

Radiofréquences, bruit et pollution de l'air : influence de l'exposition perçue sur l'expression de symptômes dans la cohorte néerlandaise AMIGO

Après une première étude* montrant la faible corrélation entre l'exposition modélisée et perçue aux radiofréquences et l'importance de cette dernière sur les symptômes non spécifiques et les troubles du sommeil dans la population générale néerlandaise, les auteurs ont étendu leur sujet de recherche à l'exposition au bruit et à la pollution de l'air#. L'ensemble engage à mener des travaux pluridisciplinaires pour investiguer l'interaction apparemment complexe entre expositions perçue et réelle dans la survenue de symptômes.

After a first study showing the low correlation between modeled and perceived exposure to radiofrequency electromagnetic fields and the importance of the latter in the non-specific symptoms and sleep disorders reported in the Dutch general population, the authors extended their research to exposure to noise and air pollution#. This set of findings calls for multidisciplinary work to investigate the apparently complex interaction between perceived and real exposure in the onset of symptoms.*

La cohorte AMIGO (*Arbeid, Milieu en Gezondheid Onderzoek*) a été mise en place aux Pays-Bas en 2011/2012 pour étudier les déterminants environnementaux et professionnels des maladies chroniques et des symptômes courants en population générale. Les participants ont été recrutés par des médecins généralistes dans la patientèle âgée de 31 à 65 ans. Les données sanitaires recueillies comportaient les symptômes non spécifiques (*Four-Dimensional Symptom Questionnaire* [4DSQ-5] : prévalence de 16 plaintes banales telles que céphalées, lombalgies et sensations vertigineuses), les troubles du sommeil (échelle de la *Medical Outcome Study*) et les symptômes respiratoires (tels que toux, essoufflement et sifflements : échelle de l'*European Community Respiratory Health Survey*). Les scores de symptômes non spécifiques et de troubles du sommeil ont été considérés pour l'étude initiale, limitée à l'exposition au champ électromagnétique de radiofréquence (CEM-RF) émis par les stations de base de téléphonie mobile, ainsi que pour la suivante, élargie à l'exposition environnementale au bruit (susceptible de générer des plaintes dans les mêmes registres) et à la pollution atmosphérique, conduisant à inclure le score de symptômes respiratoires.

Étude focalisée sur les radiofréquences

L'étude visait à répondre à deux questions : quelle est la corrélation entre l'exposition modélisée et l'exposition perçue ? Quelles sont leurs relations avec les symptômes rapportés ? Les analyses transversales ont été effectuées dans la population totale de départ ($n = 14\,829$), ainsi que dans un sous-groupe de participants sélectionnés dans l'objectif de maximiser le contraste d'exposition (aussi bien modélisée que perçue). Ce sous-groupe ($n = 3\,992$ au départ [T0]) a fait l'objet d'un suivi pour des analyses longitudinales : 2 228 sujets (56 %) ont rempli de nouveau les questionnaires en 2013 (T1), dont 1 740 (78 %) ont été réinterrogés en 2014 (T2). Deux types d'analyses ont été réalisées pour estimer, d'une part l'impact de l'exposition mesurée à T0 sur les scores de symptômes à T1 (et mesurée à T1 sur les scores à T2), d'autre part l'impact d'un changement de l'exposition dans l'intervalle entre deux recueils de données (T0-T1 et T1-T2) sur la variation simultanée des scores de symptômes. L'exposition perçue était mesurée par la réponse, sur une échelle de 0 à 6, à la question : « Dans quelle mesure êtes-vous exposé à des ondes (champs/rayonnements



électromagnétiques) provenant de stations de téléphonie mobile ou de radio-télédiffusion ? ». En regard, seule l'exposition résidentielle aux émissions des stations de téléphonie mobile était modélisée (modèle géospatial tridimensionnel NIS-Map intégrant des informations relatives aux constructions, à la configuration du lieu, à l'étage de la chambre à coucher, à la localisation et aux caractéristiques techniques des antennes [réseaux GSM et UMTS], fournissant un résultat en densité de puissance [mW/m^2]). Les auteurs reconnaissent que la corrélation entre l'exposition modélisée et perçue a pu être légèrement sous-estimée dans la mesure où les sujets ont pris en compte d'autres sources que les antennes relais de téléphonie mobile (la difficulté à distinguer les différents types d'émetteurs a guidé le choix d'une question large) et d'autres

environnements que leur quartier d'habitation (en particulier le lieu de travail et le trajet pour s'y rendre), mais la relative rareté des installations de radio et télédiffusion par rapport à celles de téléphonie mobile limitait la probabilité que le répondant s'y réfère. En pratique, l'exposition modélisée et l'exposition perçue étaient faiblement corrélées dans la population totale (coefficient r de Spearman égal à 0,10). Toutefois, dans un petit groupe de participants ($n = 222$) pour lesquels l'exposition modélisée avait le plus augmenté entre T0 et T1 (de plus de 0,030 mW/m² représentant le 90^e percentile de la variation de l'exposition), cette augmentation est associée à celle de l'exposition perçue durant la même période (coefficient β [régression linéaire] égal à 0,31 [IC₉₅ : 0,11-0,50]). La raison de l'augmentation de l'exposition mesurée était un déménagement pour 15 participants seulement, et pour tous les autres l'installation (ou la modification) d'une antenne relais à proximité de l'habitation, les travaux n'étant probablement pas passés inaperçus.

Relations exposition-symptômes

Les analyses transversales dans la population totale comme dans le sous-groupe suivi (ajustement sur le sexe, l'âge, le niveau d'instruction, un indicateur du statut socio-économique à l'échelle du quartier et son degré d'urbanisation) montrent que l'exposition perçue, mais pas modélisée, est associée aux scores de symptômes non spécifiques et de troubles du sommeil. Après ajustement mutuel, les résultats dans la population totale sont les suivants : $\beta = 0,54$ [0,47-0,61] pour l'association avec le score 4DSQ-S (*versus* 0,19 [-0,07 à 0,45] pour l'exposition modélisée) et $\beta = 1,27$ [1,08-1,46] pour l'association avec le score de troubles du sommeil (β [exposition modélisée] = 0,56 [-0,21 à 1,33]).

Les analyses longitudinales aboutissent à un seul résultat significatif : l'augmentation de l'exposition perçue entre deux recueils de données est associée à celle du score 4DSQ-S ($\beta = 0,14$ [0,06-0,22]). Une analyse de régression compilant toutes les données individuelles (recueillies à T0, T1 et T2) et tenant compte de la

tendance temporelle (évolution des scores) dans le sous-groupe confirme l'association entre les symptômes non spécifiques et l'exposition perçue ($\beta = 0,13$ [0,05-0,21]) mais pas modélisée ($\beta = 0,20$ [-0,35 à 0,75]).

Extension au bruit et à la pollution de l'air

La pollution et le bruit ambiants, qui coexistent volontiers avec les antennes relais dans les zones urbaines très peuplées, partagent les caractéristiques d'une exposition involontaire, générant des préoccupations sanitaires plus ou moins importantes dans l'esprit de ceux qui la subissent. Mais si les CEM-RF ne sont pas perceptibles – seule la source d'émission peut être vue – le bruit est parfaitement audible et la pollution atmosphérique est parfois partiellement visible (fumées noires, d'échappement diesel, couverture nuageuse brúnatre) ou sentie, occasionnant une gêne olfactive. Toutefois aucun sens ne permet de percevoir directement le niveau de polluants tels que le dioxyde d'azote (NO₂) que les auteurs ont utilisé comme indicateur de l'exposition résidentielle à long terme à la pollution, modélisée par *land-use regression* (modèle LUR développé pour l'étude ESCAPE [*European Study of Cohorts for Air Pollution Effects*]). Le modèle national STAMINA (*Standard Model Instrumentation for Noise Assessments*) a été utilisé pour l'exposition résidentielle au bruit du trafic (indicateur L_{den} : niveau sonore moyen sur 24 h).

Trois questions étaient posées : dans quelle mesure les participants sont capables d'évaluer leur niveau d'exposition aux CEM-RF, au bruit et à la pollution générés par le trafic ? Quelles sont les associations entre les symptômes rapportés des trois catégories (non spécifiques, respiratoires et troubles du sommeil) et les expositions modélisées d'une part, perçues de l'autre (même question que précédemment pour les CEM-RF, évaluation sur une échelle de 0 à 6 également pour l'exposition au bruit et à la pollution dans le quartier de résidence), et comment varient ces associations quand les deux types d'expositions

sont prises en compte conjointement ? Quel est l'impact d'un déménagement sur les expositions et les symptômes ?

Confirmation de l'importance de la perception

Conformément à l'attendu, l'analyse transversale dans la population de départ ($n = 14\ 829$) montre une meilleure corrélation entre l'exposition modélisée et perçue au bruit ($r = 0,40$) qu'à la pollution atmosphérique ($r = 0,34$), mais la différence est minime. La connaissance des problématiques environnementales liées au trafic et les indications fournies par différents sens (vision et odeur des émissions des pots d'échappement, bruit des moteurs) expliquent probablement l'assez bonne évaluation de l'exposition à la pollution.

Pour les trois types d'expositions, l'intensité perçue est associée aux trois scores de symptômes et les associations ne sont pas modifiées par l'inclusion des niveaux d'exposition mesurés. Concernant l'association entre les troubles du sommeil et l'exposition au bruit par exemple, le coefficient de régression, égal à 0,83 (0,72-0,95) dans le modèle « mono-prédicteur » (exposition perçue) passe à 0,88 (0,76-1,01) après inclusion de l'exposition modélisée. En revanche, l'association positive observée avec l'exposition modélisée ($\beta = 0,05$ [0,01-0,09]) est renversée par l'introduction du niveau de bruit perçue ($\beta = -0,04$ [-0,08 à 0]). Pour les autres symptômes, lorsqu'une association existe avec l'exposition modélisée, la prise en compte de l'exposition perçue la fait disparaître (bruit) ou l'atténue fortement (pollution atmosphérique).

L'impact d'une variation intra-individuelle du niveau d'exposition perçue sur les scores de symptômes a été examiné dans l'échantillon des participants au suivi de l'année 2015 ($n = 7\ 905$). Pour toutes les expositions, la variation s'accompagne d'une évolution dans le même sens du score de symptômes. Les associations sont significatives pour l'exposition au CEM-RF et au bruit et les symptômes non spécifiques ainsi que les troubles du sommeil, et pour l'exposition à la pollution de l'air et les

symptômes respiratoires. Environ 7 % des participants ($n = 592$) avaient déménagé depuis leur entrée dans la cohorte. Les analyses dans ce sous-groupe montrent que l'augmentation ou la diminution consécutive de l'exposition à la pollution de l'air et surtout au bruit s'accompagne d'une variation dans le même sens de l'exposition perçue, ce qui renforce la notion d'une assez bonne capacité à estimer l'exposition réelle à ces deux nuisances, contrairement à ce qui est observé pour les CEM-RF.

Le résultat le plus surprenant de cette étude est le constat d'une influence de la perception de l'exposition au-delà du registre des symptômes qui lui sont habituellement rapportés. L'exposition perçue au CEM-RF et au bruit sont ainsi associées

au score de symptômes respiratoires, tandis que l'exposition à la pollution de l'air retentit sur celui de symptômes non spécifiques et de troubles du sommeil. Les expositions perçues étaient corrélées deux à deux (r compris entre 0,42 et 0,76), ce qui oriente vers un facteur général « préoccupations sanitaires liées à l'environnement ». Toutefois les expositions modélisées étaient également corrélées, bien que moins fortement (r allant de 0,18 à 0,41). Les scores de symptômes l'étaient aussi (r compris entre 0,27 et 0,50), suggérant une tendance générale à en exprimer. L'ensemble indique un jeu complexe entre expositions réelle, perçue et manifestations symptomatiques. Les auteurs appellent les chercheurs en sciences psychosociales et les épidémiologistes

à s'y intéresser d'autant plus que la perception de l'exposition ressort comme un bien meilleur prédicteur des symptômes que l'exposition modélisée.

Laurence Nicolle-Mir

*Martens AL¹, Slotje P, Timmermans D, *et al.* Modeled and perceived exposure to radiofrequency electromagnetic fields from mobile-phone base stations and the development of symptoms over time in a general population cohort. *Am J Epidemiol* 2017 ; 186 : 210-9. doi : 10.1093/aje/kwx041

#Martens AL¹, Reedijk M, Smid T, *et al.* Modeled and perceived RF-EMF exposure, noise and air pollution and symptoms in a population cohort. Is perception key in predicting symptoms ? *Sci Total Environ* 2018 ; 639 : 75-83. doi : 10.1093/aje/kwx041

¹ Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS), Division of Environmental Epidemiology, Utrecht University, Utrecht, Pays-Bas.