Canadian Audiologist
The Official Publication of the Canadian Academy of Audiology

From the Audiometric Booth to Real?World Soundscapes: Over Forty Years of Cochlear Implant Research Leading to Ecological Audiology

Published June 10th, 2026

François Bergeron, PhD

François Bergeron, PhD
Full Professor,
Director, Audiology Program,
Researcher, Quebec cochlear implant program
Researcher, Centre interdisciplinaire de recherche en réadaptation et insertion sociale
Faculty of Medicine, Université Laval
Québec City, Québec, Canada

Abstract

Over more than four decades, cochlear implant research has profoundly transformed the management of individuals with severe-to-profound hearing loss. Established early as one of the first structured cochlear implant programs in Canada, the Québec Cochlear Implant Program played a pioneering role in clinical innovation, research integration, and professional training. Research conducted within this program led to major advances in understanding auditory performance, neural plasticity, and functional benefits of cochlear implants (Bergeron, 1997; Blamey et?al., 2013). Importantly, it also consistently revealed the limitations of audiological assessments conducted exclusively in controlled environments. This article outlines a research trajectory demonstrating how more than forty years of cochlear implant research led to the development of an ecological audiology approach, in which realistic listening environments, spatial hearing, and social participation are central targets of audiological assessment and intervention.

Introduction

Cochlear implantation represents one of the most significant therapeutic advances in the history of audiology. Beginning in the early 1980s, Québec emerged as a national leader in this field with the establishment of the **Québec Cochlear Implant Program**, one of the first structured cochlear implant programs in Canada. From its inception, the program adopted an integrated model combining clinical care, research, and professional training, enabling the rapid development of evidence-based practices (Bergeron et?al., 1989; Blamey et?al., 1996).

From the earliest implanted cohorts, a fundamental observation became apparent: **auditory performance measured in the audiometric booth did not fully reflect the everyday listening experience of cochlear implant users**. This gap between clinic-based performance and real-world functioning was documented repeatedly over more than four decades and progressively challenged traditional models of audiological assessment, ultimately leading to the emergence of ecological audiology.

Over Forty Years of Cochlear Implant Research: A Foundational Trajectory

My research on cochlear implantation spans more than 40 years and encompasses early multichannel implant trials, stimulation strategies, preservation of residual hearing, pediatric and adult implantation, and long-term predictors of auditory performance (Bergeron, 1997; Blamey et?al., 2013).

Early studies demonstrated the clinical feasibility and auditory benefits of cochlear implantation in both adults and children (Bergeron et?al., 1989; Picard et?al., 1992). These investigations contributed to validating cochlear implant technology; however, they also revealed **substantial variability in functional outcomes**, even among individuals with comparable audiological profiles. This variability was confirmed by large international multicenter studies, which showed that conventional audiometric measures alone were insufficient to explain communication success, autonomy, and quality of life (Blamey et?al., 2013).

The Québec Cochlear Implant Program: A Canadian Pioneer

The Québec Cochlear Implant Program rapidly became a central contributor to cochlear implantation in Canada. Its early adoption of a publicly funded, structured implantation model enabled sustained clinical activity, systematic research, and knowledge transfer across disciplines.

This unique environment fostered an early shift in how benefit was conceptualized. Rather than focusing exclusively on speech recognition in quiet, research and clinical practice increasingly considered communication in noise, safety, mobility, and social participation as meaningful outcome measures (Bergeron, 2002; Blamey et?al., 2013). These reflections played a decisive role in the conceptual foundations of ecological audiology.

From Conventional Testing to Ecological Understanding

Decades of cochlear implant outcome research made a consistent conclusion unavoidable: audiological tests conducted in controlled environments cannot reproduce the acoustic complexity of everyday life. Daily listening involves dynamic, multidirectional soundscapes with competing noise sources, where spatial hearing and selective attention are critical (Nilsson et?al., 1994; Lorenzi et?al., 1999).

These observations led to a progressive adoption of an ecological perspective inspired by

interactional models of disability, particularly the **Disability Creation Process**, which conceptualizes functional limitations as resulting from the interaction between individual capacities and environmental demands (Fougeyrollas et?al., 2019).

Immersion?360: A Clinical Response Emerging From Cochlear Implant Research

The **Immersion?360 system** was developed directly in response to limitations repeatedly observed among cochlear implant users. This immersive platform recreates everyday sound environments—restaurants, urban streets, vehicles, classrooms—and allows evaluation of speech perception and spatial hearing under realistic acoustic conditions (Bergeron et?al., 2022).

The system represents a direct extension of cochlear implant research, translating decades of clinical observations into a practical tool enabling ecological assessment. Its design is consistent with previous work demonstrating that multi-source sound configurations allow hearing mechanisms and hearing devices to operate in laboratory settings similarly to real life (Revit et?al., 2002).

Auditory Localization and Safety: A Natural Extension of CI Research

Current and ongoing research extends this ecological trajectory for assessing auditory perception in natural environments to **auditory localization in real-world contexts**, a critical skill for mobility and safety. Localization depends on precise processing of binaural cues, including interaural time and level differences (Middlebrooks & Green, 1991).

Despite its central functional importance, localization remains rarely assessed clinically, largely due to the lack of ecologically valid protocols (Lorenzi et?al., 1999; Kop?o et?al., 2010). Ongoing normalization studies using realistic scenarios—pedestrian signals, emergency sirens, vehicle horns—represent a logical continuation of cochlear implant research and aim to bridge this long-standing assessment gap (Risoud et?al., 2018).

Conclusion

More than forty years of cochlear implant research conducted within the pioneering Québec Cochlear Implant Program have demonstrated that technological success does not automatically translate into functional success. This realization progressively led to the development of ecological audiology as a clinical necessity rather than a theoretical alternative.

Ecological audiology should thus be understood not as a departure from cochlear implant research, but as its natural outcome: **an approach that evaluates hearing not outside the world, but within the world in which people live, communicate, and move**.

References

1. Bergeron, F. (1997). Residual hearing following cochlear implantation: Effect of time and device. *Advances in Otorhinolaryngology*, *57*, 389–392.
2. Bergeron, F., Ferron, P., & Desgagné, M. (1989). Cochlear implantation in Québec City: Auditory performances with a recently trained patient. *Journal of Otolaryngology*, *18*, 17–23.
3. Bergeron, F., Agrawal, S., Lemolton, A., Fariney, T., Demers, D., Berland, A., & Bouchard, B. (2022). Hearing assessment and training in immersive virtual reality: Clinical model and validation with cochlear implant users. *Scholarly Journal of Otolaryngology*, *8*(4), 905–916.
4. Blamey, P. J., Maat, B., Ba?kent, D., Mawman, D., Burke, E., Dillier, N., Dowell, R., Fraysse, B., Green, K., Govaerts, P., Lazard, D. S., Skarzynski, P. H., Sterkers?Artières, F., Truy, E., Vincent, C., & Bergeron, F. (2013). Factors affecting auditory performance of postlinguistically deaf adults using cochlear implants: An update with 2251 patients. *Audiology and Neurotology*, *18*(1), 36–47.
5. Fougeyrollas, P., Boucher, N., Edwards, G., Grenier, Y., & Noreau, L. (2019). The disability creation process model: A comprehensive explanation of disabling situations as a guide to developing policy and service programs. *Scandinavian Journal of Disability Research*, *21*, 25–37.
6. Kop?o, N., Best, V., & Carlile, S. (2010). Speech localization in a multitalker mixture. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *127*(3), 1450–1457.
7. Lorenzi, C., Gatehouse, S., & Lever, C. (1999). Sound localization in noise in normal?hearing listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *105*(3), 1810–1820.
8. Middlebrooks, J. C., & Green, D. M. (1991). Sound localization by human listeners. *Annual Review of Psychology*, *42*, 135–159.
9. Nilsson, M., Soli, S. D., & Sullivan, J. A. (1994). Development of the hearing in noise test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *95*(2), 1085–1099.
10. Revit, L. J., Schulein, R. B., & Julstrom, S. (2002). Toward accurate assessment of real?world hearing aid benefit. *The Hearing Review*, *9*(4), 51–58.
11. Risoud, M., Hanson, J.?N., Gauvrit, F., Renard, C., Lemesre, P.?E., Bonne, N.?X., & Vincent, C. (2018). Sound source localization. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, *135*(4), 259–264.

De la cabine audiométrique aux environnements de vie : Quarante années de recherche en implantation cochléaire au service d’une audiologie écologique

François Bergeron, Ph. D.
Professeur titulaire,
Directeur, Programme d’audiologie,
Chercheur, Programme québécois en implant cochléaire
Chercheur, Centre interdisciplinaire de recherche en réadaptation et insertion sociale
Faculté de médecine, Université Laval
Québec (Québec), Canada

Résumé

Depuis plus de quarante ans, la recherche en implantation cochléaire a profondément transformé la prise en charge des personnes présentant une surdité sévère à profonde. Développé dès ses débuts comme l’un des premiers programmes structurés d’implantation cochléaire au Canada, le Programme québécois en implant cochléaire a joué un rôle pionnier tant sur le plan clinique que scientifique. Les travaux issus de ce programme ont permis des avancées majeures dans la compréhension des performances auditives, de la plasticité cérébrale et des bénéfices fonctionnels des implants cochléaires (Bergeron, 1997; Blamey et?al., 2013). Ils ont également mis en évidence, de manière récurrente, les limites d’une évaluation audiologique centrée exclusivement sur des environnements contrôlés. Cet article retrace une trajectoire de recherche montrant comment plus de quatre décennies de travaux en implantation cochléaire ont conduit au développement d’une approche écologique de l’évaluation auditive, où les environnements réalistes, l’audition spatiale et la participation sociale constituent désormais des cibles centrales de l’intervention audiologique.

Introduction

L’implantation cochléaire constitue l’une des innovations thérapeutiques les plus marquantes de l’audiologie moderne. Dès le début des années 1980, le Québec s’est positionné comme un chef de file canadien dans ce domaine, avec la mise en place du **Programme québécois en implant cochléaire**, l’un des premiers programmes structurés d’implantation cochléaire au Canada. Ce programme s’est rapidement distingué par l’intégration étroite de la clinique, de la recherche et de la formation, contribuant à la production de données probantes sur les bénéfices et les limites fonctionnelles de cette technologie (Bergeron et?al., 1990; Blamey et?al., 1996).

Dès les premières cohortes implantées, une observation fondamentale s’est imposée?: **les performances auditives mesurées en cabine audiométrique ne rendaient pas pleinement compte de l’expérience quotidienne des utilisateurs d’implants cochléaires**. Cette discordance, documentée de façon récurrente sur plus de quatre décennies, a progressivement conduit à une remise en question des modèles classiques d’évaluation auditive et à l’émergence d’une approche écologique en audiologie.

Quarante années de recherche en implantation cochléaire : une trajectoire fondatrice

Mes travaux de recherche en implantation cochléaire s’inscrivent dans cette trajectoire depuis plus

de quarante ans, couvrant les premiers essais cliniques d'implants multicanaux, l'étude des stratégies de stimulation électrique, la préservation de l'audition résiduelle et l'analyse des facteurs prédictifs de performance auditive à court et à long terme (Bergeron, 1997; Blamey et?al., 2013).

Les premières études ont permis de démontrer la faisabilité clinique et les bénéfices auditifs de l'implantation cochléaire, tant chez l'adulte que chez l'enfant (Bergeron et?al., 1989; Picard et?al., 1992). Toutefois, elles ont également révélé une **variabilité importante des bénéfices fonctionnels**, malgré des profils audiologiques comparables. Cette variabilité a été confirmée par de grandes études multicentriques internationales (Blamey et?al., 2013), mettant en évidence les limites explicatives des mesures audiométriques traditionnelles.

Le Programme québécois en implant cochléaire : un rôle pionnier au Canada

Le Programme québécois en implant cochléaire s'est imposé comme un acteur central du développement de l'implantation cochléaire au Canada. Son modèle intégré a permis non seulement l'innovation clinique, mais aussi la formation de générations d'audiologistes, d'oto?rhino?laryngologistes et de chercheurs.

Ce cadre unique a favorisé une réflexion précoce sur la notion de **bénéfice fonctionnel réel**, dépassant la simple reconnaissance de la parole en silence pour inclure des dimensions telles que la communication dans le bruit, la sécurité, l'autonomie et la participation sociale (Bergeron, 2002; Blamey et?al., 2013). Ces réflexions ont directement nourri le développement ultérieur de l'audiologie écologique.

Des limites des tests classiques à l'approche écologique

Les décennies d'évaluation des utilisateurs d'implants cochléaires ont mis en évidence une constante?: les tests réalisés en environnement contrôlé ne reproduisent ni la complexité acoustique du quotidien, ni les exigences fonctionnelles réelles (Nilsson et?al., 1994; Lorenzi et?al., 1999). Communiquer, se déplacer et assurer sa sécurité impliquent des environnements dynamiques, bruyants et multidirectionnels, dans lesquels l'auditeur doit mobiliser l'audition spatiale et l'attention sélective.

Ces constats ont conduit à l'adoption progressive d'une perspective écologique, inspirée notamment du **Processus de production du handicap**, qui considère les limitations auditives comme le résultat d'une interaction entre les capacités de la personne, les habitudes de vie et les contraintes de l'environnement (Fougeyrollas et?al., 2019).

Immersion?360 : une réponse clinique issue de la recherche en implantation cochléaire

C'est directement à partir des défis observés chez les utilisateurs d'implants cochléaires qu'a été développé le **système Immersion?360**, un dispositif d'évaluation et de réadaptation auditive

reposant sur la reproduction contrôlée d’environnements sonores réels (Bergeron et?al., 2022). Ce système permet d’évaluer la perception de la parole et les capacités spatiales dans des contextes représentatifs du quotidien.

Le développement d’Immersion?360 s’inscrit dans la continuité directe de plus de quatre décennies de recherche en implantation cochléaire, en transformant des observations cliniques récurrentes en outils évaluatifs transférables à la pratique audiologique.

Localisation auditive et sécurité : une extension naturelle des travaux en CI

Les travaux en cours poursuivent cette trajectoire en s’intéressant à la **localisation auditive en environnements écologiques**, une compétence essentielle à la sécurité et à la mobilité (Risoud et?al., 2018). La localisation repose sur l’intégration d’indices binauraux fins, tels que les différences interaurales de temps et d’intensité (Middlebrooks & Green, 1991).

La normalisation en cours des capacités de localisation sonore dans des scénarios de vie réelle (signal de traversée, sirènes, klaxons) constitue une nouvelle étape logique dans l’évolution de l’audiologie écologique issue de la recherche en implantation cochléaire.

Conclusion

Les plus de quarante années de recherche menées dans le cadre du Programme québécois d’implant cochléaire ont démontré que la réussite technologique ne garantit pas à elle seule la réussite fonctionnelle. C’est en réponse à cette réalité que l’audiologie écologique s’est imposée progressivement comme une nécessité clinique. Aujourd’hui, cette approche représente l’aboutissement cohérent d’une trajectoire scientifique amorcée avec les premiers implants cochléaires?: **évaluer l’audition dans le monde réel, et non en dehors du monde**.

Références

1. Bergeron, F. (1997). Residual hearing following cochlear implantation: Effect of time and device. *Advances in Otorhinolaryngology*, *57*, 389–392.
2. Bergeron, F., et?al. (1989). Cochlear implantation in Québec City. *Journal of Otolaryngology, 18*, 17–23.
3. Bergeron, F., et?al. (2022). Hearing assessment and training in immersive virtual reality. *Scholarly Journal of Otolaryngology*, *8*(4), 905–916.
4. Blamey, P.?J., et?al. (2013). Factors affecting auditory performance of CI users. *Audiology and Neurotology*, *18*, 36–47.
5. Fougeyrollas, P., et?al. (2019). *Disability Creation Process Model*. *Scandinavian Journal of*

Disability Research, *21*, 25–37.

6. Lorenzi, C., et?al. (1999). Sound localization in noise in normal-hearing listeners. *JASA*, *105*, 1810–1820.
7. Middlebrooks, J.?C., & Green, D.?M. (1991). Sound localization by human listeners. *Annual Review of Psychology*, *42*, 135–159.
8. Nilsson, M., et?al. (1994). Development of the Hearing in Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *JASA*, *95*, 1085–1099.
9. Risoud, M., et?al. (2018). Sound source localization. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis*, *135*, 259–264.