSS et du fait que les différences de performance entre les deux classifications demeurent limitées, on maintiendrait la classification Montérégie pour le moment, en continuant de suivre de près les résultats incluant des milieux de travail plus diversifiés.

Annexe A - Stratégie de recherche par mots-clés utilisés pour identifier les écrits scientifiques pertinents



Concept 1	ET	Concept 2		Concept 3		Concept 4
Surdité		Validité du test		Audiométrie portative		Dépistage
Occupational deafness; Hearing loss; Noise induced hearing loss; Deafness; Hearing-impaired.		Validity; Accuracy; Efficacy; Reliability; Sensibility; Specificity.	ET	Portable audiometer; Mobile audiometry; Portable screening audiometer; Portable diagnostic audiometer; Booth-less audiometer.	ET	Screening; Diagnosis; Test; Exam; Early detection; Monitor; Assess.

Annexe B - Diagramme de flot (Selon les recommandations de Moher et al. (2009))



Annexe C - Revue des articles pertinents

Auteur, pays	Karlsrose et al. (1998), Danemark	Lambert (2001), Canada	Wang et al. (2002), Taiwan	Cardoso et al. (2014), Brésil
Objectifs	1) Validité de l'audiométrie sans cabine insonorisée contre la mesure étalon 2) Comparaison de différents seuils	1) Validité de critère d'un audiomètre portatif 2) Comparaison de différents critères de positivité	1) Validité de critère de deux types d'audiomètre portatif contre la mesure étalon	1) Validité de critère d'un audiomètre portatif 2) Comparaison de différents seuils de positivité
Devis, population	Étude de validation croisée en simple aveugle. 119 participants. Âge entre 25 et 60 ans	Étude exploratoire, 203 Travailleurs	Étude de cohorte prospective, 64 vétérans	Étude transversale, 55 participants, dont 83,6 % sont des femmes
Instruments de mesure	1) Audiomètre de type Interacoustics AS15 2) Audiomètre certifié en clinique d'audiologie (ISO1989)	1) Audiomètres Maico MA19 et Beltone 2) SCD	1) Audiomètre portatif de type « Pure Tone » 2) Audiomètre portatif de type DPOAE	1) Audiomètre portatif de type « Pure Tone »; 2) HearCheck Screener; 3) Audiomètre certifié en clinique d'audiologie
Principaux résultats	Trois critères de déficience auditive : Sensibilité (82-100 %), spécificité (95-99%) ; VPP (75-90%) et VPN (98-100%)	1 ^{er} critère : sensibilité de 100 % et spécificité de 58 % 2 ^e critère : sensibilité de 97 % et spécificité de 71 %	1) « Pure Tone » : sensibilité de 91,8 à 98,5 % et spécificité de 91,7 à 98,5 %; Kappa de Cohen de 0,79 à 0,93. 2) DPOAE : sensibilité de 88,0 à 96,3 % et spécificité de 62,3 à 86,8 %;	1) Critères de positivité du manufacturier : sensibilité de 26,3 % et spécificité de 100 % 2) Critères maison : sensibilité de 94,7 % et spécificité de 74,3 %
Limites	1) Contexte plus généraliste. Population adulte mais pas nécessairement des travailleurs exposés au bruit.	1) Comparaison n'est pas faite avec la mesure étalon	1) Critères de positivité différents de ceux en vigueur au Québec	1) Évaluation d'un appareil dont le protocole est différent de la mesure étalon, comparaison de données brutes est impossible 2) Population adulte mais pas nécessairement des travailleurs exposés au bruit.

Annexe D - Lettre de recrutement

Centre intégré
de santé et de
services sociaux de
la Montérégie-Centre

Québec



UdS Université de
Sherbrooke

[Nom de l'Employeur] / [Nom de l'Entreprise/Organisation]
[Adresse de l'Entreprise/Organisation]
[Ville, Code Postal]

Objet : Sollicitation de collaboration pour un projet de recherche sur le dépistage de la surdité professionnelle

Bonjour,

Mon nom est [Mariem Jallouli] de la direction de santé publique de la Montérégie. Nous collaborons à un projet mené en partenariat avec l'université de Sherbrooke et l'équipe santé au travail de la Montérégie sur le dépistage de la surdité professionnelle.

Pour ce projet, en complément des tests de dépistage de la surdité professionnelle par le biais de l'audiomètre portatif prévus pour vos employés éligibles à l'automne 2023, nous souhaiterions leur proposer, sans aucun frais, des examens audiologiques de confirmation réalisés dans une cabine insonorisée au sein d'une clinique spécialisée en audiologie.

L'objectif de ce projet de recherche est d'évaluer si les audiomètres portatifs utilisés actuellement sur les lieux de travail depuis l'arrêt des services de dépistage par l'unité mobile provinciale, sont précis. Les résultats du projet permettront d'améliorer nos pratiques dans le cadre de la surveillance de la surdité professionnelle.

Pour cela, nous sollicitons votre collaboration pour participer à cette recherche et libérer les travailleurs pour effectuer les deux tests sans que cela n'entraîne une diminution de leur salaire. Nos infirmières seront sur les lieux de l'entreprise pour réaliser le test de dépistage (environ 20 -30 min), qui se fera par audiométrie portative. Après le dépistage, les travailleurs seront référés pour un examen complet en clinique d'audiologie d'une durée de 1h à 1h30.

Grâce à notre nouvelle méthode de dépistage utilisant l'audiomètre portatif, la durée du test a été considérablement raccourcie. Par conséquent, la confirmation dans la clinique d'audiologie, dans le cadre de notre projet de recherche, n'impliquera pas une augmentation significative du temps de libération des travailleurs par rapport à nos procédures des années précédentes.

Votre contribution dans ce projet est essentielle pour que nous puissions comparer les résultats de l'audiomètre portatif à ceux de la clinique d'audiologie et donc évaluer ces audiomètres portatifs dans le contexte du dépistage de la surdité professionnelle en Montérégie. Une collaboration entre votre entreprise et notre équipe de recherche aurait un impact significatif sur les pratiques de dépistage et de prévention de la surdité professionnelle, et permettrait aux participants d'obtenir un bilan complet de leur santé auditive.

Toutes les informations collectées seront anonymes et la participation de votre entreprise à cette étude sera traitée de manière confidentielle. Lors des présentations des résultats, aucune donnée ne pourra permettre l'identification de l'entreprise ou des travailleurs.

Si vous avez des questions en lien avec le projet, vous pouvez communiquer avec moi ou avec l'infirmière de l'équipe santé au travail :

Mariem Jallouli : mariem.jallouli.med@ssss.gouv.qc.ca
Nom de l'infirmière : [Adresse courriel de l'infirmière]

Veuillez agréer, cher [Nom de l'Employeur], l'expression de mes salutations distinguées.

Annexe E - Grille de collecte des données

Section données sociodémographiques

Nom de l'établissement										
#	No dossier	Niveau d'exposition en dBA selon l'évaluation environnementale	NAM	Nom du travailleur	Âge (année)	Sexe	ATCD de trouble de l'audition (Si Autre indiquer observations dans commentaires)	Durée de repos sonore en (heure)	Durée d'exposition au bruit avec port des EPI en (min)	Participe au projet de recherche et référé en clinique audio
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Section audiomètre portatif

Examen CAE (Si anormal indiquer observations dans commentaires)	Moyenne du bruit ambiant pendant le test audiométrique	Date d'examen			Oreille droite						Oreille gauche								
		Année	mois	jour	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	Somme	500Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	Somme			
										0								0	
										0								0	
										0								0	
										0								0	
										0								0	
										0								0	
										0								0	
										0								0	
										0								0	
										0								0	

Section audiométrie en clinique d'audiologie

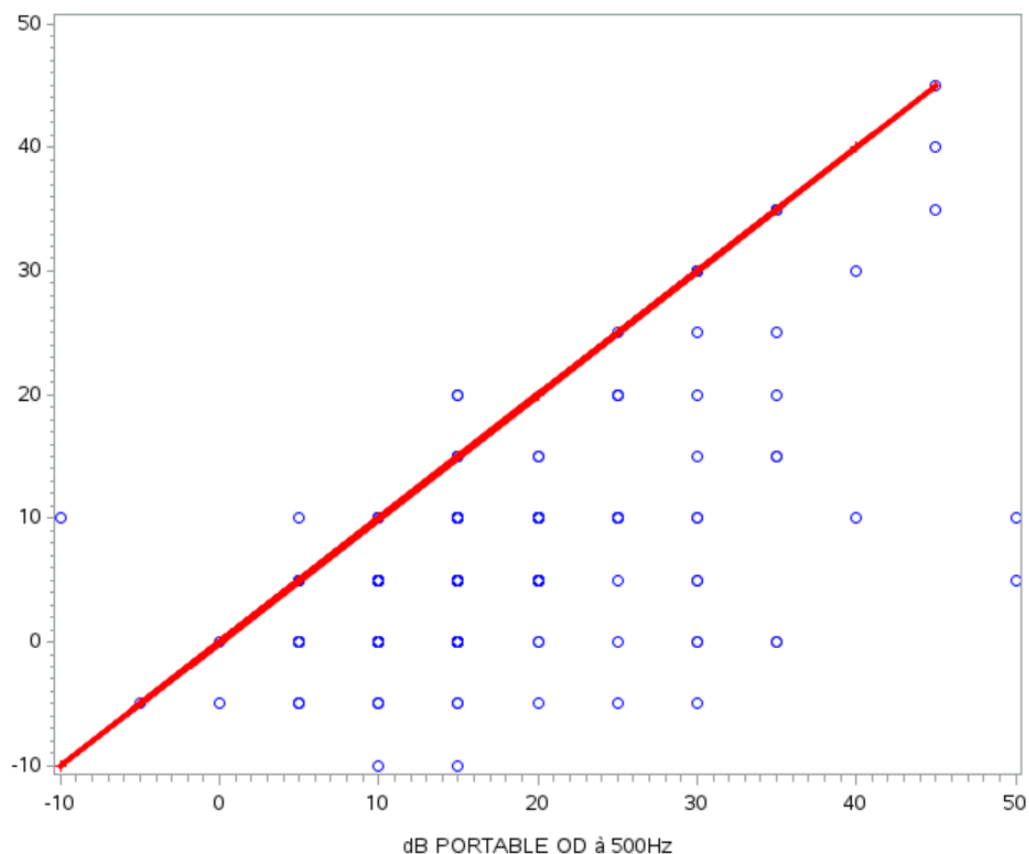
Données de l'audiologiste													Commentaires
Oreille droite					Somme	Oreille gauche					Somme		
500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz		500Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz			
					0						0		
					0						0		
					0						0		
					0						0		
					0						0		
					0						0		
					0						0		
					0						0		
					0						0		

Annexe F - Comparaison des seuils auditifs obtenus par audiomètre portatif à ceux par audiomètre en clinique d'audiologie pour chaque fréquence et pour l'oreille droite et l'oreille gauche des participants.

Objectif 1.1: Comparer cli=CA_OD_500Hz et por=AP_OD_500Hz Représentation entre CA(clinique) et AP(portatif) Avec droite d'égalité entre CA et AP

Variable	Fréquence	N	Moyenne	Écart-type	Médiane	Pearson	Spearman
CA_OD	500 Hz	160	7.438	9.921	5.000	0.600 <.0001	0.527 <.0001
AP_OD			17.969	10.405	15.000		

OD à 500 Hz



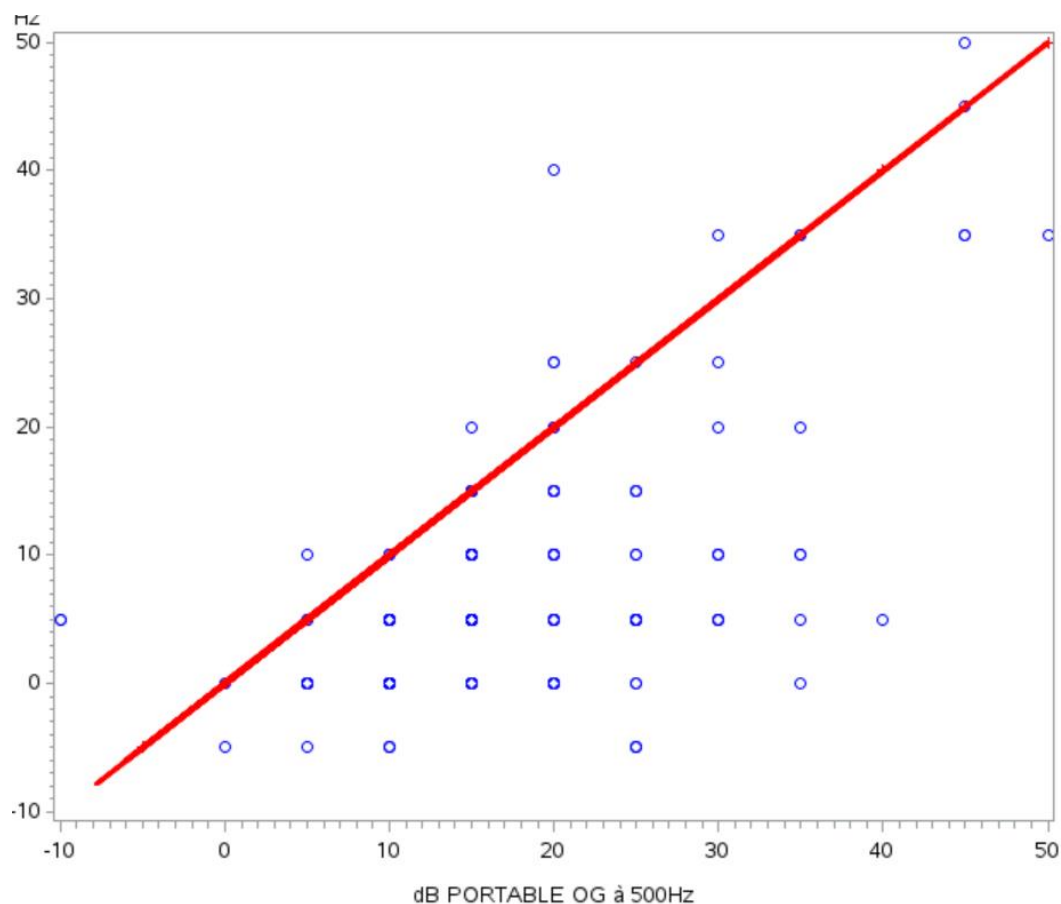
Objectif 1.1: Comparer cli=CA_OG_500Hz et por=AP_OG_500Hz

Représentation entre CA(clinique) et AP(portatif)

Avec droite d'égalité entre CA et AP

Variable	Fréquence	N	Moyenne	Écart- type	Médiane	Pearson	Spearman
CA_OG	500 Hz	160	8.062	10.595	5.000	0.613	<.0001
AP_OG			17.969	10.161	15.000		

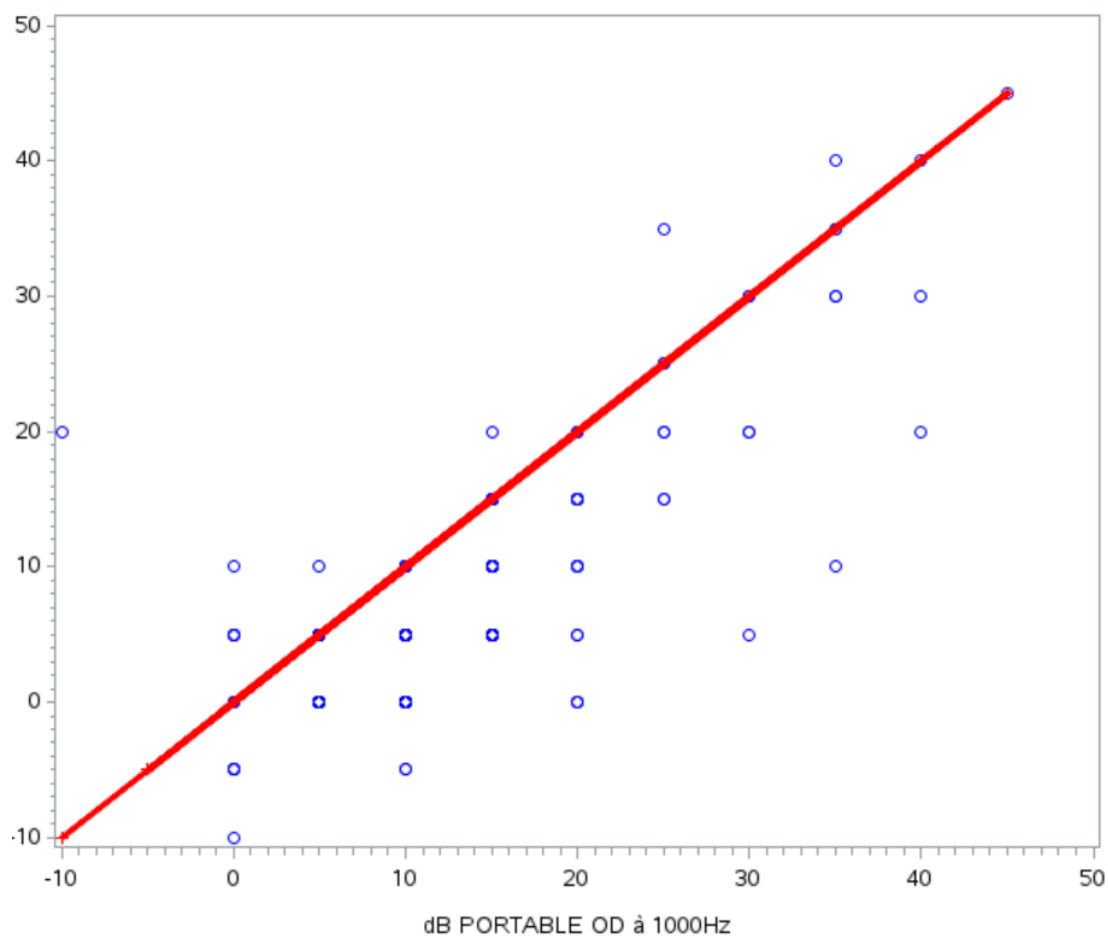
OG à 500 Hz



Objectif 1.1: Comparer cli=CA_OD_1000Hz et por=AP_OD_1000Hz
 Représentation entre CA(clinique) et AP(portatif)
 Avec droite d'égalité entre CA et AP

Variable	Fréquence	N	Moyenne	Écart- type	Médiane	Pearson	Spearman
CA_OD	1000 Hz	160	9.250	11.523	5.000	0.841	<.0001
AP_OD			14.219	11.011	10.000		

OD à 1000 Hz



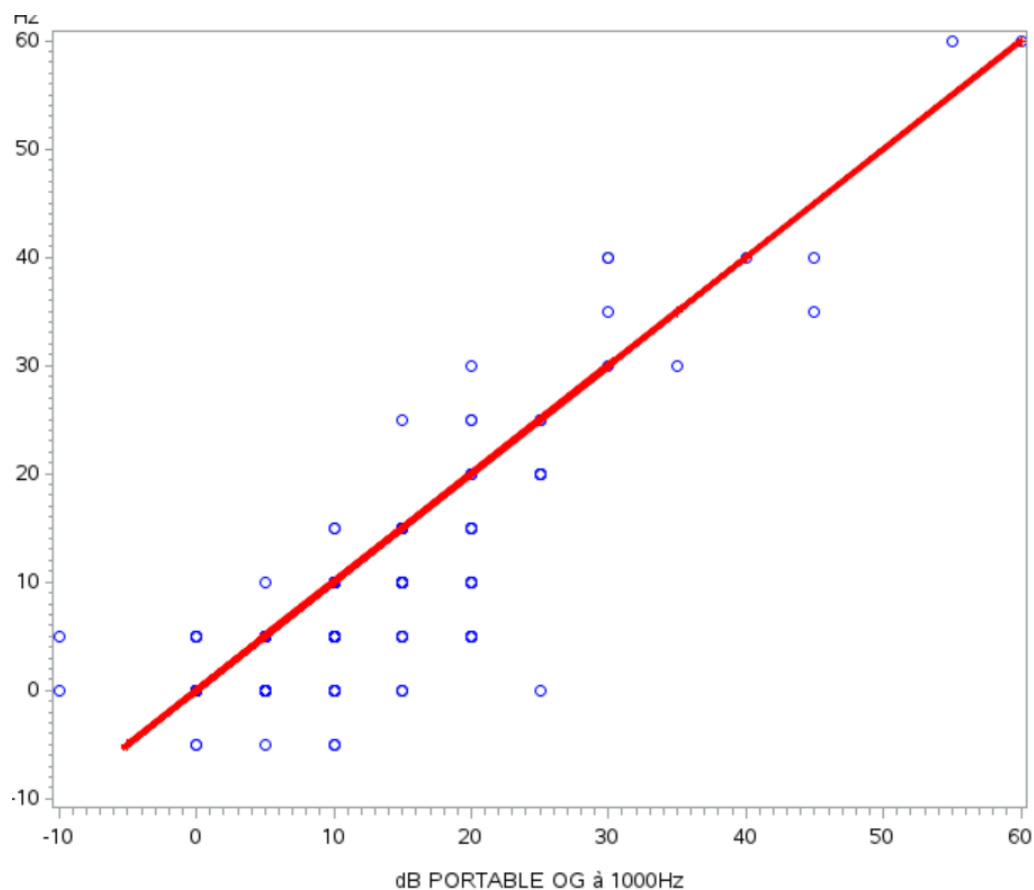
Objectif 1.1: Comparer cli=CA_OG_1000Hz et por=AP_OG_1000Hz

Représentation entre CA(clinique) et AP(portatif)

Avec droite d'égalité entre CA et AP

Variable	Fréquence	N	Moyenne	Écart- type	Médiane	Pearson	Spearman
CA_OG	1000 Hz	160	9.625	11.903	5.000	0.860	<.0001
AP_OG			13.344	10.855	10.000		

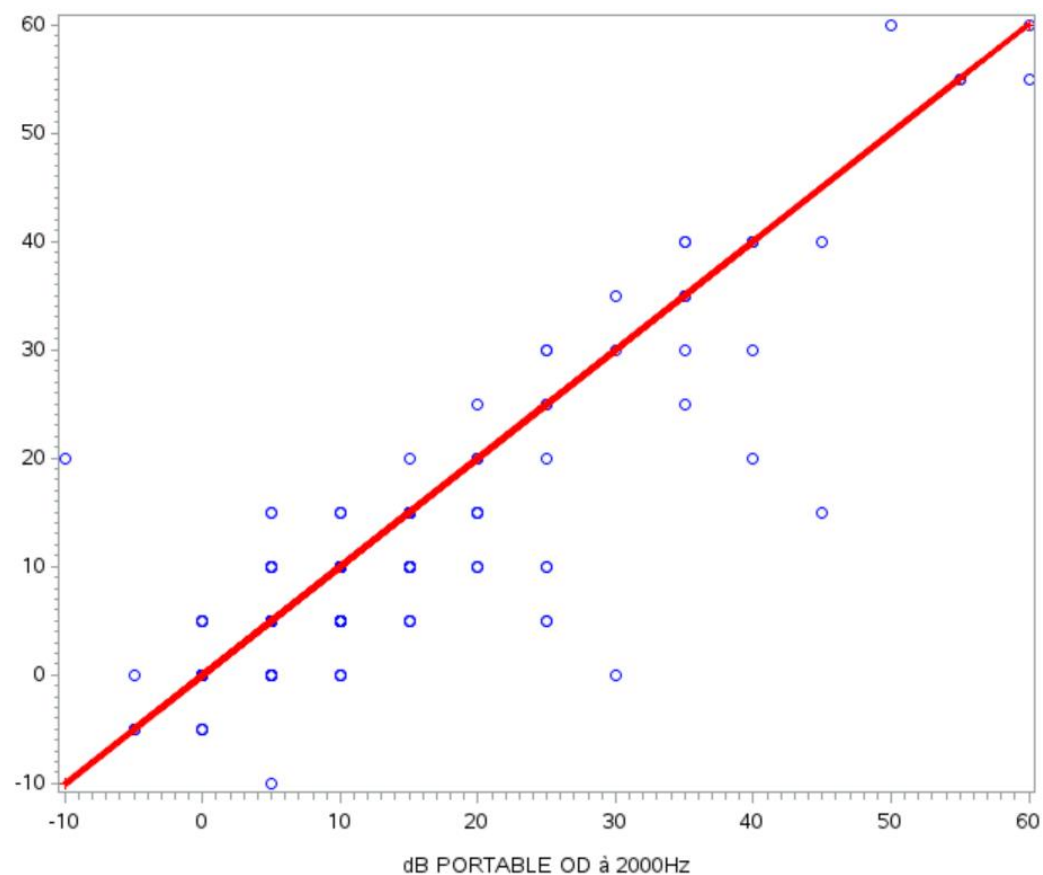
OG à 1000 Hz



Objectif 1.1: Comparer cli=CA_OD_2000Hz et por=AP_OD_2000Hz
Représentation entre CA(clinique) et AP(portatif)
Avec droite d'égalité entre CA et AP

Variable	Fréquence	N	Moyenne	Écart- type	Médiane	Pearson	Spearman
CA_OD	2000 Hz	160	11.531	13.353	10.000	0.877	<.0001
AP_OD			13.656	13.514	10.000		

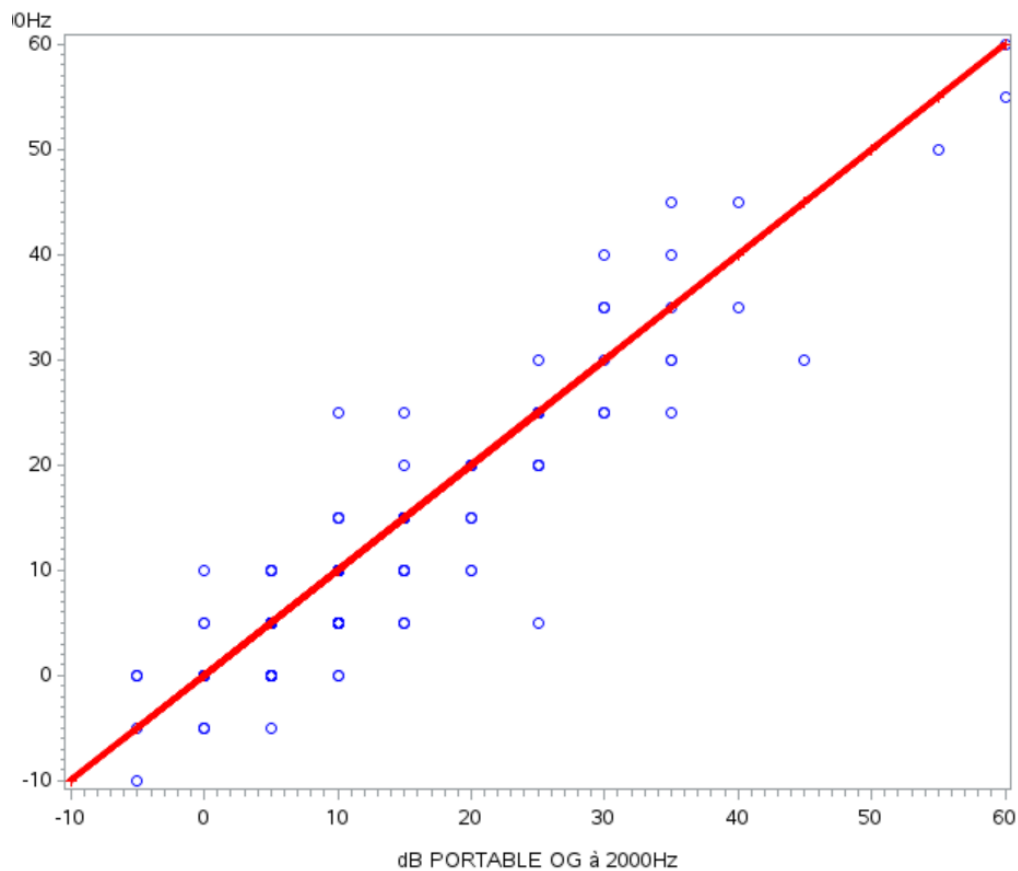
OD à 2000 Hz



Objectif 1.1: Comparer cli=CA_OG_2000Hz et por=AP_OG_2000Hz
Représentation entre CA(clinique) et AP(portatif)
Avec droite d'égalité entre CA et AP

Variable	Fréquence	N	Moyenne	Écart-type	Médiane	Pearson	Spearman
CA_OG	500 Hz	160	12.719	13.375	10.000	0.935	<.0001
AP_OG			14.125	13.277	10.000		

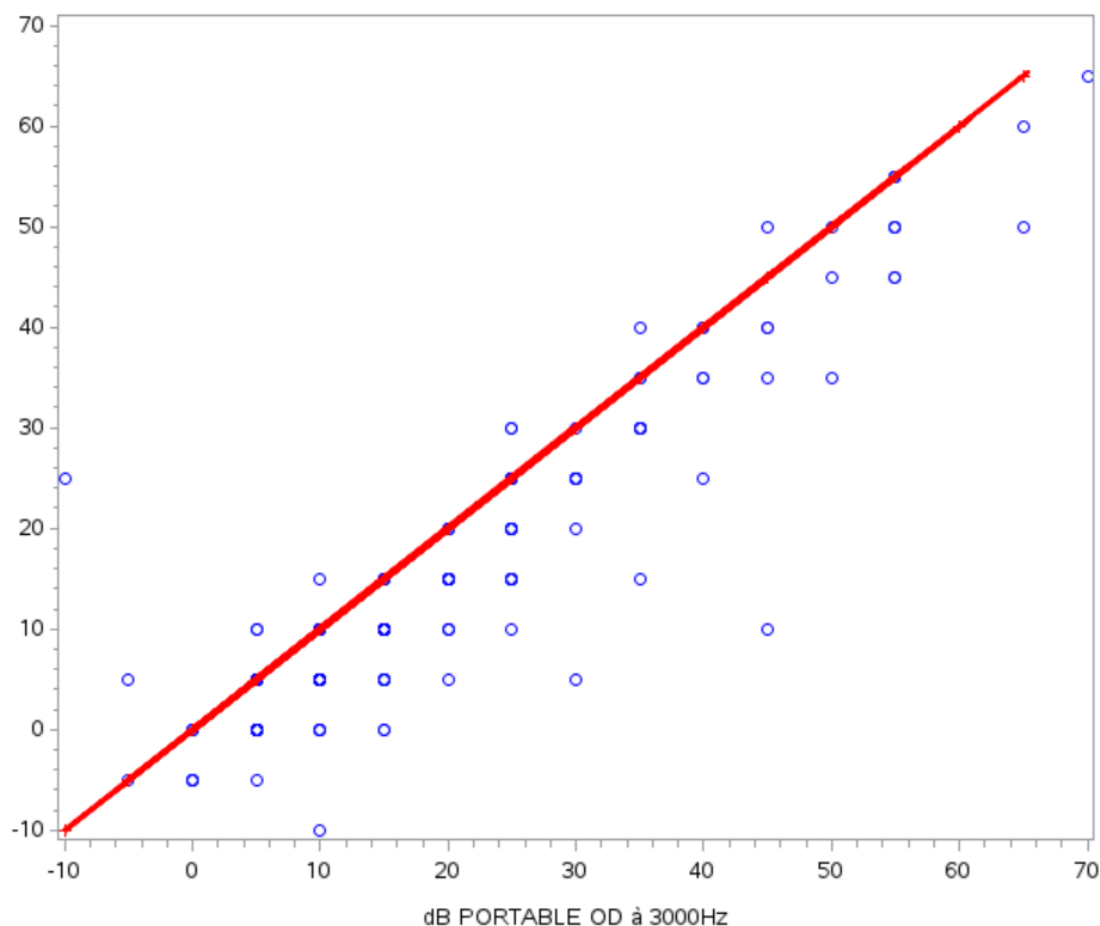
OG à 2000 Hz



Objectif 1.1: Comparer cli=CA_OD_3000Hz et por=AP_OD_3000Hz
Représentation entre CA(clinique) et AP(portatif)
Avec droite d'égalité entre CA et AP

Variable	Fréquence	N	Moyenne	Écart- type	Médiane	Pearson	Spearman
CA_OD	500 Hz	160	16.188	15.707	10.000	0.918 <.0001	0.892 <.0001
AP_OD			20.750	15.991	15.000		

OD à 3000 Hz

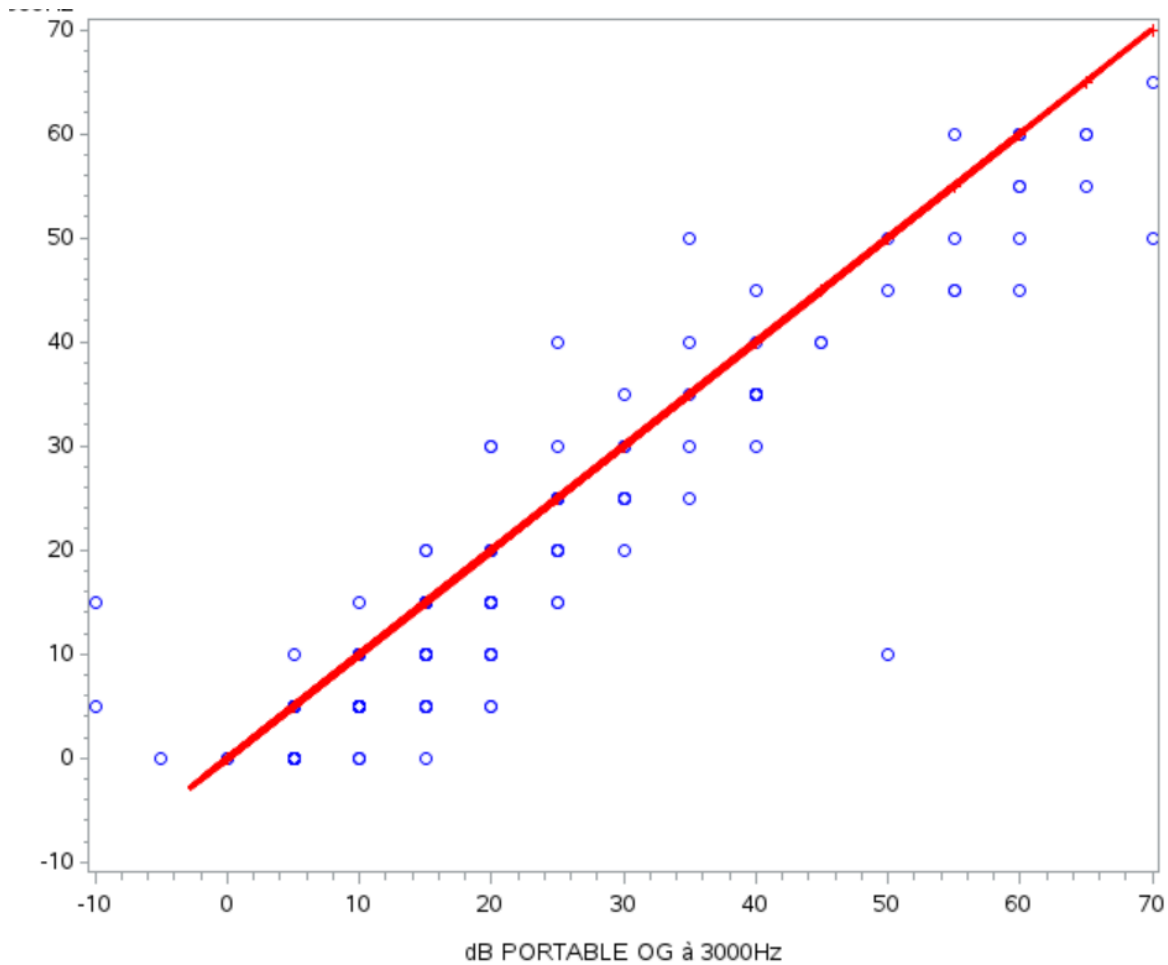


Objectif 1.1: Comparer cli=CA_OG_3000Hz et por=AP_OG_3000Hz

Représentation entre CA(clinique) et AP(portatif)
Avec droite d'égalité entre CA et AP

Variable	Fréquence	N	Moyenne	Écart- type	Médiane	Pearson	Spearman
CA_OG	3000 Hz	160	19.688	17.390	15.000	0.932 <.0001	0.917 <.0001
AP_OG			23.250	17.779	20.000		

OG à 3000 Hz

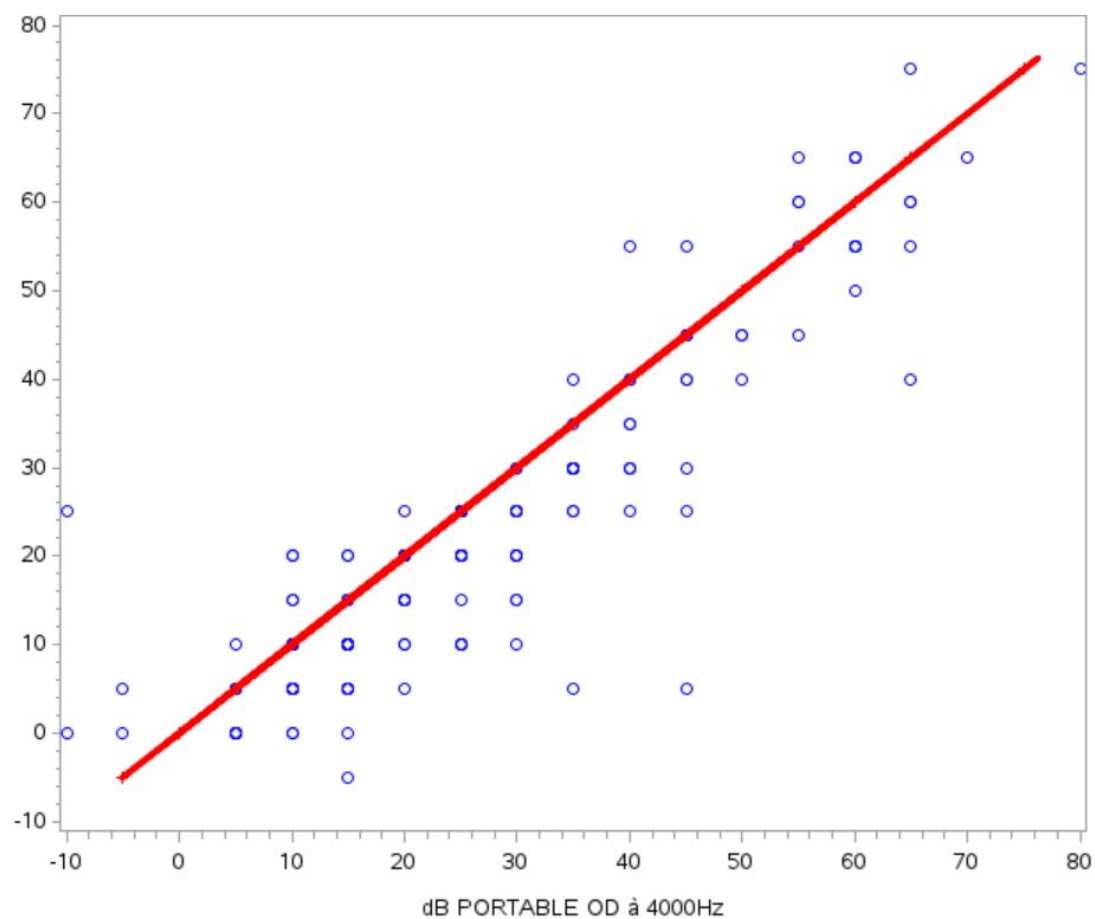


Objectif 1.1: Comparer cli=CA_OD_4000Hz et por=AP_OD_4000Hz

Représentation entre CA(clinique) et AP(portatif)
Avec droite d'égalité entre CA et AP

Variable	Fréquence	N	Moyenne	Écart- type	Médiane	Pearson	Spearman
CA_OD	4000 Hz	160	23.500	18.204	20.000	0.901	<.0001
AP_OD			27.531	17.875	25.000		

OD à 4000 Hz



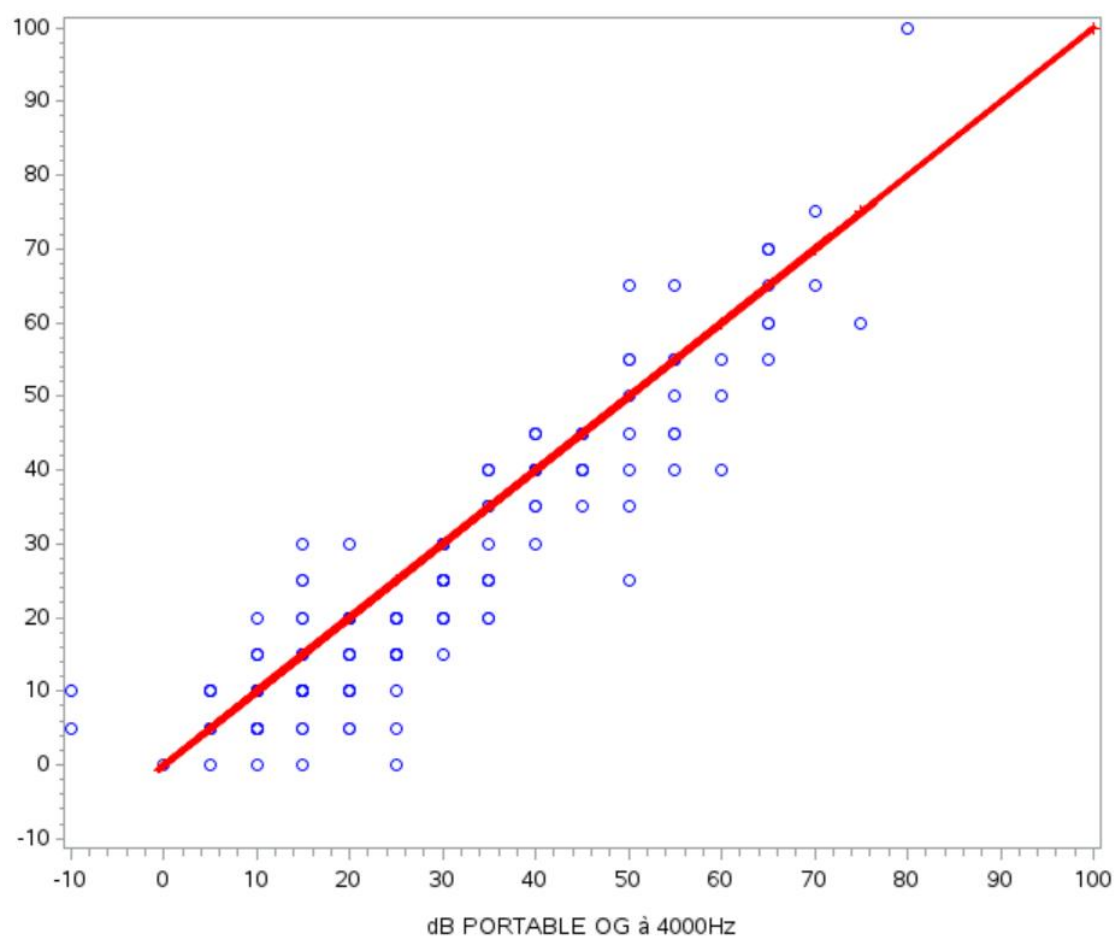
Objectif 1.1: Comparer cli=CA_OG_4000Hz et por=AP_OG_4000Hz

Représentation entre CA(clinique) et AP(portatif)

Avec droite d'égalité entre CA et AP

Variable	Fréquence	N	Moyenne	Écart- type	Médiane	Pearson	Spearman
CA_OG	4000 Hz	160	26.844	18.997	20.000	0.918 <.0001	0.907 <.0001
AP_OG			30.031	18.270	30.000		

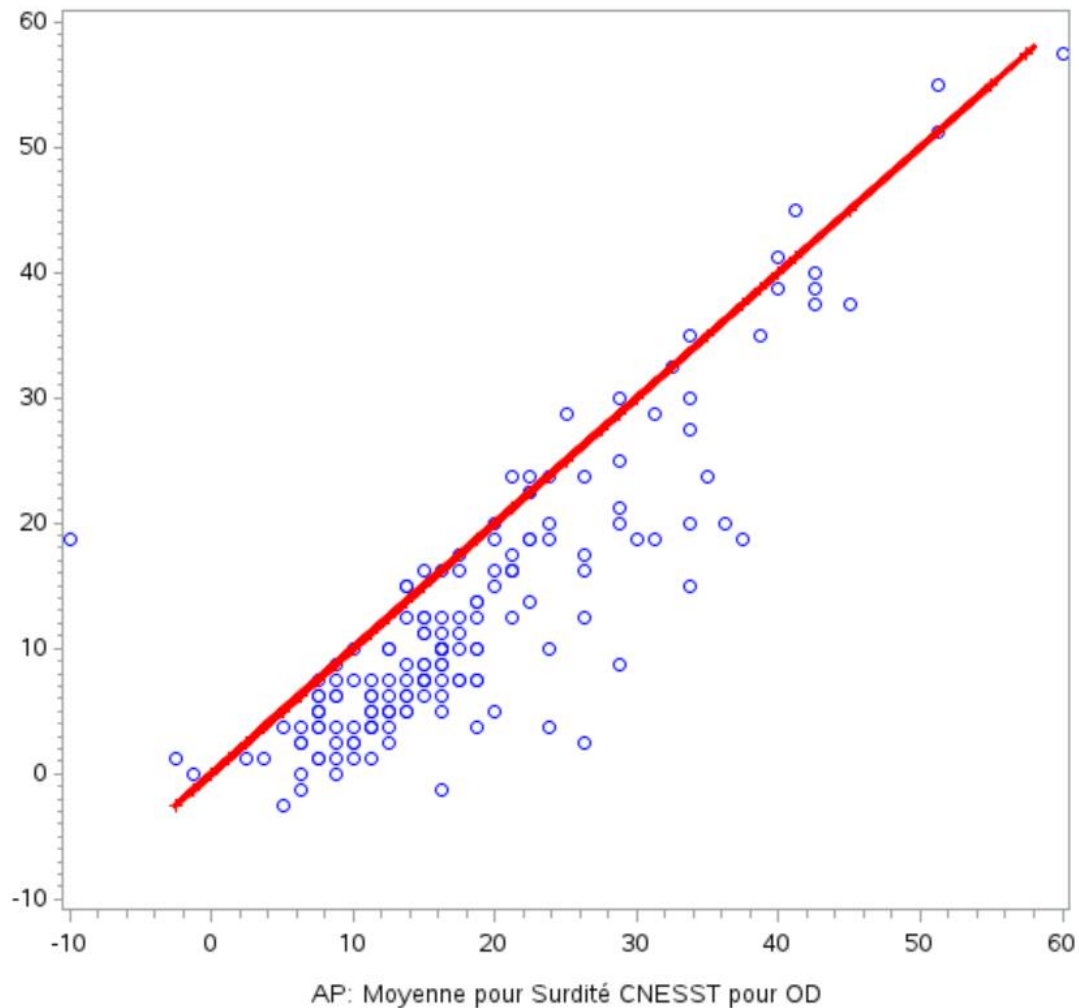
OG à 4000 Hz



Objectif 1.1: Comparer cli=CA_CNESST4_moy_OD et por=AP_CNESST4_moy_OD

Représentation entre CA(clinique) et AP(portatif)
Avec droite d'égalité entre CA et AP

Variable	N	Moyenne	Écart-type	Médiane	Pearson	Spearman
CA_CNESST4_moy_OD	160	12.930	11.379	10.000	0.875 <.0001	0.832 <.0001
AP_CNESST4_moy_OD		18.344	10.911	16.250		

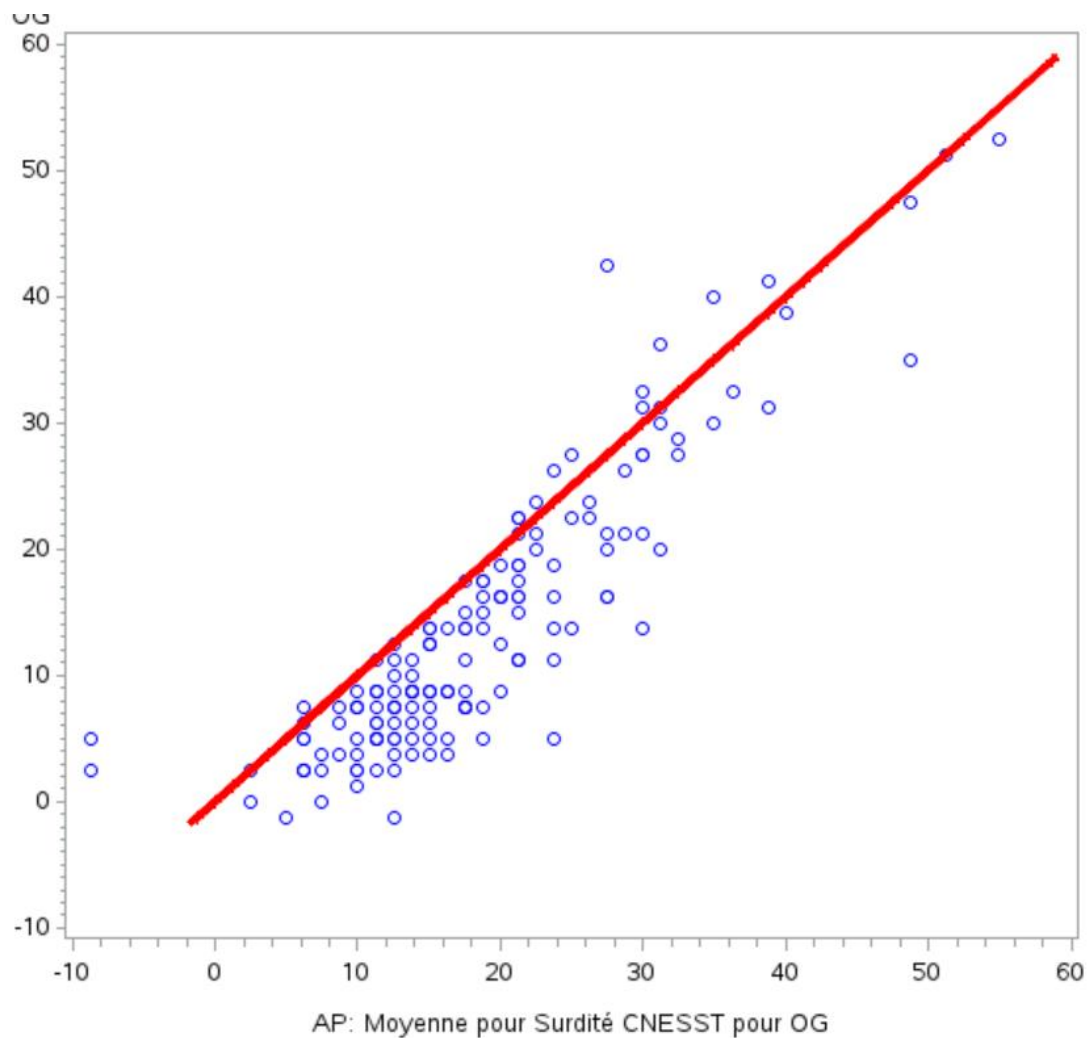
Surdité CNESST stade 4 pour OD

Objectif 1.1: Comparer cli=CA_CNESST4_moy_OG et por=AP_CNESST4_moy_OG

Représentation entre CA(clinique) et AP(portatif)
Avec droite d'égalité entre CA et AP

Variable	N	Moyenne	Écart-type	Médiane	Pearson	Spearman
CA_CNESST4_moy_OG	160	14.313	11.882	11.250	0.913 <.0001	0.878 <.0001
AP_CNESST4_moy_OG		18.867	10.891	16.875		

Surdité CNESST stade 4 pour OG



CNESST stade 4 (clinique d'audiologie) versus SAT Montérégie (audiomètre portatif)

Objectif 1.1: Comparer cli=CA_CNESST4_moy_OD et por=AP_SAT_mont_som_OD
 Représentation entre CA(clinique) et AP(portatif)
 Avec droite d'égalité entre CA et AP

Variable	N	Moyenne	Écart- type	Médiane	Pearson	Spearman
CA_CNESST4_moy_OD	160	12.931	11.379	10.000	0.892 <.0001	0.861 <.0001
AP_SAT_mont_somme_OD		76.156	50.292	65.000		

Objectif 1.1: Comparer cli=CA_CNESST4_moy_OG et por=AP_SAT_mont_som_OG
 Représentation entre CA(clinique) et AP(portatif)
 Avec droite d'égalité entre CA et AP

Variable	N	Moyenne	Écart- type	Médiane	Pearson	Spearman
CA_CNESST4_moy_OG	160	14.313	11.882	11.250	0.914 <.0001	0.889 <.0001
AP_SAT_mont_somme_OG		80.750	52.369	65.000		

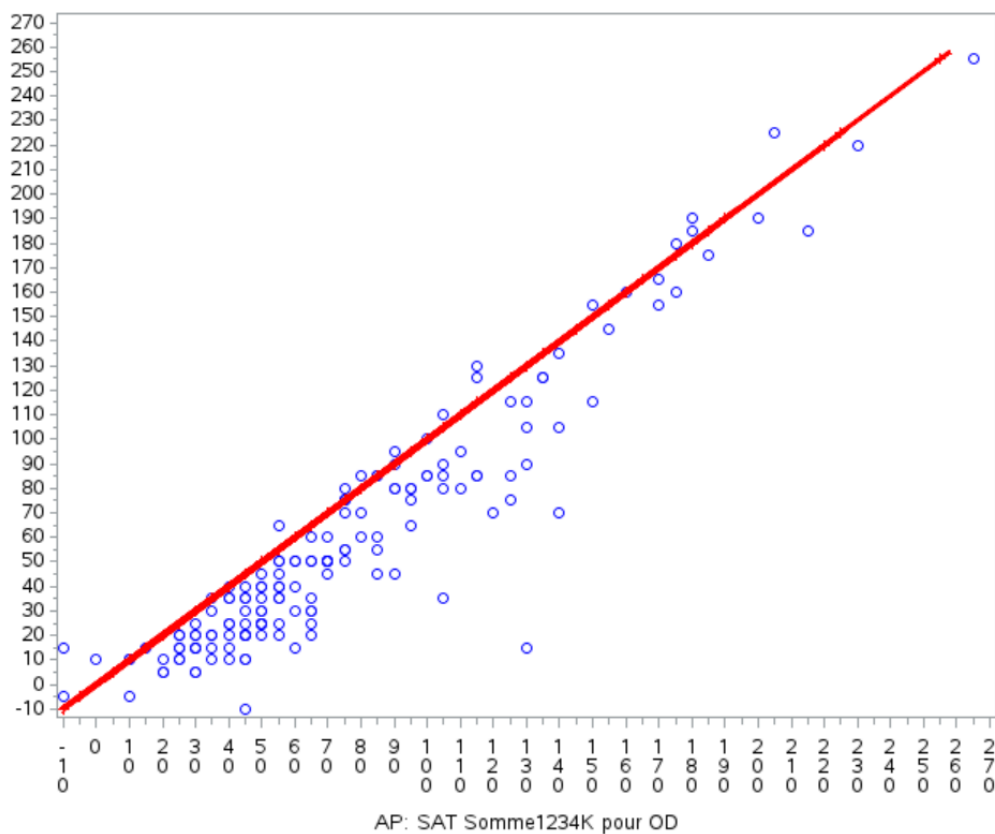
SAT Montréal (clinique d'audiologie) versus SAT Montréal (audiomètre portatif) pour oreille droite

Objectif 1.1: Comparer cli=CA_SAT_mont_som_OD et por=AP_SAT_mont_som_OD

Représentation entre CA(clinique) et AP(portatif)

Avec droite d'égalité entre CA et AP

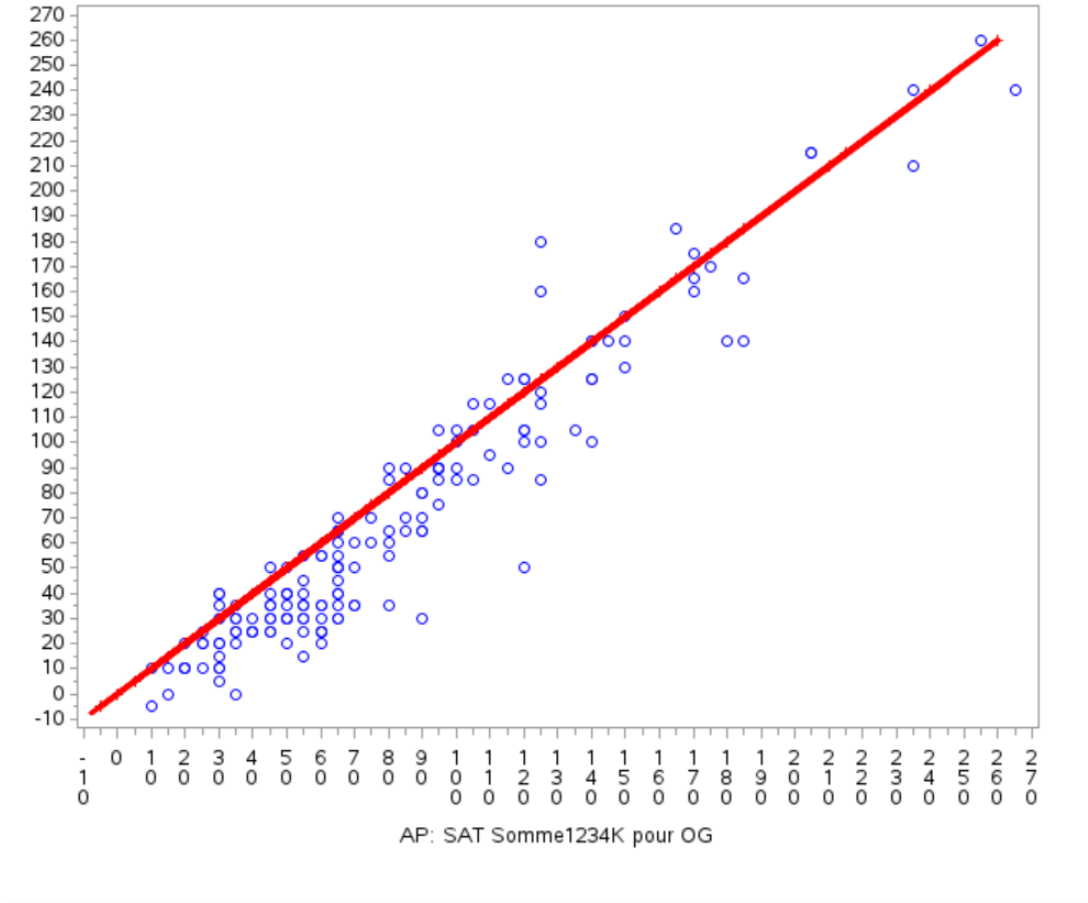
Variable	N	Moyenne	Écart-type	Médiane	Pearson	Spearman
CA_SAT_mont_somme_D	160	60.469	51.481	45.000	0.918	<.0001
AP_SAT_mont_somme_OD		76.156	50.292	65.000		



SAT Montréalégie (clinique d'audiologie) versus SAT Montréalégie (audiomètre portatif) pour oreille gauche

Objectif 1.1: Comparer cli=CA_SAT_mont_som_OG et por=AP_SAT_mont_som_OG
 Représentation entre CA(clinique) et AP(portatif)
 Avec droite d'égalité entre CA et AP

Variable	N	Moyenne	Écart-type	Médiane	Pearson		Spearman	
CA_SAT_mont_som__OG	160	68.875	54.528	50.000	0.947	<.0001	0.930	<.0001
AP_SAT_mont_som__OG		80.750	52.369	65.000				



Annexe G - Écarts entre les seuils auditifs obtenus par audiomètre portatif et ceux par audiomètre en clinique d'audiologie pour les fréquences de 500, 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz

Tableau A : Différences entre Audiomètre portatif ET clinique d'audio pour chaque fréquence (Audiomètre portatif – Clinique d'audiologie)

Oreille droite

Variable	Min	Max	Moyenne	Écart-type	Médiane
OD 500 Hz	-20.0	45.0	10.5	9.1	10.0
OD 1 000 Hz	-30.0	25.0	5.0	6.4	5.0
OD 2 000 Hz	-30.0	30.0	2.1	6.7	0.0
OD 3 000 Hz	-35.0	35.0	4.6	6.4	5.0
OD 4 000 Hz	-35	40	4	8	5

Oreille gauche

Variable	Min	Max	Moyenne	Écart-type	Médiane
OG 500 Hz	-20.0	35.0	9.9	9.1	10.0
OG 1 000 Hz	-15.0	25.0	3.7	6.1	5.0
OG 2 000 Hz	-15.0	20.0	1.4	4.8	0.0
OG 3 000 Hz	-25.0	40.0	3.6	6.5	5.0
OG 4 000 Hz	-20.0	25.0	3.2	7.6	5.0

Tableau B: Différence des écarts de – 5 dB à + 10 dB entre les résultats obtenus avec l’audiomètre portatif et l’audiogramme de la clinique d’audio pour chacune des fréquences auditives

% des écarts	Oreille	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	3 000 Hz	4 000 Hz
– 5 dB et + 10 dB	OD	63 %	92 %	93 %	92 %	84 %
	OG	66 %	88 %	96 %	93 %	85 %
+10 dB et plus	OD	36 %	6 %	5 %	7 %	10 %
	OG	33 %	9 %	1 %	4 %	9 %

Moyenne des écarts entre les résultats obtenus avec l’audiomètre portatif et l’audiogramme de la clinique d’audio pour chacune des fréquences auditives et pour chaque oreille.

- 90,3 % des résultats obtenus présentent un écart situé entre – 5 dB et + 10 dB pour les fréquences 1000Hz, 2000 Hz, 3000 Hz et 4000 Hz;
- La proportion des écarts se situant entre – 5 dB et + 10 dB pour les fréquences 500 Hz est de 64 %;

Les écarts entre les résultats bruts à l’audiomètre portatif et les résultats de la clinique d’audiologie ont été analysés dans leur ensemble en valeur relative. La moyenne de ces écarts pour les résultats obtenus pour le groupe est indiquée.

- Nous avons ciblé 3 seuils pour les 3 écarts suivants, soit de "– 5 dB à + 5 dB"; "de – 5 dB à + 10 dB " et enfin "de – 10 dB à + 10 dB".
- Nous avons alors illustré des graphiques pour les seuils de "– 5 dB à + 5 dB" et "de – 10 dB à + 10 dB".
- et présenté les proportions des résultats en fonction des écarts situés à l’intérieur du seuil lui-même, mais aussi aux extrêmes.

Tableau C: Moyenne et pourcentage des écarts entre les résultats obtenus avec l’audiomètre portatif et l’audiogramme de la clinique d’audio pour les fréquences 500, 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz pour l’oreille droite (OD) et l’oreille gauche (OG).

Fréquence	Oreille	Moyenne	% se situant entre – 5 et + 5 dB	% se situant entre – 10 et + 10 dB	% se situant entre – 5 et + 10 dB*	Résultats Étude Lambert (2001)	
						Moyenne	% se situant entre – 5 et + 10 dB
500 Hz	OD	10,5	39 %	63 %	63 %	9,97	69,7 %
	OG	9,9	38 %	66 %	66 %	11,3	63,4 %
1 000 Hz	OD	5,0	68 %	93 %	92 %	7,13	88,8 %
	OG	3,7	75 %	91 %	88 %	6,99	88,2 %
2 000 Hz	OD	2,1	84 %	94 %	93 %	5,65	92 %
	OG	1,4	90 %	98 %	96 %	5,65	88,9 %
3 000 Hz	OD	4,6	78 %	93 %	92 %		
	OG	3,6	78 %	94 %	93 %		
4 000 Hz	OD	4,0	70 %	89 %	84 %	5,9	85,2 %
	OG	3,2	67 %	88 %	85 %	5,08	87,7 %

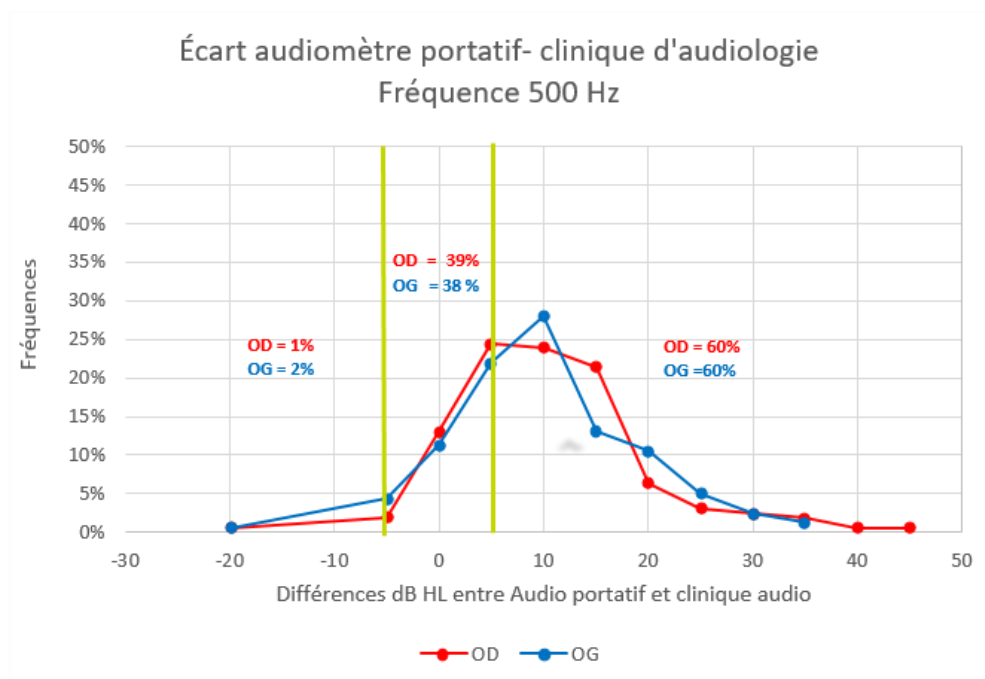
* : - 5 et 10 dB : Écarts considérés comme étant acceptables

- Écarts entre – 5 dB et + 5 dB pour la fréquence 500 Hz

La figure 1 présente les écarts entre les résultats obtenus avec l'audiomètre portatif et l'audiogramme de la clinique d'audio à la fréquence **500 Hz** au seuil de ± 5 dB.

- La proportion des écarts se situant entre -5 dB et -30 dB pour la fréquence 500 Hz est de 1 % pour l'oreille droite et de 2 % pour l'oreille gauche;
- La proportion des écarts se situant entre +5 dB et +50 dB pour la fréquence 500 Hz est sensiblement la même pour l'oreille droite et pour l'oreille gauche, soit 60 %;
- 39 % des résultats obtenus présentent un écart situé entre – 5dB et + 5 dB pour la fréquence 500 Hz pour l'oreille droite et de 38 % pour l'oreille gauche.

Figure 1 : Écart entre les résultats du dépistage par audiomètre portatif et de l'audiogramme clinique à 500 Hz entre – 5 dB et + 5 dB

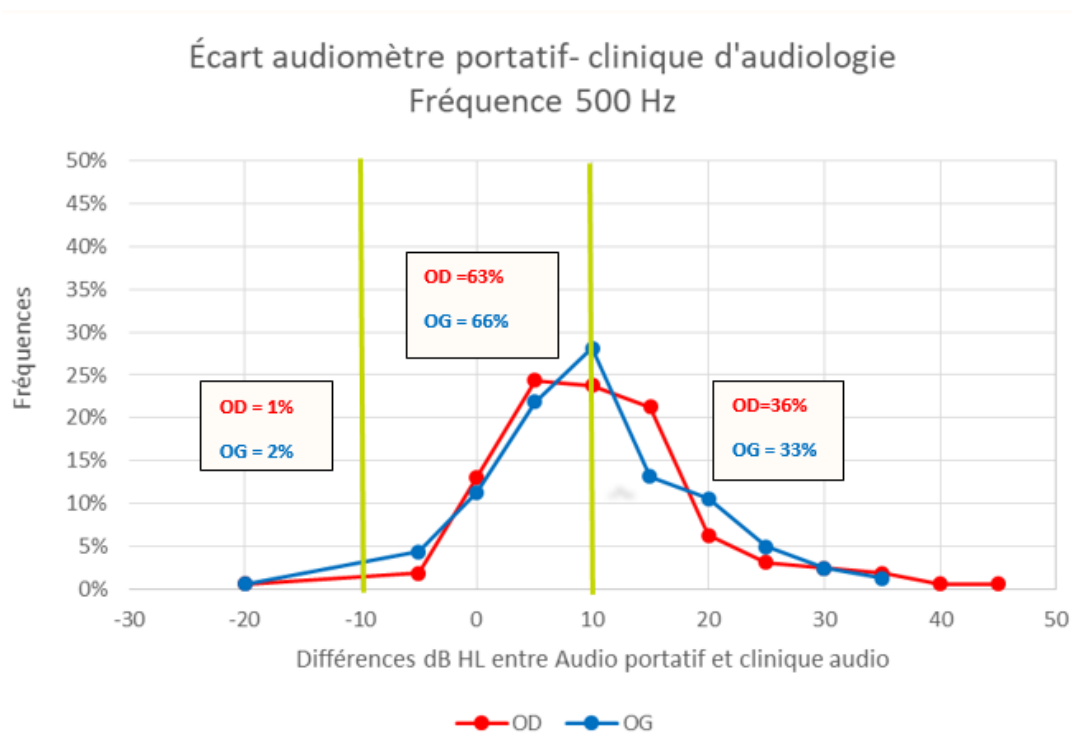


- **Écarts entre – 10 dB et + 10 dB pour la fréquence 500 Hz**

La figure 2 présente les écarts entre les résultats obtenus avec l'audiomètre portatif et l'audiogramme de la clinique d'audio à la fréquence 500 Hz au seuil entre - 10 dB et + 10 dB.

- La proportion des écarts se situant entre -10 dB et -30 dB pour la fréquence 500 Hz est de 1 % pour l'oreille droite et de 2 % pour l'oreille gauche;
- La proportion des écarts se situant entre +10 dB et +50 dB pour la fréquence 500 Hz est de 36 % pour l'oreille droite et de 33 % pour l'oreille gauche;
- 63 % des résultats obtenus présentent un écart situé entre – 10 dB et + 10 dB pour la fréquence 500 Hz pour l'oreille droite et de 66 % pour l'oreille gauche.

- **Figure 2 : Écart entre les résultats du dépistage par audiomètre portatif et de l'audiogramme clinique à 500 Hz entre – 10 dB et + 10 dB**

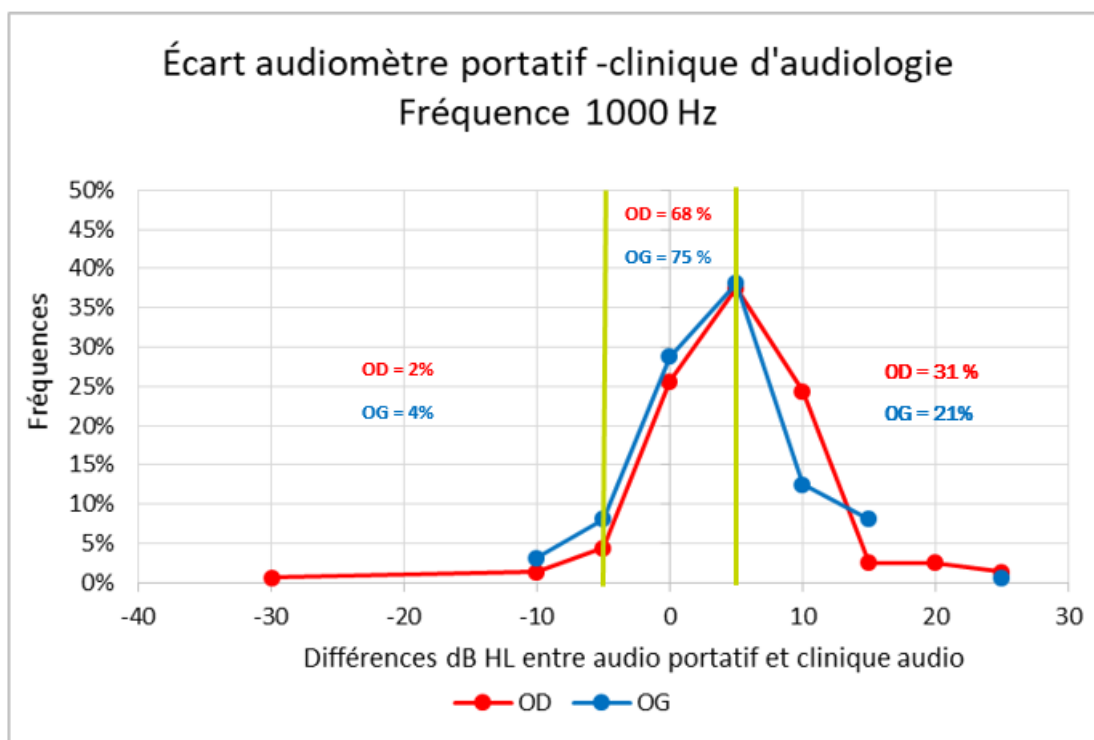


- **Écarts entre – 5 dB et + 5 dB pour la fréquence 1 000 Hz**

La figure 3 présente les écarts entre les résultats obtenus avec l'audiomètre portatif et l'audiogramme de la clinique d'audio à 1 000 Hz au seuil de ± 5 dB.

- La proportion des écarts se situant entre -5 dB et -30 dB pour la fréquence 1000 Hz est de 2 % pour l'oreille droite et de 4 % pour l'oreille gauche;
- La proportion des écarts se situant entre +5 dB et +30 dB pour la fréquence 1000 Hz est de 31 % pour l'oreille droite et pour l'oreille gauche, soit 21 %;
- 68 % des résultats obtenus présentent un écart situé entre – 5dB et + 5 dB pour la fréquence 1000 Hz pour l'oreille droite et il est de 75 % pour l'oreille gauche.

Figure 3 : Écart entre les résultats du dépistage par audiomètre portatif et de l'audiogramme clinique à 1000 Hz entre – 5 dB et + 5 dB

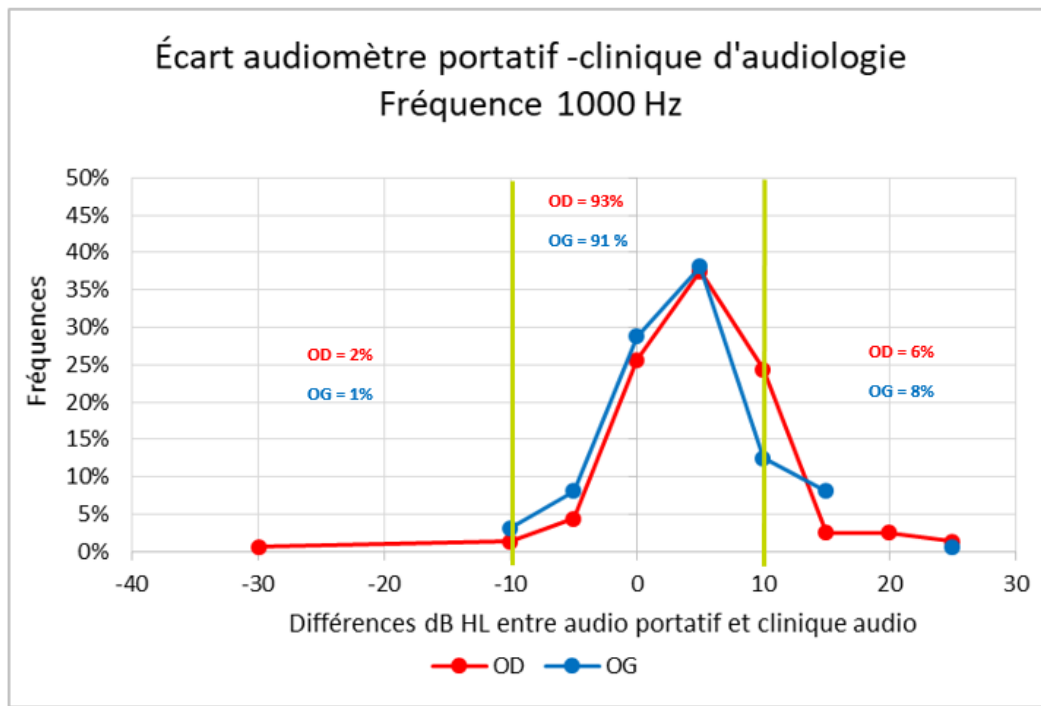


- Écarts entre – 10 dB et + 10 dB pour la fréquence 1 000 Hz

La figure 4 présente les écarts entre les résultats obtenus avec l'audiomètre portable et l'audiogramme de la clinique d'audio à 1000 Hz au seuil de - 10 dB et + 10 dB.

- La proportion des écarts se situant entre -10 dB et -30 dB pour la fréquence 1000 Hz est de 2 % pour l'oreille droite et de 1% pour l'oreille gauche;
- La proportion des écarts se situant entre +10 dB et +50 dB pour la fréquence 1000 Hz est de 6 % pour l'oreille droite et de 8 % pour l'oreille gauche;
- 93 % des résultats obtenus présentent un écart situé entre – 10 dB et + 10 dB pour la fréquence 1000 Hz pour l'oreille droite et il est de 91 % pour l'oreille gauche.

- Figure 4 : Écart entre les résultats du dépistage par audiomètre portable et de l'audiogramme clinique à 1000 Hz entre – 10 dB et + 10 dB

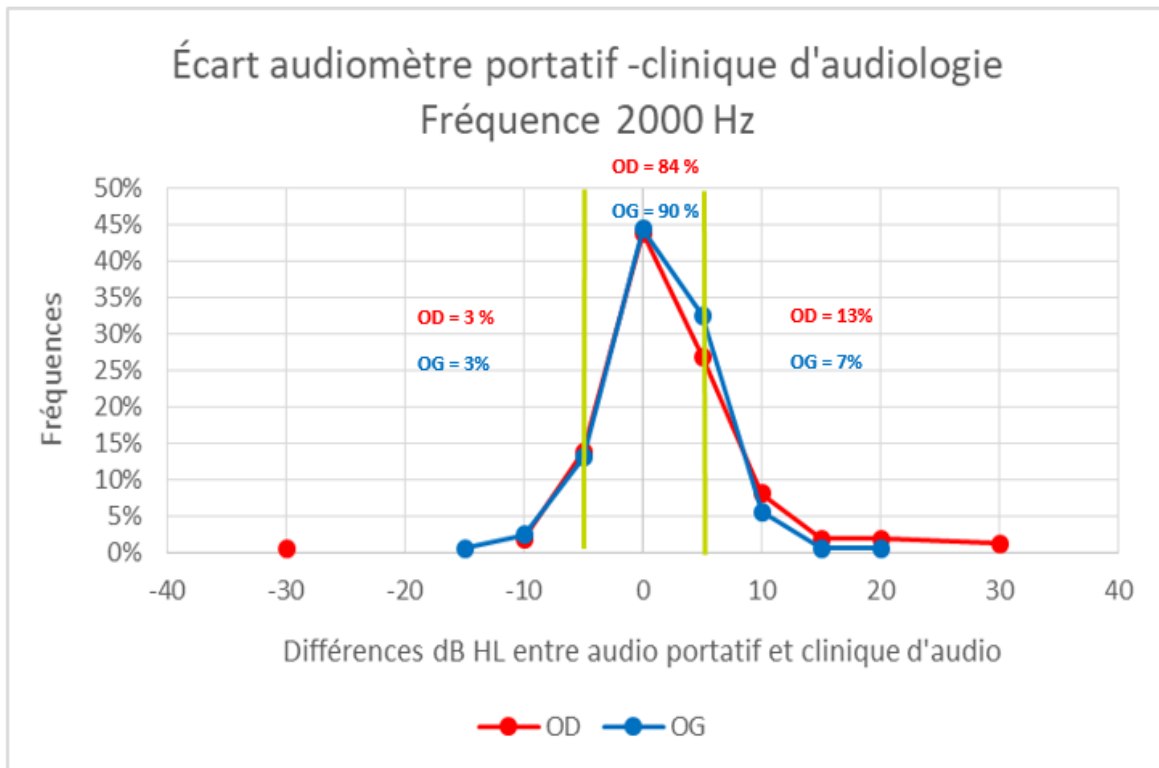


- **Écarts entre – 5 dB et + 5 dB pour la fréquence 2 000 Hz**

La figure 5 présente les écarts entre les résultats obtenus à l'audiomètre portatif et la clinique audiolinguistique pour la fréquence 2000 Hz à l'oreille droite et l'oreille gauche au seuil entre - 5 dB et + 5 dB.

- La proportion des écarts se situant entre -5 dB et -30 dB pour la fréquence 2000 Hz est de 3 % pour l'oreille droite et de 3 % pour l'oreille gauche;
- La proportion des écarts entre + 5 dB et + 50 dB pour l'oreille droite est de 13 %; et de seulement 7 % pour l'oreille gauche;
- 84 % des résultats obtenus présentent un écart situé entre – 5dB et + 5 dB pour la fréquence 2000 Hz pour l'oreille droite et il est de 90 % pour l'oreille gauche.

- **Figure 5 : Écart entre les résultats du dépistage par audiomètre portatif et de l'audiogramme clinique à 2000 Hz entre – 5 dB et + 5 dB**

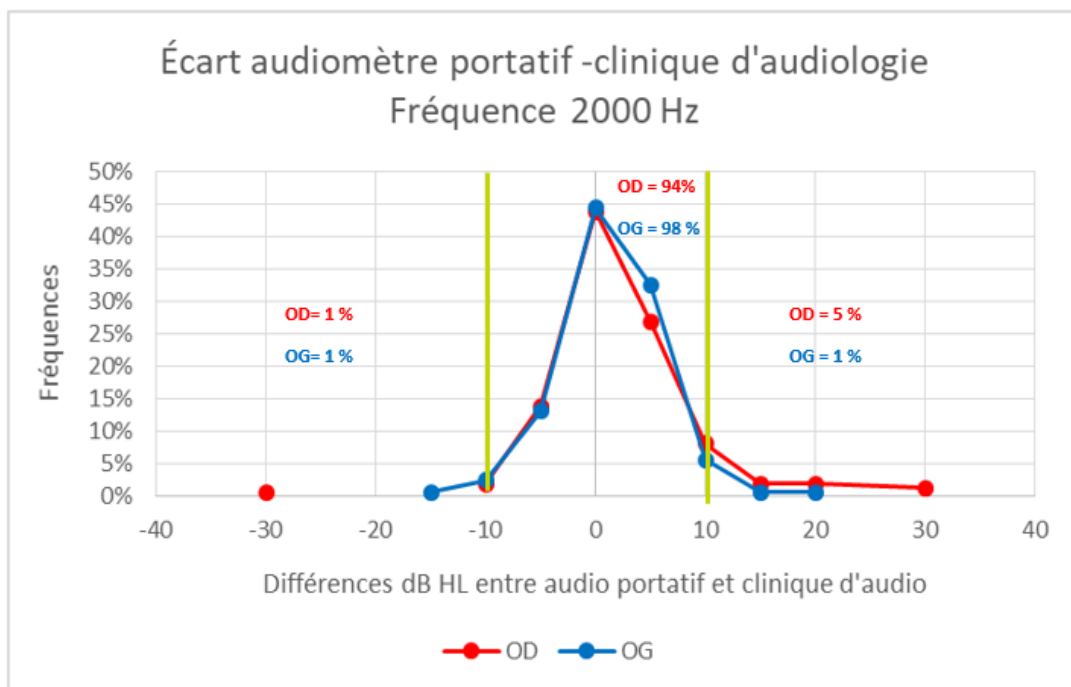


- **Écarts entre – 10 dB et + 10 dB pour la fréquence 2 000 Hz**

La figure 6 présente les écarts entre les résultats obtenus à l'audiomètre portatif et la clinique audiolinguistique pour la fréquence 2000 Hz à l'oreille droite et l'oreille gauche pour le seuil entre - 10 dB et + 10 dB.

- La proportion des écarts se situant entre -10 dB et -30 dB pour la fréquence 2000 Hz est de 1 % pour l'oreille droite et de 1 % pour l'oreille gauche;
- La proportion des écarts entre + 5 dB et + 30 dB pour l'oreille droite est de 5 % et de seulement 1 % pour l'oreille gauche;
- 94 % des résultats obtenus présentent un écart situé entre – 10 dB et + 10 dB pour la fréquence 2000 Hz pour l'oreille droite et il est de 98 % pour l'oreille gauche.

- **Figure 6 : Écart entre les résultats du dépistage par audiomètre portatif et de l'audiogramme clinique à 2000 Hz entre – 10 dB et + 10 dB**

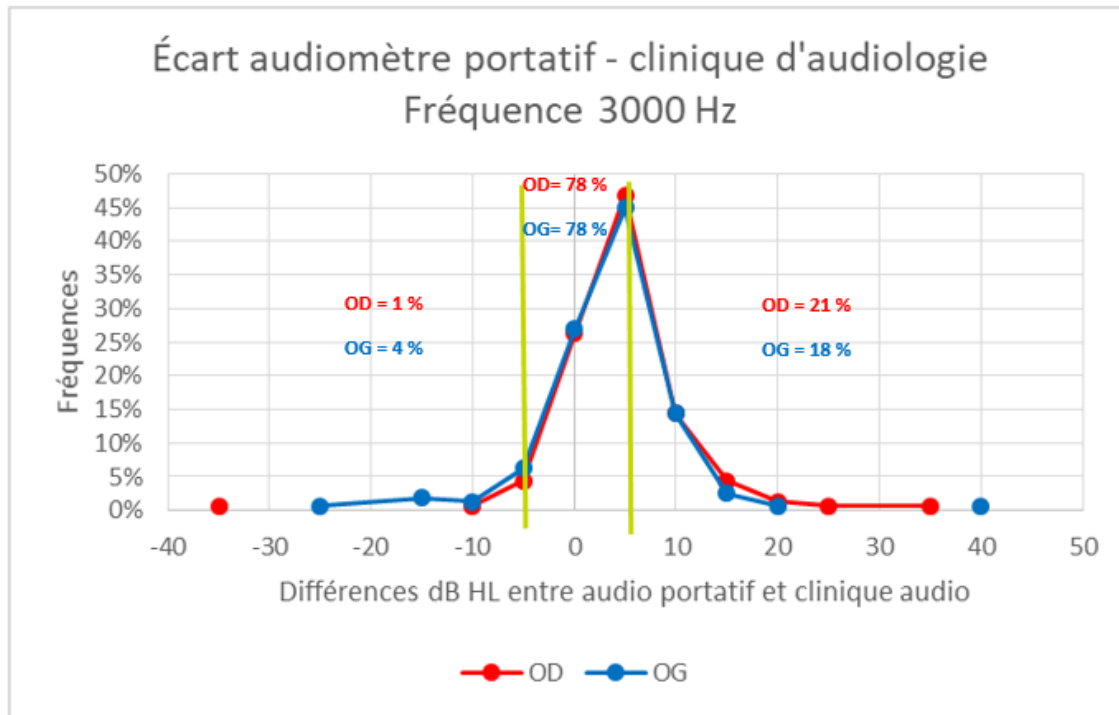


- **Écarts entre – 5 dB et + 5 dB pour la fréquence 3 000 Hz**

La figure 7 présente les écarts entre les résultats obtenus à l'audiomètre portatif et la clinique audiolologique pour la fréquence 3000 Hz à l'oreille droite et l'oreille gauche pour le seuil entre - 5 dB et + 5 dB.

- La proportion des écarts se situant entre -5 dB et -30 dB pour la fréquence 3000 Hz est de 1 % pour l'oreille droite et de 4 % pour l'oreille gauche;
- La proportion des écarts se situant entre +5 dB et +50 dB pour la fréquence 3000 Hz est de 21 % l'oreille droite et pour l'oreille gauche, de 18 %;
- 78 % des résultats obtenus présentent un écart situé entre – 5dB et + 5 dB pour la fréquence 3000 Hz pour l'oreille droite et il est de 78 % pour l'oreille gauche. Aucune différence significative entre les deux oreilles;

- **Figure 7 : Écart entre les résultats du dépistage par audiomètre portatif et de l'audiogramme clinique à 3000 Hz entre – 5 dB et + 5 dB**

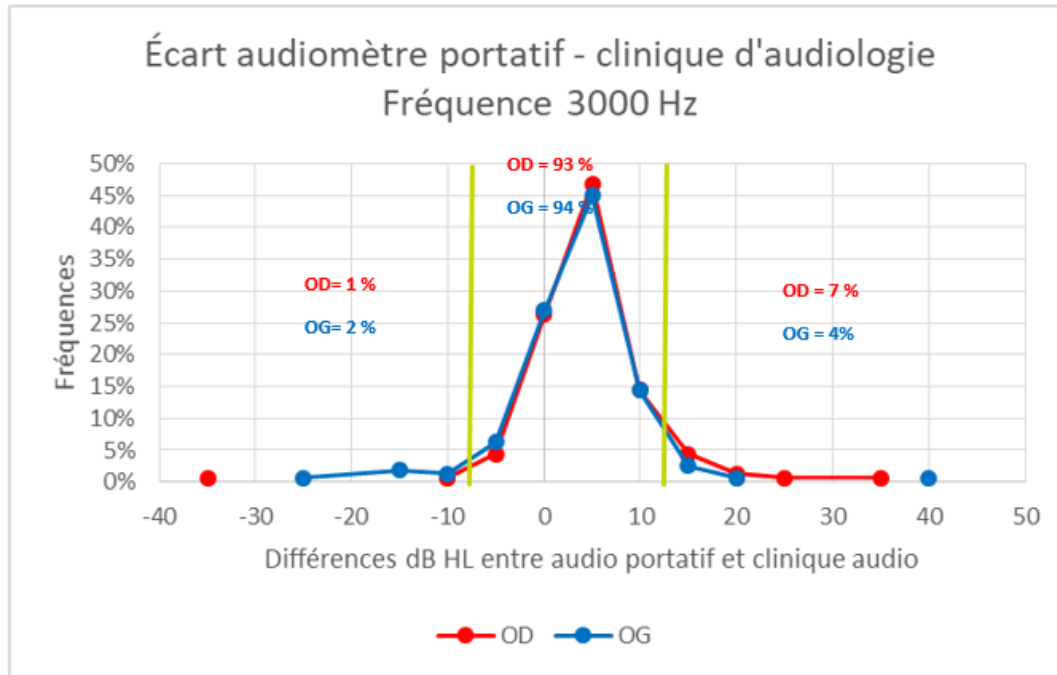


- **Écarts entre – 10 dB et + 10 dB pour la fréquence 3 000 Hz**

La figure 8 présente les écarts entre les résultats obtenus à l'audiomètre portatif et la clinique audiolgique pour la fréquence 3000 Hz à l'oreille droite et l'oreille gauche pour le seuil entre - 10 dB et + 10 dB

- La proportion des écarts se situant entre -10 dB et -30 dB pour la fréquence 3000 Hz est de 1 % pour l'oreille droite et de 2 % pour l'oreille gauche;
- La proportion des écarts se situant entre +10 dB et +50 dB pour la fréquence 3000 Hz est de 7 % l'oreille droite et pour l'oreille gauche, de 4 %;
- 93 % des résultats obtenus présentent un écart situé entre – 10 dB et + 10 dB pour la fréquence 3000 Hz pour l'oreille droite et il est de 94 % pour l'oreille gauche.

- **Figure 8 : Écart entre les résultats du dépistage par audiomètre portatif et de l'audiogramme clinique à 3000 Hz entre – 10 dB et + 10 dB**

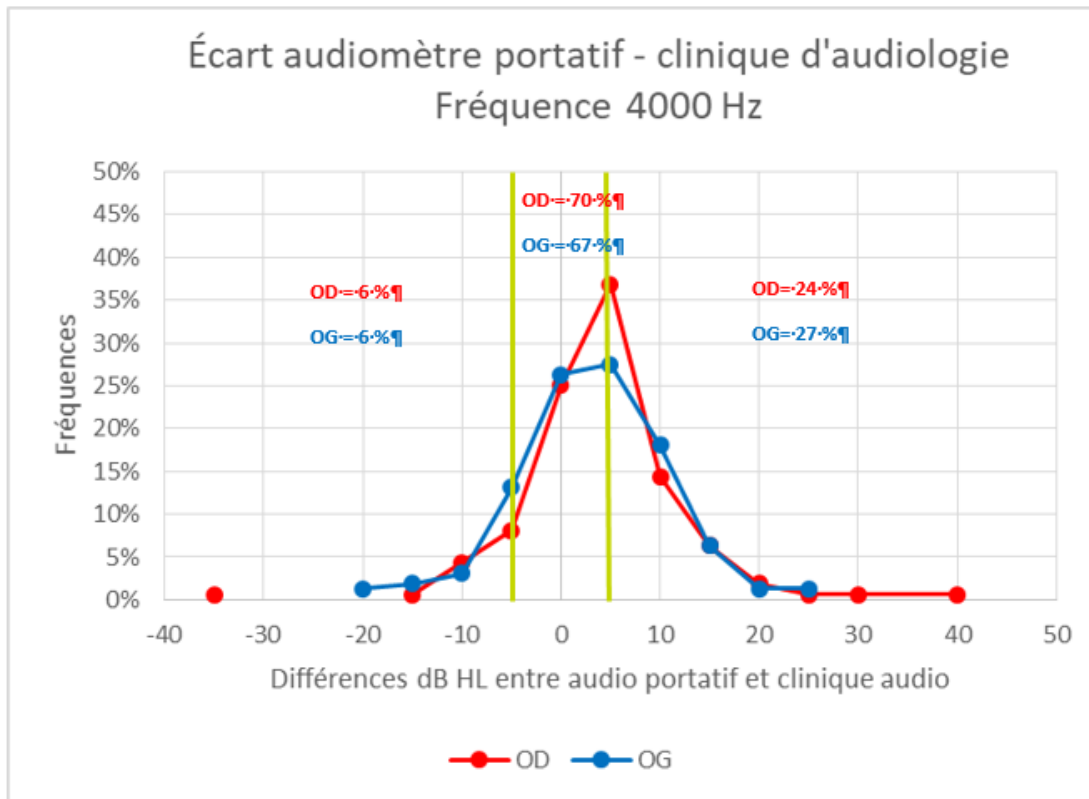


- **Écarts entre – 5 dB et + 5 dB pour la fréquence 4 000 Hz**

La figure 9 présente les écarts entre les résultats obtenus à l'audiomètre portatif et la clinique audiolgique pour la fréquence 4000 Hz à l'oreille droite et l'oreille gauche pour le seuil entre - 5 dB et + 5 dB.

- La proportion des écarts se situant entre -5 dB et -30 dB pour la fréquence 4000 Hz est de 6 % pour l'oreille droite et de 6 % pour l'oreille gauche;
- La proportion des écarts entre + 5 dB et + 30 dB est de 24 % pour l'oreille droite et de 27 % pour l'oreille gauche;
- 70 % des résultats obtenus présentent un écart situé entre – 10 dB et + 10 dB pour la fréquence 4000 Hz pour l'oreille droite et il est de 67 % pour l'oreille gauche.

- **Figure 9 : Écart entre les résultats du dépistage par audiomètre portatif et de l'audiogramme clinique à 4000 Hz entre – 5 dB et + 5 dB**



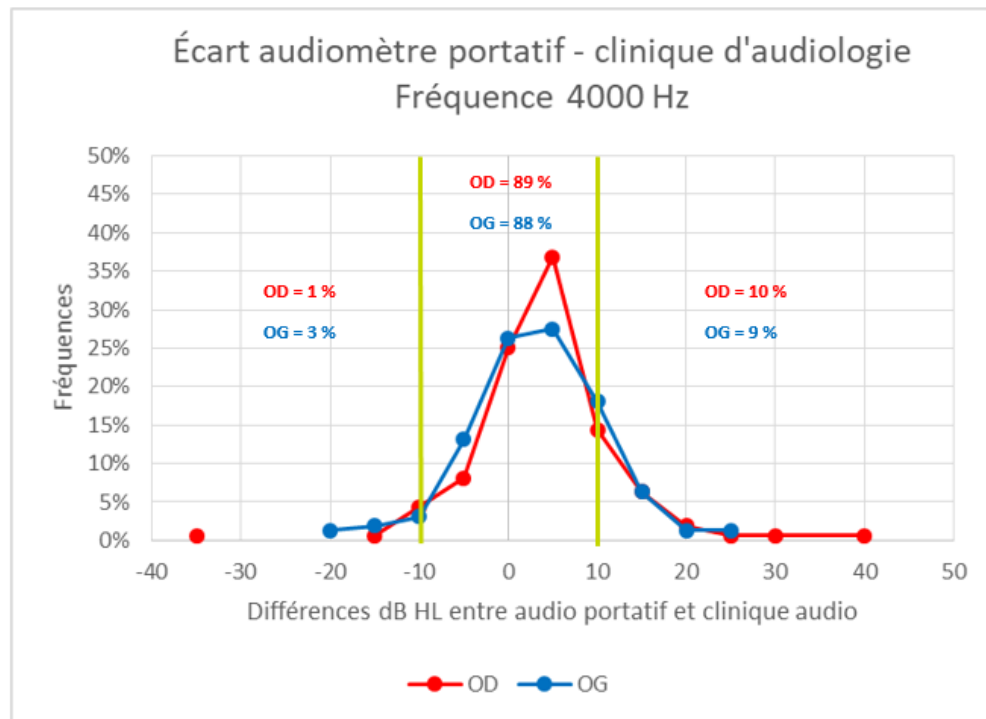
- **Écarts entre – 10 dB et + 10 dB pour la fréquence 4 000 Hz**

La figure 10 présente les écarts entre les résultats obtenus à l'audiomètre portatif et la clinique audiolgique pour la fréquence 4000 Hz à l'oreille droite et l'oreille gauche pour le seuil entre - 10 dB et + 10 dB.

- L'écart se situant entre – 10 dB et + 10 dB est considéré comme acceptable pour un test de dépistage;
- La proportion des écarts se situant entre -10 dB et -30 dB pour la fréquence 4000 Hz est de 1 % pour l'oreille droite et de 3 % pour l'oreille gauche;
- La proportion des écarts entre + 10 dB et + 30 dB pour l'oreille droite est de 10 % et de seulement 9 % pour l'oreille gauche;

- 89 % des résultats obtenus présentent un écart situé entre – 10 dB et + 10 dB pour la fréquence 4000 Hz pour l'oreille droite et il est de 88 % pour l'oreille gauche.

- **Figure 9 : Écart entre les résultats du dépistage par audiomètre portatif et de l'audiogramme clinique à 4000 Hz entre – 10 dB et + 10 dB**



Annexe H - Comparaison des seuils et corrélation entre clinique d'audiologie pour le critère de CNESST stade 4 et audiomètre portatif pour les critères maison SAT Montérégie pour chacune des deux oreilles séparément (OD et OG)

Le Tableau D suivant présente pour chacune des oreilles, les résultats de l'audiomètre portatif de SAT Montérégie comparé à ceux de la clinique d'audiologie pour le stade 4 de la CNESST. Rappelons que le critère de la CNESST stade 4 utilise une moyenne alors que celui de SAT Montérégie utilise une somme.

Tableau D

- **Comparaison CA_CNESST4_moy_OD et AP_SAT_mont_som_OD**

CA: Moyenne pour surdité CNESST pour OD -----AP : SAT Somme 1234K pour OD

	CA_CNESST4_moy_OD	AP_SAT_mont_somme_OD
N	160	
Moyenne	12.930	76.156
Écart-type	11.379	50.292
Médiane	10.000	65.000
Pearson	0.892	p<0.0001
Spearman	0.861	p<0.0001

CA : Moyenne pour surdité CNESST pour OG AP : SAT Somme 1234 K pourOG

	CA_CNESST4_moy_OG	AP_SAT_mont_somme _OG
N	160	
Moyenne	14.313	80.750
�cart-type	11.882	52.369
Médiane	11.250	65.000
Pearson	0.914	p<0.0001
Spearman	0.889	p<0.0001

Annexe I - Sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et valeur prédictive négative selon différents critères (performance de l'audiomètre portatif par rapport à la clinique d'audiologie)

Sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiomètre portatif selon la classification de la CNESST stade 4

Selon les critères de la CNESST stade 4, 23 travailleurs sont classés atteints c'est -à-dire qu'ils répondent à la définition de surdité possiblement indemnisable et 137 non atteints, c'est-à-dire ont une audition classée normale ou une surdité infra-barème (non indemnisable).

La sensibilité, la spécificité, VPP, VPN et nombre de faux positifs et de faux négatifs sont présentés dans le tableau 9 ci-dessous.

Rappelons que les faux positifs sont les résultats anormaux (positifs) à l'audiomètre portatif, mais normaux (négatifs) à l'audiomètre de la clinique d'audiologie. Cependant les résultats faux négatifs sont définis comme normaux (négatifs) à l'audiomètre portatif, mais anormaux (positifs) à l'audiomètre de la clinique d'audiologie. Dans l'ensemble, l'audiomètre portatif semble avoir une bonne performance pour identifier les travailleurs atteints de surdité possiblement indemnisable (stade 4 de la CNESST).

Tableau E - Sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiomètre portatif selon la classification de la CNESST stade 4

CNESST4_AP_D_ou_G (AP: Surdité CNESST (Stade 4) pour D ou G CNESST4_CA_D_ou_G(CA: Surdité CNESST (Stade 4) pour D ou G)				
CNESST 4 OD ou G (A. portatif)	CNESST 4_OD ou G (clinique d'audiologie)			Performance
	Anormal	Normal	Total	
Anormal	22	11	33	Sensibilité : 96 % Spécificité : 92 % Faux positif : 11 (33 %) Faux négatif : 1 (0,8 %) Valeur prédictive positive : 67 % Valeur prédictive négative : 99 %
Normal	1	126	127	
Total	23	137	160	

Coefficient Phi : 0.76 p<0.0001

Sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiomètre portatif selon la classification de NIOSH (MHI)

Selon cette classification de NIOSH (1997), 21 travailleurs sont classés atteints, c'est à dire qu'ils ont une déficience auditive significative (material hearing impairment) et 139 non atteints, c'est-à-dire ont une audition classée normale ou une surdité de stade inférieur à celui de déficience auditive significative.

Le tableau F résume les données concernant cette classification.

Tableau F - Sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiomètre portatif selon la classification de NIOSH (MHI)

NIOSH_moy1234k_AP_D_et_G (AP: NIOSH_moy1234k pour OD et moy1234k pour OG) NIOSH_moy1234k_CA_D_et_G (CA: NIOSH_moy1234k pour OD et moy1234k OG)				
NIOSH_moy1234k OD et OG (A. portatif)	NIOSH_moy1234k_OD et OG (clinique d'audiologie)			Sensibilité : 100 % Spécificité : 93 % Faux positif : 10 (32 %) Faux négatif : 0 Valeur prédictive positive : 68 % Valeur prédictive négative : 100 %
	Anormal	Normal	Total	
Anormal	21	10	31	
Normal	0	129	129	
Total	21	139	160	

Coefficient Phi : 0.79 $p < 0.0001$

Sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiomètre portatif selon la classification SAT Montérégie OD ou OG.

Selon cette classification, 33 travailleurs sont classés atteints, c'est à dire qu'ils ont une atteinte auditive significative et 127 non atteints, c'est-à-dire ont une audition classée normale ou une surdité moins significative (voir tableau G).

Tableau G - Sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiomètre portatif selon classification SAT Montérégie OD ou OG

SAT_mont_AP_D_ou_G (AP: SAT Montérégie pour D ou G) SAT_mont_CA_D_ou_G (CA: SAT Montérégie pour D ou G)				
SAT_mont_D_ou_G (A. portatif)	SAT_mont_D_ou_G (clinique d'audiologie)			
	Anormal	Normal	Total	
Anormal	32	10	42	Sensibilité : 97 % Spécificité : 92 % Faux positif : 10 (24 %) Faux négatif : 1 (0,8 %) Valeur prédictive positive : 76 % Valeur prédictive négative : 99 %
Normal	1	117	118	
Total	33	127	160	

Coefficient Phi : 0.82 $p < 0.0001$

Sensibilité, spécificité, VPP et VPN de l'audiomètre portatif selon le critère de seuil supérieur ou égal à 30 dB à la fréquence de 500Hz pour au moins, une oreille (D ou G)

Tel que mentionné dans la section méthodologie (variables) l'audiomètre Maico MA 25e utilisé en Montérégie documente par défaut le résultat du seuil à la fréquence de 500 Hz. Ainsi, l'équipe SAT de cette région a besoin de connaître la performance de cette variable pour réévaluer sa pratique.

Dans le cadre de cette étude, le participant dont le seuil est supérieur ou égal à 30 dB HL à la fréquence de 500 Hz pour au moins une oreille est considéré comme atteint.

Selon ce critère, 15 travailleurs sont classés atteints, c'est à dire qu'ils présentent un seuil à la fréquence de 500Hz supérieur ou égal à 30 pour au moins une oreille, alors que 145 sont non atteints, c'est-à-dire que leur résultat à la fréquence de 500 Hz est inférieur à 30 dB. Pour plus de détail, se référer au tableau H ci-dessous

Tableau H : Sensibilité et spécificité du critère de 500Hz >=30 pour au moins, une oreille (D ou G)

AP_anormal500(Portable: à 500Hz >=30 pour au moins une oreille CA_anormal500(Clinique: à 500Hz >=30 pour au moins une oreille)				
500Hz >=30_ OD ou G (A. portatif)	500Hz >=30 OD ou G (clinique d'audiologie)			Sensibilité : 100 % Spécificité : 84 % Faux positif : 23 (61%) Faux négatif : 0 Valeur prédictive positive : 39% Valeur prédictive négative :100 %
	Anormal	Normal	Total	
Anormal	15	23	38	
Normal	0	122	122	
Total	15	145	160	
Coefficient Phi : 0.58		p <0.0001		

Tableau I : Résumé des résultats sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et valeur prédictive négative selon différentes classifications (Audiomètre portable par rapport à la clinique d'audiologie)

Classification	Sensibilité	Spécificité	Valeur Prédictive Positive	Valeur Prédictive Négative	Faux positif	Faux négatif	Coefficient Phi
Audiomètre portable vs clinique audiologie)							
CNESST4_AP_OD_ou_OG (AP: Surdité CNESST (Stade 4) pour D ou G	96 %	92 %	67 %	99 %	11 (33%)	1	0.76 p<0.0001
CNESST4_CA_OD_ou_OG CA: Surdité CNESST (Stade 4) pour D ou G							
AP_SAT_Monteregie_OD ou OG (AP: SAT (somme1234K >=120) pour OD ou OG)	97 %	92 %	76 %	99 %	10 (24%)	1	0.82 % p<0.0001
CA_SAT_Monteregie_OD ou OG (CA: SAT (somme1234K >=120) pour OD ou OG)							
AP_NIOSH_MHI_OD et OG_1234K (AP : NIOSH Moyenne OG >=25 et Moyenne OD >=25)	100 %	93 %	68 %	100%	10 (32%)	0	0.79 p<0.0001
CA_NIOSH_MHI OD et OG_1234K (CA_NIOSH : Moyenne OG >=25 et Moyenne OD >=25)							
AP_anormal500 (Portable>=30 pour au moins une oreille CA_anormal500 (Portable>=30 pour au moins une oreille	100 %	84 %	39 %	100 %	23 (61%)	0	0.58 p<0.0001

Comparaison des résultats de l'audiomètre portatif selon différents critères pour l'oreille droite et gauche séparément

Tableau J :

CNESST4_AP_OD(AP: Surdité CNESST (Stade 4) pour OD)				
CNESST4_CA_OD(CA: Surdité CNESST (Stade 4) pour OD)				
CNESST 4_OD (A. portatif)	CNESST 4_OD (clinique d'audiologie)			
	Anormal	Normal	Total	Sensibilité : 93 %
Anormal	14	9	23	Spécificité : 93 %
Normal	1	136	137	Faux positif : 9
Total	15	145	160	Faux négatif : 1 Valeur prédictive positive : 61% Valeur prédictive négative : 99 %
Coefficient Phi : 0.7239 p<0.0001				

Tableau K

CNESST4_AP_OG(AP: Surdité CNESST (Stade 4) pour OG)				
CNESST4_CA_OG(CA: Surdité CNESST (Stade 4) pour OG)				
CNESST 4_OG (A. portatif)	CNESST 4_OG (clinique d'audiologie)			
	Anormal	Normal	Total	Sensibilité : 94 %
Anormal	17	7	24	Spécificité : 95%
Normal	1	135	136	Faux positif : 7
Total	18	142	160	Faux négatif : 1 Valeur prédictive positive : 71 % Valeur prédictive négative :99 %
Coefficient Phi : 0.79		p<0.0001		

Tableau L

AP_SAT_monteregie_OD(AP: SAT (somme1234K >=120) pour OD)				
CA_SAT_monteregie_OD(CA: SAT (somme1234K >=120) pour OD)				
SAT_monteregie_OD AP (Portatif)	SAT_monteregie_OD (clinique d'audiologie)			
	Anormal	Normal	Total	Sensibilité : 90 %
Anormal	18	11	29	Spécificité : 92 %
Normal	2	129	131	Faux positif : 11
				Faux négatif : 2
Total	20	140	160	Valeur prédictive positive : 62 %
				Valeur prédictive négative : 98 %
Coefficient Phi : 0.70 p<0.0001				

Tableau M

AP_SAT_monteregie_OG(AP: SAT (somme1234K >=120) pour OG)				
CA_SAT_monteregie_OG(CA: SAT (somme1234K >=120) pour OG)				
SAT_monteregie_OG AP (Portatif)	SAT_monteregie_OG (clinique d'audiologie)			
	Anormal	Normal	Total	Sensibilité : 96 %
Anormal	27	9	36	Spécificité : 93 %
Normal	1	123	124	Faux positif : 9
				Faux négatif : 1
Total	28	132	160	Valeur prédictive positive : 75 %
				Valeur prédictive négative : 99 %
Coefficient Phi : 0.82 p<0.0001				

Tableau N

AP_NIOSH_OD_1234K(AP_NIOSH:Moyenne OD >=25 (des 1234K))				
CA_NIOSH_OD_1234K(CA_NIOSH:Moyenne OD>=25 (des 1234K))				
NIOSH_OD_1234K (audiomètre portatif)	NIOSH_OD_1234K (clinique d'audiologie)			
	Anormal	Normal	Total	Sensibilité : 100 %
Anormal	16	9	25	Spécificité : 94 %
Normal	0	135	135	Faux positif : 9
Total	16	144	160	Faux négatif : 0 Valeur prédictive positive : 64 % Valeur prédictive négative : 100 %
Coefficient Phi : 0.77		p<0.0001		

Tableau O

AP_NIOSH_OG_1234K(AP_NIOSH:Moyenne OG >=25 (des 1234K))				
CA_NIOSH_OG_1234K(CA_NIOSH:Moyenne OG >=25 (des 1234K))				
NIOSH_OG_1234K (audiomètre portatif)	NIOSH_OG_1234K (clinique d'audiologie)			
	Anormal	Normal	Total	Sensibilité : 78 %
Anormal	14	6	20	Spécificité : 96 %
Normal	4	136	140	Faux positif : 6
Total	18	142	160	Faux négatif : 4 Valeur prédictive positive : 70 % Valeur prédictive négative : 97 %
Coefficient Phi : 0.7027 p<0.0001				

Tableau P : Résumé résultats sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et valeur prédictive négatives selon différents critères (performance de l'audiomètre portatif par rapport à la clinique d'audiologie)

	Sensibilité	Spécificité	Valeur Prédictive Positive	Valeur Prédictive Négative	Faux positif	Faux négatif	Coefficient Phi
CNESST4_AP_OD (AP : Surdité CNESST (Stade 4) pour OD)	93 %	93 %	60 %	99 %	9	1	0.72 p<.00 01
CNESST4_CA_OD (CA : Surdité CNESST (Stade 4) pour OD)							
CNESST4_AP_OG (AP : Surdité CNESST (Stade 4) pour OG)	94 %	95 %	70 %	99 %	7	1	0.79 p<.0001
CNESST4_CA_OG (CA : Surdité CNESST (Stade 4) pour OG)							
CNESST4_AP_OD_ou_OG (AP: Surdité CNESST (Stade 4) pour D ou G)	96 %	92 %	67 %	99 %	11	1	0.76 p<.00 01
CNESST4_CA_OD_ou_OG CA: Surdité CNESST (Stade 4) pour D ou G)							
AP_SAT_Monteregie_OD (AP: SAT (somme1234K >=120) pour OD)	90 %	92 %	62 %	98 %	11	2	0.71 p<.00 01
CA_SAT_Monteregie_OD (CA: SAT (somme1234K >=120) pour OD)							
AP_SAT_Monteregie_OG (AP: SAT (somme1234K >=120) pour OG)	96 %	93 %	75 %	99 %	9	1	0.82 p<.00 01
CA_SAT_Monteregie_OG (CA: SAT (somme1234K >=120) pour OG)							
AP_SAT_Monteregie_OD ou OG (AP: SAT (somme1234K >=120) pour OD ou OG)	97 %	92 %	76 %	99 %	10	1	0.82 %

CA_SAT_Monteregie_OD ou OG (CA: SAT (somme1234K >=120) pour OD ou OG)								p<.00 01
AP_NIOSH_OD_1234K (AP : NIOSH : Moyenne OD >=25 (des 1234K)	100 %	94 %	64 %.	100 %	9	0		0.77 p<.00 01
CA_NIOSH_OD_1234K (CA : _NIOSH : Moyenne OD >=25(des 1234K)								
AP_NIOSH_OD_1234K (AP : NIOSH : Moyenne OD >=25 (des 1234K)	78 %	96 %	70 %	97 %	6	4		0.70 p<.00 01
CA_NIOSH_OD_1234K (CA : _NIOSH : Moyenne OD >=25 (des 1234K)								
AP_NIOSH_MHI_OD et OG_1234K (AP : NIOSH Moyenne OG >=25 et Moyenne OD >=25)	100 %	0,93 %	0,68 %	100%	10	0		0.79 p<.00 01
CA_NIOSH_MHI OD et OG_1234K (CA_NIOSH : Moyenne OG >=25 et Moyenne OD >=25)								
AP_anormal500 (Portable>=30 pour au moins une oreille CA_anormal500 (Portable>=30 pour au moins une oreille	100 %		84 %	39 %	100 %	23		0.58 p<.00 01

Bibliographie

American National Standards Institute. (2003). *Maximum permissible ambient noise levels for audiometric test rooms (Rev. ed.) (ANSI S3.1-1999)*.

American Speech-Language-Hearing Association. (2005). *Guidelines for manual pure-tone threshold audiometry*. <https://www.asha.org/policy/>

Akoglu, H. (2018). User's guide to correlation coefficients. *Turkish Journal of Emergency Medicine*, 18(3), 91–93. <https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001>

Boughanem, I., Charron, J., Kadaoui, N., & McNeil-Gauthier, A.-L. (2025). *Dépistage de la surdité professionnelle par audiométrie portable en Montérégie – Rapport d'évaluation de son implantation 2022–2023*. Centre intégré de santé et de services sociaux de la Montérégie-Centre.

Bourdeau, N., Chiosa, V., Élie, C., Hamelin, C., Petrucci-Hodge, E., Séguin, P., & Vergara, D. (2017). *Audiométrie portable : Surveillance médicale de la surdité professionnelle. Guide de pratique professionnelle régionale (GPPR)*. Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal.

Cardoso, C. L., Bós, Â. J., Gonçalves, A. K., Olchik, M. R., Flores, L. S., Seimetz, B. M., Bauer, M. A., Coradini, P. P., & Teixeira, A. R. (2014). Sensitivity and specificity of portable hearing screening in middle-aged and older adults. *International Archives of Otorhinolaryngology*, 18(1), 21–26. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1358660>

Charron, J. (2024). *Cadre de référence pour le dépistage de la surdité professionnelle en Montérégie*. Centre intégré de santé et de services sociaux de la Montérégie-Centre.

CMPSATQ. (2015). *Guide de pratique professionnelle : Guide concernant l'utilisation des examens audiométriques dans le réseau de santé publique de santé au travail*. Réseau de santé publique en santé au travail.

Conseil de recherches en sciences humaines du Canada, Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, & Instituts de recherche en santé du Canada. (2022). *Énoncé de politique des trois conseils : Éthique de la recherche avec des êtres humains (EPTC 2)*. Gouvernement du Canada.

Dahan, Z., Saliba, J., & Pinsonnault-Skvarenina, A. (2025). Trends in occupational hearing Loss: An analysis of 36,984 Workers with occupational noise exposure in Quebec. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 67(7), e460–e468. <https://doi.org/10.4000/pistes.3805>

Dansereau, M., Deshaies, P., Gaulin, C., Laliberté, D., & Tremblay, J. (2015). *Guide concernant l'utilisation des examens audiométriques dans le réseau public de santé au travail*. Réseau de santé publique en santé au travail.

Deshaies, P., & Hallé, S. (2019). *Évaluation de la validité des examens de dépistage de la surdité professionnelle 2008–2014*. Centre intégré de santé et de services sociaux de Chaudière-Appalaches.

Doucet, H. (2001). Développement des concepts et des enjeux en éthique de la recherche. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*. (3-1)
<https://journals.openedition.org/pistes/3805>

Doucet, H. (2002). *L'éthique de la recherche : Guide pour le chercheur en sciences de la santé*. Presses de l'Université de Montréal.

Fortin, M.-F., & Gagnon, J. (2022). *Fondements et étapes du processus de recherche : Méthodes quantitatives et qualitatives* (4e éd.). Chenelière Éducation.

Gauthier, J., Hamel, M., Lalonde, M. et Lemoine, O. (1985). *Évaluation de l'audition dans le cadre d'un programme de santé et de prévention en santé au travail. Module 1*. Montréal : Département de santé communautaire Saint-Luc, 107 p.

Hétu, R. (1979). Critical analysis of the effectiveness of secondary prevention of occupational hearing loss. *Journal of Occupational Medicine*, 21(4), 251–256.

International Organization for Standardization. (2010). *Acoustique — Méthodes d'essais audiométriques — Partie 1 : Audiométrie à sons purs en conduction aérienne et en conduction osseuse (ISO 8253-1:2010)*.

Kadaoui, N., Hauyon, A., Renaud, M.-H., Picard-Masson, M., Boughanem, I., & Charron, M. (2023). *Règle de soins infirmiers — Dépistage par audiométrie portative des atteintes auditives professionnelles*. Centre intégré de santé et de services sociaux de la Montérégie-Centre.

Karlsrose, B., Pedersen, H. B., Lauritzen, T., & Parving, A. (1998). Audiometry in general practice: Validation of a pragmatic pure-tone audiometry method. *Scandinavian Audiology*, 27(3), 137–142. <https://doi.org/10.1080/010503998422638>

Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163.
<https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>

Lambert, N. (2001). *Étude exploratoire portant sur l'utilité d'outils d'intervention en santé au travail pour identifier les travailleurs atteints de surdité*. Université Laval.

Liao, W.-H., Young, S.-T., Lien, C.-F., & Wang, S.-J. (2011). An audiometer to monitor progressive hearing change in school-aged children. *Journal of Medical Screening*, 18(1), 8–11.

Martin, R. et Tissot, F. (2025). *Exposition des travailleuses et travailleurs québécois au bruit intense en milieu de travail : résultats de l'Enquête québécoise sur la santé de la population, 2020-2021*. Québec : Institut national de santé publique du Québec.

Meinke, D. K., & Martin, W. H. (2023). Boothless audiometry: Ambient noise considerations. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 153(1), 26–39.

Réseau de santé publique en santé au travail. (2023). *Faits saillants sur le bruit*.
<https://santeautravail.qc.ca/bruits-et-surdite-publications>

Reitsma, J. B., Rutjes, A. W. S., Khan, K. S., Coomarasamy, A., & Bossuyt, P. M. (2009). A review of solutions for diagnostic accuracy studies with an imperfect or missing reference standard. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62, 797–806.

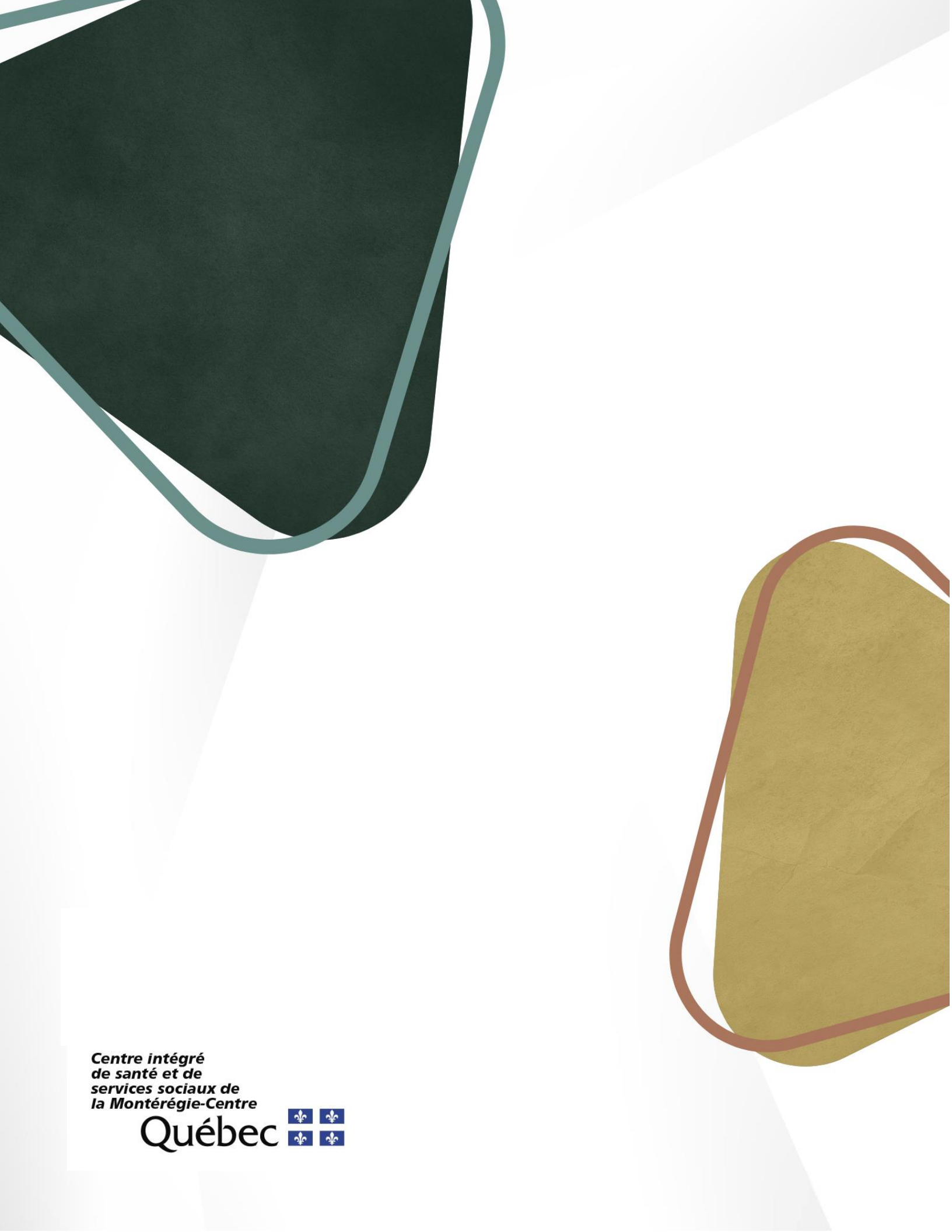
Storey, K. K., Muñoz, K., Nelson, L., Larsen, J., & White, K. (2014). Ambient noise impact on accuracy of automated hearing assessment. *International Journal of Audiology*, 53(10), 730–736. <https://doi.org/10.3109/14992027.2014.920110>

Vergara, D. et Arauz, M. (2021). *Résultats d'évaluation du projet pilote de dépistage de la surdité professionnelle par audiométrie portable*. Montréal : Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal, présentation PowerPoint.

Visagie, A., Swanepoel, D. W., & Eikelboom, R. H. (2015). Accuracy of remote hearing assessment in a rural community. *Telemedicine and e-Health*, 21(11), 930–937.
<https://doi.org/10.1089/tmj.2014.0243>

Wang, Y., Wang, S., Tai, C., Lin, L., & Shiao, A. (2002). Hearing screening with portable screening pure-tone audiometer and distortion-product otoacoustic emissions. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 65(6), 285–292.

Wong, T. W., Yu, T. S., Chen, W. Q., Chiu, Y. L., Wong, C. N., & Wong, A. H. (2003). Agreement between hearing thresholds measured in non-soundproof work environments and a soundproof booth. *Occupational and Environmental Medicine*, 60(9), 667–671.
<https://doi.org/10.1136/oem.60.9.667>



*Centre intégré
de santé et de
services sociaux de
la Montérégie-Centre*

Québec 