



ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΞΕΝΩΝ ΓΛΩΣΣΩΝ, ΜΕΤΑΦΡΑΣΗΣ ΚΑΙ
ΔΙΕΡΜΗΝΕΙΑΣ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΚΑΡΔΑΜΗ ΑΓΓΕΛΙΚΗ
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ: Ξ2018003
ΠΡΩΤΟΣ ΕΠΟΠΤΗΣ: ΚΑΡΛΑΦΤΗ ΦΩΤΕΙΝΗ
ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΕΠΟΠΤΗΣ: ΛΙΒΑΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ

Σχολιασμένη Μετάφραση από τα γαλλικά στα ελληνικά του
κειμένου “L’exposition au bruit des avions augmente-t-elle la mortalité
par maladie cardiovasculaire dans les communes riveraines des aéroports
en France ?”.

Κέρκυρα, 18-02-2023

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η έκθεση στο θόρυβο των αεροπλάνων αυξάνει τη
θνησιμότητα λόγω καρδιαγγειακής νόσου στις παράκτιες
κοινότητες των αεροδρομίων στη Γαλλία;**

L'exposition au bruit des avions augmente-t-elle la mortalité par maladie
cardiovasculaire dans les communes riveraines des aéroports en France ?

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Πρόλογος.....	5
2. Μετάφρασμα.....	6
3. Πρωτότυπο κείμενο.....	20
4. Σχολιασμός.....	34
5. Βιβλιογραφία.....	39

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στο πλαίσιο της φοίτησής μου στο τμήμα Ξένων Γλωσσών, Μετάφρασης και Διερμηνείας του Ιονίου Πανεπιστημίου, εκπονήθηκε η παρούσα πτυχιακή εργασία κατά το έτος 2023. Κεντρικό θέμα της εργασίας αποτελεί η μετάφραση (από τα γαλλικά στα ελληνικά) τεχνικού κειμένου με θέμα την επίδραση της έκθεσης στον θόρυβο των αεροπλάνων στη θνησιμότητα λόγω καρδιαγγειακής νόσου στις παράκτιες κοινότητες των αεροδρομίων στη Γαλλία , καθώς επίσης και ο σχολιασμός-επεξήγηση των μεταφραστικών τεχνικών που ακολουθήθηκαν. Τίτλος του πρωτοτύπου είναι: L'exposition au bruit des avions augmente-t-elle la mortalité par maladie cardiovasculaire dans les communes riveraines des aéroports en France ?. Αντιστοίχως, στα ελληνικά, ο τίτλος μεταφράστηκε ως: Η έκθεση στο θόρυβο των αεροπλάνων αυξάνει τη θνησιμότητα λόγω καρδιαγγειακής νόσου στις παράκτιες κοινότητες των αεροδρομίων στη Γαλλία; Το κείμενο έχει αμιγώς πληροφοριακό χαρακτήρα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Καρδιαγγειακή νόσος, έκθεση στον θόρυβο αεροπλάνων, χάρτης θορύβου, θνησιμότητα, ατμοσφαιρική ρύπανση, πληθυσμιακά δεδομένα, δείκτης δυσμείειας.

ΜΕΤΑΦΡΑΣΜΑ

Η έκθεση στο θόρυβο των αεροπλάνων αυξάνει τη θνησιμότητα λόγω καρδιαγγειακής νόσου στις παράκτιες κοινότητες των αεροδρομίων στη Γαλλία;

Εισαγωγή

Εδώ και μερικά έτη, ο αντίκτυπος της έκθεσης στο θόρυβο των αεροπλάνων στην υγεία δημιουργεί ολοένα και περισσότερους προβληματισμούς, εξαιτίας της αύξησης, όχι μόνο της κίνησης (ήτοι του αριθμού πτήσεων), αλλά και της προκαλούμενης ενόχλησης. Αν και πολλές έρευνες έχουν εξετάσει την ενόχληση ή την ποιότητα του ύπνου, λίγες μόνον έχουν επικεντρωθεί στη σχέση μεταξύ της έκθεσης στο θόρυβο των αεροπλάνων και των καρδιαγγειακών ή εγκεφαλοαγγειακών νόσων. Στην πραγματικότητα, ο θόρυβος αποτελεί έναν ψυχοκοινωνικό στρεσογόνο παράγοντα, ο οποίος ενεργοποιεί το συμπαθητικό και το ενδοκρινικό σύστημα. Ωστόσο, μια τέτοια εκτεταμένη και παρατεταμένη ενεργοποίηση μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα επιβλαβής για το καρδιαγγειακό σύστημα. Η έκθεση στο θόρυβο των αεροπλάνων θα μπορούσε να αυξήσει, επίσης, την εξάπλωση ή τη συχνότητα εμφάνισης των καρδιαγγειακών νόσων και τον κίνδυνο για έναν σχετιζόμενο πρόωρο θάνατο.

Επιπλέον, αρκετές έρευνες έχουν συσχετίσει την έκθεση στο θόρυβο των αεροπλάνων με τον κίνδυνο αρτηριακής υπέρτασης. Στις ΗΠΑ, μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε κοντά σε αρκετά αεροδρόμια, έδειξε ότι μια αυξημένη έκθεση συσχετίστηκε σε μεγάλο βαθμό με τον κίνδυνο νοσηλείας για καρδιαγγειακή νόσο σε άτομα ηλικίας άνω των 65 ετών. Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα των ερευνών που εξέτασαν την καρδιαγγειακή θνησιμότητα, δε χαρακτηρίζονται από συνέπεια, καθώς ορισμένοι συντάκτες εντόπισαν σημαντικούς συσχετισμούς, ενώ άλλοι, όχι. Το 2010, στην Ελβετία, οι Χους κ.ά., συσχέτισαν την έκθεση στο θόρυβο των αεροπλάνων και τη θνησιμότητα λόγω εμφράγματος του μυοκαρδίου, με μια σχέση δόσης-απόκρισης, όσον αφορά το επίπεδο και τη διάρκεια έκθεσης στο θόρυβο. Δεν αποδείχθηκε,

ωστόσο, κανένας συσχετισμός με τη θνησιμότητα λόγω αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου ή καρδιαγγειακών νόσων στο σύνολό τους. Μια δανική έρευνα δεν εντόπισε συσχετισμό ούτε με τη θνησιμότητα λόγω αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου, ενώ μια καναδική έρευνα έδειξε ότι δεν υφίσταται συσχετισμός ούτε με τη θνησιμότητα λόγω ισχαιμικής καρδιοπάθειας. Πιο πρόσφατα, μια οικολογική μελέτη που διεξήχθη κοντά στο αεροδρόμιο Χίθροου στο Λονδίνο, έδειξε ότι υπάρχει συσχετισμός ανάμεσα στα αυξημένα επίπεδα έκθεσης στο θόρυβο των αεροπλάνων και στον κίνδυνο νοσηλείας, καθώς επίσης και στη θνησιμότητα λόγω αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου, ισχαιμικής καρδιοπάθειας και καρδιαγγειακής νόσου στο σύνολό τους.

Έχοντας λάβει υπόψη τα προαναφερθέντα αποτελέσματα, πραγματοποιήσαμε μια οικολογική μελέτη στη Γαλλία. Ο κύριος σκοπός της είναι να αναλύσει το ερώτημα περί συσχετισμού ανάμεσα στην έκθεση στο θόρυβο των αεροπλάνων και στη θνησιμότητα λόγω καρδιαγγειακής νόσου, ισχαιμικής καρδιοπάθειας, εμφράγματος του μυοκαρδίου και αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου. Καθώς ορισμένες έρευνες έχουν δείξει ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση συσχετίζεται με την καρδιαγγειακή θνησιμότητα, ο διαχωρισμός μεταξύ των επιδράσεων του θορύβου και των επιδράσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, κρίνεται σημαντικός. Έτσι, ένας δευτερεύων στόχος της παρούσας μελέτης είναι να εξετάσει κατά πόσο η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί συγχυτικό παράγοντα αναφορικά με το συσχετισμό της έκθεσης στο θόρυβο των αεροπλάνων και της θνησιμότητας.

Μέθοδοι

Η παρούσα οικολογική μελέτη συγκαταλέγει 161 κοινότητες που βρίσκονται κοντά σε τρία μεγάλα γαλλικά αεροδρόμια: το Σαρλ ντε Γκωλ στο Παρίσι, το Σαιντ Εξυπερύ στη Λυών και το Μπλανιάκ στην Τουλούζη. Το 2011, η επιβατική κίνηση στα αεροδρόμια αυτά ήταν αντιστοίχως 61, 8.5 και 7 εκατομμύρια άτομα. Το 2009, ο πληθυσμός αυτών των 161 κοινοτήτων υπολογίστηκε στους 1.9 εκατομμύρια κατοίκους, ήτοι το 3% του συνολικού πληθυσμού της μητροπολιτικής Γαλλίας.

Η έκθεση κάθε κοινότητας στο θόρυβο των αεροπλάνων υπολογίστηκε μέσω των χαρτών θορύβου που παράχθηκαν από τη Γενική Διεύθυνση Πολιτικής Αεροπορίας (DGAC) με το μοντέλο INM (Integrated Noise Model). Για κάθε αεροδρόμιο, χρησιμοποιήσαμε τους πιο πρόσφατους χάρτες θορύβου που ήταν διαθέσιμοι ή που ανταποκρίνονταν καλύτερα στην περίοδο των δεδομένων θνησιμότητας (2007-2010). Ειδικότερα, οι χάρτες χρονολογούνται το 2008 για το Σαρλ ντε Γκωλ στο Παρίσι, το 2003 για το Σαιντ Εξυπερύ στη Λυών και το 2004 για το Μπλανιάκ στην Τουλούζη. Καταρτίστηκαν με βάση την εκτιμώμενη κίνηση, τις εφαρμοστέες διαδικασίες για την εναέρια κυκλοφορία και τις εν λειτουργία υποδομές.

Η περιοχή έρευνας περιλαμβάνει όλες τις κοινότητες που εκτέθηκαν στο θόρυβο των αεροπλάνων, αυτές, δηλαδή, που συμπεριλήφθηκαν στους χάρτες θορύβου, αλλά και τις παραμεθόριες περιοχές τους. Η συμπερίληψη αυτών των όμορων κοινοτήτων επιτρέπει να αυξηθεί η αντιπαραβολή της έκθεσης στο θόρυβο των αεροπλάνων.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/49/EK, της 25^{ης} Ιουνίου 2002, ο ακουστικός δείκτης που χρησιμοποιήθηκε από την DGAC για την παραγωγή των χαρτών θορύβου, οι οποίοι χρησιμοποιούνται τελικώς εδώ, είναι το επίπεδο του συνολικού θορύβου την ημέρα, το βράδυ και τη νύχτα (L_{den}). Για τον υπολογισμό αυτού του δείκτη, ένα 24ωρο διαιρείται σε 12 ώρες μέρας (day), 4 ώρες βραδιού (evening) και 8 ώρες νύχτας (night). Μια ποινή των 5 dBA (ντεσιμπέλ A) προστίθεται στο επίπεδο θορύβου το βράδυ και μια ποινή των 10 dBA προστίθεται στο επίπεδο θορύβου τη νύχτα. Οι ποινές αυτές ερμηνεύουν, για το ίδιο επίπεδο έκθεσης στο θόρυβο, τις διαφορές στην ενόχληση που προκαλείται κατά τη διάρκεια αυτών των τριών περιόδων.

Κατά το διάστημα που εκπονείται η παρούσα μελέτη, τα επίπεδα θορύβου που υπολογίστηκαν στους χάρτες θορύβου ήταν διαθέσιμα με ανάλυση 1 dBA, ξεκινώντας από 50 dBA για την περιοχή του Παρισιού και 45 dBA για τις περιοχές της Λυών και της Τουλούζης. Για κάθε δήμο, ο αριθμός των κατοίκων που κατοικούν σε κάθε διάστημα του 1 dBA προσδιορίστηκε από τη διασταύρωση των στοιχείων της απογραφής πληθυσμού και των χαρτών θορύβου που παράγει τακτικά η DGAC. Για την περιοχή του Παρισιού, οι χάρτες θορύβου του 2008 διασταυρώθηκαν με τα πληθυσμιακά δεδομένα του 1999 (τα μόνα διαθέσιμα δεδομένα κατά τη στιγμή που η

DGAC έκανε τη διασταύρωση). Για την περιοχή της Λυών, οι χάρτες θορύβου του 2003 διασταυρώθηκαν με τα πληθυσμιακά δεδομένα του 2007. Τέλος, για την περιοχή της Τουλούζης, οι χάρτες θορύβου του 2004 διασταυρώθηκαν με τα πληθυσμιακά δεδομένα του 2008. Αυτά τα επίπεδα θορύβου αθροίστηκαν ώστε να προκύψει μια εκτίμηση του επιπέδου έκθεσης στο θόρυβο από αεροπλάνα για κάθε κοινότητα της περιοχής έρευνας. Ένας σταθμισμένος μέσος όρος για τον πληθυσμό, που ονομάζεται επίσης, μέσος δείκτης έκθεσης στο θόρυβο αεροπλάνων (LdenIME), υπολογίστηκε με στάθμιση του Lden, για μια δεδομένη κοινότητα, με τον αριθμό των κατοίκων που κατοικούν σε κάθε διάστημα του 1 dBA. Για μια δεδομένη κοινότητα i, το LdenIME ορίστηκε ως εξής:

$$L_{denIME_i} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{\sum_k P_k} \sum_j P_j 10^{\frac{L_{den,j}}{10}} \right)$$

όπου Lden,j αντιστοιχεί στο επίπεδο έκθεσης στο θόρυβο αεροπλάνων j (η διαφορά μεταξύ Lden,j και

Lden,j+1 ισούται με 1 dBA), Pj στον αριθμό των κατοίκων της κοινότητας που εκτίθενται στο επίπεδο θορύβου αεροπλάνων Lden,j dBA και ΣPk στον συνολικό αριθμός των κατοίκων της εν λόγω κοινότητας.

Ο LdenIME χρησιμοποιήθηκε στη συνέχεια ως μέτρο έκθεσης στο θόρυβο των αεροπλάνων για κάθε κοινότητα, στις στατιστικές αναλύσεις που παρουσιάζονται εδώ.

Η σχέση μεταξύ της καρδιαγγειακής θνησιμότητας και της έκθεσης στα αιωρούμενα σωματίδια PM10 έχει τεκμηριωθεί σαφώς, εν αντιθέσει με την αντίστοιχη σχέση με την έκθεση στο διοξείδιο του αζώτου (NO2). Ωστόσο, πρόσφατες μελέτες διαπίστωσαν συσχέτιση μεταξύ του NO2 και της καρδιαγγειακής θνησιμότητας. Καθώς υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα σχετικά με την έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση σε επίπεδο κοινότητας για τις περιοχές του Παρισιού και της Λυών, τόσο για το NO2 όσο και για τα PM10, χρησιμοποιήθηκαν και οι δύο μεταβλητές στις αναλύσεις. Χρησιμοποιήθηκαν, εξίσου, μοντέλα διασποράς για την εκτίμηση των ετήσιων συγκεντρώσεων που οφείλονταν στη βασική ρύπανση, για κάθε κοινότητα

της περιοχής έρευνας, για κάθε έτος από το 2008 έως το 2010. Σε αντίθεση με την τοπική ρύπανση, η βασική ρύπανση αντιστοιχεί σε επίπεδα ρύπανσης που είναι αντιπροσωπευτικά της γενικής ατμόσφαιρας μιας ολόκληρης γεωγραφικής περιοχής, συμπεριλαμβανομένης της δραστηριότητας του αεροδρομίου. Πρόκειται για το ελάχιστο επίπεδο ρύπανσης στο οποίο υποβάλλεται ο πληθυσμός της περιοχής αυτής, ανεξάρτητα από τη δραστηριότητά του, και επομένως για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Οι διαμορφωμένες συγκεντρώσεις δόθηκαν με ανάλυση 50 m × 50 m από την Airparif για την περιοχή του Παρισιού και με ανάλυση 1.000 m × 1.000 m από την Air Rhône-Alpes για την περιοχή της Λυών. Επικυρώθηκαν μέσω της σύγκρισής τους με τις συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν από ένα δίκτυο σταθμών μέτρησης. Για τις στατιστικές αναλύσεις, χρησιμοποιήθηκε η μέση έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση κάθε κοινότητας για την περίοδο 2008-2010 (για το NO₂ και τα PM₁₀, εκφρασμένη σε μg/m³). Αυτές οι αναλύσεις που περιλαμβάνουν την ατμοσφαιρική ρύπανση, καλύπτουν 139 κοινότητες αντί για 161, λόγω της απουσίας δεδομένων NO₂ και PM₁₀ για την περιοχή της Τουλούζης. Στο πλαίσιο του σχεδίου για την Προστασία της Ατμόσφαιρας, έχουν επιχειρηθεί εργασίες μοντελοποίησης της ποιότητας του αέρα στην περιοχή της Τουλούζης, αλλά δεν έχουν ολοκληρωθεί.

Τα δεδομένα θνησιμότητας δόθηκαν από το Κέντρο Επιδημιολογίας Ιατρικών Αιτιών Θανάτου Inserm (CépiDc-Inserm) για την περίοδο 2007-2010. Για την κωδικοποίηση και ταξινόμηση των δεδομένων θνησιμότητας από τα πιστοποιητικά θανάτου, χρησιμοποιήθηκε η 10^η Αναθεώρηση της Διεθνούς Ταξινόμησης Νόσων (ICD-10). Για τη χωρική τοποθέτηση των θανάτων, διαθέταμε την κοινότητα κατοικίας, η οποία περιλαμβάνεται συστηματικά στα πιστοποιητικά θανάτου.

Η παρούσα μελέτη εξέτασε τέσσερις αιτίες θνησιμότητας εντός της ομάδας των ασθενειών του κυκλοφορικού συστήματος: 1) τις καρδιαγγειακές νόσους, 2) την υποομάδα της ισχαιμικής καρδιοπάθειας, 3) στο πλαίσιο της τελευταίας, το έμφραγμα του μυοκαρδίου και 4) την ομάδα των αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων αιμορραγικής ή αρτηριακής ισχαιμικής φύσεως εντός των εγκεφαλοαγγειακών νόσων. Κατά την περίοδο 2007-2010, το CépiDc-Inserm κατέγραψε 7.450 θανάτους από καρδιαγγειακή νόσο σε όλες τις κοινότητες της περιοχής μελέτης.

Τα μοντέλα προσαρμόστηκαν στο επίπεδο της κοινότητας για τις ακόλουθες συμεταβλητές, που θεωρήθηκαν εκ των προτέρων ως συγχυτικοί παράγοντες: φύλο,

ηλικία, λογάριθμος της πυκνότητας του πληθυσμού, θνησιμότητα από καρκίνο του πνεύμονα και δείκτης δυσμέλειας. Οι μεταβλητές ηλικία, φύλο και πληθυσμιακή πυκνότητα ελήφθησαν από τα στοιχεία της απογραφής του 2008 του Εθνικού Ινστιτούτου Στατιστικής και Οικονομικών Μελετών (INSEE). Για το φύλο, χρησιμοποιήσαμε το ποσοστό των γυναικών σε κάθε κοινότητα, και για την ηλικία, τη μέση ηλικία του πληθυσμού της κοινότητας. Ο λογάριθμος της πληθυσμιακής πυκνότητας εισήχθη στα μοντέλα αντί της πληθυσμιακής πυκνότητας για να ληφθεί υπόψη η μεγάλη μεταβλητότητα της πληθυσμιακής πυκνότητας από κοινότητα σε κοινότητα.

Η θνησιμότητα από καρκίνο του πνεύμονα (κωδικός ICD-10: C34) χρησιμοποιήθηκε σε επίπεδο κοινότητας ως μεταβλητή για την κατανάλωση καπνού, καθώς στη Γαλλία δεν υπάρχουν ούτε ατομικά στοιχεία ούτε δεδομένα επιπολασμού σε επίπεδο κοινότητας για την κατανάλωση αυτή. Η μεταβλητή αυτή προέρχεται από τα δεδομένα του Céridc-Inserm για την περίοδο 2007-2010.

Καθώς προτιμάται να μη χρησιμοποιηθεί ο δείκτης δυσμέλειας του Townsend στη Γαλλία, επιλέξαμε αυτόν που προτάθηκε από τους Rey et al. Δημιουργήθηκε στο επίπεδο κοινότητας από τέσσερις μεταβλητές, καθεμία από τις οποίες αντιπροσωπεύει μια κοινωνικοοικονομική διάσταση: (1) το μέσο εισόδημα, (2) το ποσοστό των κατόχων απολυτηρίου στον πληθυσμό ηλικίας 15 ετών και άνω, (3) το ποσοστό των εργαζομένων στον ενεργό πληθυσμό και (4) το ποσοστό ανεργίας μεταξύ των ατόμων ηλικίας 15-64 ετών. Αυτά τα κοινωνικοοικονομικά δεδομένα ελήφθησαν από την απογραφή του INSEE το 2007, ήτοι το πιο πρόσφατο έτος για το οποίο οι μεταβλητές αυτές ήταν διαθέσιμες κατά την εκπόνηση της μελέτης.

Ο δείκτης δυσμέλειας ορίστηκε για εμάς ως η πρώτη συνιστώσα της ανάλυσης κύριων συνιστωσών (PCA) αυτών των τεσσάρων μεταβλητών. Αντιπροσωπεύει το 67% της συνολικής αδράνειας που σχηματίζουν οι τέσσερις μεταβλητές και συσχετίζεται έντονα με καθεμία από αυτές τις διαστάσεις (αρνητικά με το μέσο εισόδημα και το ποσοστό των κατόχων απολυτηρίου, θετικά με το ποσοστό των εργαζομένων και το ποσοστό ανεργίας). Οι θετικές τιμές αυτού του δείκτη αντιστοιχούν σε κοινότητες υπό δυσμέλεια. Σε μια ανάλυση ευαισθησίας, τα μοντέλα διαστρωματώθηκαν με βάση το φύλο για να ελεγχθεί αν οι πιθανές συσχετίσεις

μεταξύ της έκθεσης στο θόρυβο των αεροπλάνων και της θνησιμότητας ήταν παρόμοιες για τους άνδρες και τις γυναίκες.

Δεδομένου ότι τα επίπεδα θορύβου των αεροπλάνων είναι θεωρητικά υψηλότερα στην περιοχή του Παρισιού από ό,τι στις άλλες δύο περιοχές λόγω της σημασίας της κίνησης στο συγκεκριμένο αεροδρόμιο, διερευνήσαμε την προσαρμογή του μοντέλου στην περιοχή μελέτης και διεξήγαμε ανάλυση ευαισθησίας χρησιμοποιώντας δεδομένα αποκλειστικά από την περιοχή του Παρισιού.

Στατιστικές αναλύσεις

Οι συντελεστές συσχέτισης Spearman υπολογίστηκαν για να εκτιμηθούν οι συσχετίσεις μεταξύ των επιπέδων έκθεσης στον αεροπορικό θόρυβο και της έκθεσης στην ατμοσφαιρική ρύπανση.

Οι επιδράσεις της έκθεσης στο θόρυβο των αεροπλάνων στα ποσοστά θνησιμότητας διερευνήθηκαν, αρχικά, με βάση τα Γενικευμένα Προσθετικά Μικτά Μοντέλα Poisson (GAMMs), που περιλάμβαναν μια εξομαλυμένη κυβική συνάρτηση spline ώστε να ληφθεί υπόψη μια πιθανή μη γραμμική επίδραση. Καθώς η εξομαλυμένη προσαρμογή δε διαφέρει σημαντικά από μια ευθεία για το LdenIME, οι συσχετίσεις με τη συνεχή μεταβλητή έκθεσης εκτιμήθηκαν στη συνέχεια και παρουσιάζονται εδώ. Γενικευμένα Γραμμικά Μικτά Μοντέλα Poisson (GLMMs) που περιλάμβαναν έναν τυχαίο όρο για κάθε δήμο, προσαρμόστηκαν ώστε να ληφθεί υπόψη η υπερβολική διασπορά. Για κάθε αιτία θανάτου, το μοντέλο GLMM μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$Y_i | u_i \sim \text{Poisson}(\mu_i = \text{Pop}_i \theta_i)$$

$$\log(\mu_i) = \log(\text{Pop}_i) + \beta' X_i + u_i$$

όπου i αντιστοιχεί στην κοινότητα, Y_i στον αριθμό των θανάτων που σημειώθηκαν στην κοινότητα i , Pop_i είναι στον συνολικό πληθυσμό της κοινότητας i , X_i στο διάνυσμα των συμμεταβλητών προσαρμογής και u_i στο διάνυσμα των τυχαίων επιδράσεων. Το β αντιπροσωπεύει το διάνυσμα των συντελεστών παλινδρόμησης

που αντιστοιχούν σε αυτές τις συµµεταβλητές. Η µη χωρική συνιστώσα του τυχαίου αποτελέσµατος, u_i , γνωστή και ως συνιστώσα ετερογένειας, θεωρείται ότι ακολουθεί κανονική κατανοµή µηδενικού µέσου όρου και σταθερής διακύµανσης.

Οι λόγοι θνησιµότητας (MRR: mortality rate ratio), προσαρµοσµένοι µε τα 95% διαστήµατα εµπιστοσύνης τους (CI95), υπολογίστηκαν για κάθε συµµεταβλητή που συµπεριλήφθηκε στο µοντέλο µέσω της λήψης της εκθετικής συνάρτησης του αντίστοιχου συντελεστή παλινδρόµησης.

Για τη δηµιουργία των χαρτών χρησιµοποιήθηκε η έκδοση 10.1 του λογισµικού ArcGIS. Η επικύρωση των δεδοµένων πραγµατοποιήθηκε µε την έκδοση 9.3 του λογισµικού SAS, ενώ οι στατιστικές αναλύσεις πραγµατοποιήθηκαν µε την έκδοση 3.0.2 του λογισµικού R, συµπεριλαµβανοµένης της συνάρτησης `mgecn` του πακέτου `gam`.

Αποτελέσµατα

Συνολικά, το µέσο L_{denIME} υπολογίστηκε σε 49,6 dBA (εύρος: 42,0 - 64,1 dBA). Το υψηλότερο µέσο L_{denIME} παρατηρήθηκε στην περιοχή του Παρισιού (51,6 dBA σε σύγκριση µε 45,3 dBA στην περιοχή της Λυών και 45,7 dBA στην περιοχή της Τουλούζης). Από την άλλη πλευρά, το L_{denIME} ποικίλλει περισσότερο στην περιοχή του Παρισιού. Η συγκέντρωση NO_2 είναι υψηλότερη στην περιοχή του Παρισιού (µέσος όρος: 24,0 $\mu g/m^3$) από ό,τι στην περιοχή της Λυών (µέσος όρος: 16,5 $\mu g/m^3$) και παρουσιάζει µεγαλύτερες διακυµάνσεις.

Οι MRRs αυξάνονται µε την ηλικία για όλες τις εξεταζόµενες αιτίες θνησιµότητας. Η πληθυσµιακή πυκνότητα συνδέεται αρνητικά µε όλες τις αιτίες θνησιµότητας εκτός από τα εγκεφαλικά επεισόδια. Ο δείκτης δυσµένειας συνδέεται θετικά µε όλες τις αιτίες θνησιµότητας. Η θνησιµότητα από καρκίνο του πνεύµονα δε συνδέεται µε καµία από τις εξεταζόµενες αιτίες θνησιµότητας.

Οι MRRs που σχετίζονται µε αύξηση 10 dBA στο L_{denIME} παρουσιάζονται στο Σχήµα 1 (προσαρµοσµένοι για το φύλο, την ηλικία, την πυκνότητα λογαρίθµου, τον

δείκτη δυσμένειας και τη θνησιμότητα από καρκίνο του πνεύμονα, μεταξύ άλλων). Επιπλέον, βρέθηκαν συσχετίσεις με τη θνησιμότητα από καρδιαγγειακή νόσο ($MRR = 1,18$ [CI95: 1,11-1,25]), ισχαιμική καρδιοπάθεια ($MRR = 1,24$ [CI95: 1,12-1,36]) και έμφραγμα του μυοκαρδίου ($MRR = 1,28$ [CI95: 1,11-1,46]). Το LdenIME δε συσχετίστηκε σημαντικά με τη θνησιμότητα από εγκεφαλικό επεισόδιο ($MRR = 1,08$ [CI95: 0,97-1,21]).

Τα επίπεδα έκθεσης στον θόρυβο των αεροπλάνων (LdenIME) συσχετίζονται σε μέτριο βαθμό με τις συγκεντρώσεις NO₂ (συντελεστής συσχέτισης Spearman, $r = 0,45$), αλλά δε συσχετίζονται με τις συγκεντρώσεις PM₁₀ ($r = 0,06$). Η συσχέτιση μεταξύ του LdenIME και της συγκέντρωσης NO₂ είναι χαμηλότερη για την περιοχή του Παρισιού ($r = 0,26$). Οι συγκεντρώσεις NO₂ και PM₁₀ συσχετίζονται θετικά ($r = 0,64$).

Οι συσχετίσεις που βρέθηκαν μεταξύ της αύξησης του LdenIME και της θνησιμότητας για όλες τις αιτίες θνησιμότητας που μας ενδιαφέρουν δεν αλλάζουν όταν η συγκέντρωση NO₂ συμπεριληφθεί στα μοντέλα. Η χρήση της συγκέντρωσης PM₁₀ αντί της συγκέντρωσης NO₂ δεν αλλάζει τα αποτελέσματα.

Οι προσαρμοσμένοι MRRs είναι υψηλότεροι για τους άνδρες από ό,τι για τις γυναίκες. Μετά την προσαρμογή για τη συγκέντρωση NO₂, οι MRRs που αντιστοιχούν σε αύξηση 10 dBA στο LdenIME είναι για τους άνδρες και τις γυναίκες αντίστοιχα: 1,29 (CI95 : 1,17-1,42) και 1,12 (CI95 : 1,03-1,23) για τη θνησιμότητα από καρδιαγγειακή νόσο, 1,29 (CI95: 1,12-1,49) και 1,15 (CI95: 0,97-1,37) για τη θνησιμότητα από ισχαιμική καρδιοπάθεια και 1,37 (CI95: 1,11-1,68) και 1,21 (CI95: 0,94-1,55) για τη θνησιμότητα από έμφραγμα του μυοκαρδίου.

Ο δείκτης Townsend έχει υψηλή συσχέτιση με τον δείκτη δυσμένειας που λαμβάνεται μέσω του PCA ($r = 0,85$). Η εναλλακτική χρήση του δείκτη Townsend στα μοντέλα δεν αλλάζει τα αποτελέσματα.

Η προσαρμογή για την περιοχή μελέτης δεν αλλάζει επίσης τα αποτελέσματα. Επιπλέον, οι συσχετίσεις που βρέθηκαν μεταξύ της έκθεσης στον θόρυβο των αεροπλάνων και της θνησιμότητας για όλες τις εξεταζόμενες αιτίες είναι παρόμοιες όταν χρησιμοποιούνται μόνο τα δεδομένα από την περιοχή του Παρισιού.

Συζήτηση

Η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη οικολογική μελέτη που εξετάζει τη σχέση μεταξύ της έκθεσης στον θόρυβο των αεροπλάνων και της θνησιμότητας στις κατοικήσιμες περιοχές των γαλλικών αεροδρομίων. Καλύπτει 161 κοινότητες, συμπεριλαμβανομένων 1,9 εκατομμυρίων κατοίκων των αεροδρομίων Σαρλ ντε Γκωλ στο Παρίσι, Σαιντ Εξυπερύ στη Λυών και Μπλανιάκ στην Τουλούζη. Διαπιστώθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ της μέσης έκθεσης των κοινοτήτων στον θόρυβο των αεροπλάνων και της θνησιμότητας από καρδιαγγειακή νόσο, ισχαιμική καρδιοπάθεια και έμφραγμα του μυοκαρδίου. Η συνεκτίμηση της κοινωνικοοικονομικής κατάστασης των κοινοτήτων (μετρούμενη με δείκτη μειονεξίας), των δημογραφικών παραγόντων σε επίπεδο κοινότητας (ηλικία και φύλο των κατοίκων) και της θνησιμότητας από καρκίνο του πνεύμονα (που χρησιμοποιήθηκε ως μεταβλητή της κατανάλωσης καπνού) δεν τροποποίησε τα αποτελέσματα. Όταν τα μοντέλα διαστρωματώνονται κατά φύλο, οι συσχετίσεις είναι σημαντικές τόσο για τους άνδρες όσο και για τις γυναίκες, αλλά λιγότερο ισχυρές για τις τελευταίες.

Τα αποτελέσματα παραμένουν αμετάβλητα όταν τα μοντέλα προσαρμόζονται στην περιοχή μελέτης ή βασίζονται μόνο σε δεδομένα από την περιοχή του Παρισιού.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν εδώ επιβεβαιώνουν εκείνα πρόσφατων μελετών που δείχνουν ότι τα υψηλά επίπεδα έκθεσης σε θόρυβο αεροσκαφών συνδέονται με τη θνησιμότητα από καρδιαγγειακά νοσήματα και ισχαιμική καρδιοπάθεια, καθώς και με έμφραγμα του μυοκαρδίου. Από την άλλη πλευρά, όπως και οι Huss et al. και de Sorensen et al. δεν παρατηρούμε σημαντική συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης στον αεροπορικό θόρυβο και της θνησιμότητας από εγκεφαλικά επεισόδια.

Η συνεκτίμηση της συγκέντρωσης των NO₂ ή των PM₁₀ στα μοντέλα δεν αλλάζει τα αποτελέσματα: η ατμοσφαιρική ρύπανση δεν φαίνεται να αποτελεί συγχυτικό

παράγοντα στη σχέση μεταξύ της έκθεσης σε θόρυβο από αεροσκάφη και της θνησιμότητας για τις αιτίες που μελετήθηκαν. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με εκείνα προηγούμενων μελετών.

Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της μελέτης έγκειται στην ακρίβεια και την πληρότητα των δεδομένων θνησιμότητας που διαβιβάστηκαν από το Κέντρο Επιδημιολογίας Ιατρικών Αιτιών Θανάτου Inserm (Céridc-Inserm), καθώς και στον μεγάλο αριθμό θανάτων από καρδιαγγειακή νόσο (7.450) σε διάστημα 4 ετών (2007-2010). Το δεύτερο ενδιαφέρον χαρακτηριστικό της αφορά τη μεθοδολογία της. Συγκεκριμένα, η οικολογική προσέγγιση επιτρέπει να επωφεληθούμε από τις σημαντικότερες αντιθέσεις στην έκθεση μεταξύ γεωγραφικών μονάδων παρά μεταξύ ατόμων, προκειμένου να αναδείξουμε τις χαμηλές συσχετίσεις μεταξύ θνησιμότητας και έκθεσης στον θόρυβο των αεροπλάνων, με το L_{denIME} να κυμαίνεται από 42,0 έως 64,1 dBA σε επίπεδο κοινότητας.

Χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα έκθεσης στον θόρυβο των αεροπλάνων από το 2003, το 2004 και το 2008 για τις περιοχές Λυών-Σαιντ Εξυπερύ, Τουλούζη-Μπλανιάκ και Παρίσι-Σαρλ ντε Γκωλ, αντίστοιχα. Τα στοιχεία θνησιμότητας για την περίοδο 2007-2010 που εξετάστηκαν, μας επέτρεψαν να λάβουμε υπόψη μια πιθανή λανθάνουσα περίοδο μεταξύ έκθεσης και θνησιμότητας, ιδίως για την περιοχή του Παρισιού. Δεδομένου ότι δεν υπήρχαν άλλα στοιχεία έκθεσης για τις περιοχές της Λυών και της Τουλούζης και ότι τα περιγράμματα θορύβου φαίνεται να είναι σταθερά με την πάροδο του χρόνου για την περιοχή του Παρισιού, οι χάρτες θορύβου που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικοί για τα έτη που προηγούνται της περιόδου που καλύπτουν τα δεδομένα θνησιμότητας.

Η χρήση της σταθμισμένης για τον πληθυσμό μέσης έκθεσης στον θόρυβο των αεροπλάνων (L_{denIME}) στα μοντέλα επιτρέπει να ληφθεί υπόψη η μεταβλητότητα της έκθεσης εντός των δήμων. Δεν υπήρχε εναλλακτική λύση για να ληφθεί υπόψη αυτή η μεταβλητότητα, επειδή τα δεδομένα θνησιμότητας και τα δεδομένα έκθεσης

σε θόρυβο αεροσκαφών δεν ήταν διαθέσιμα σε λεπτότερη γεωγραφική κλίμακα από τις κοινότητες.

Στην παρούσα μελέτη, δεν ήταν δυνατόν να διαχωριστούν οι επιπτώσεις στη θνησιμότητα της νυχτερινής έκθεσης στον αεροπορικό θόρυβο στο σπίτι από την ημερήσια έκθεση στον χώρο εργασίας, αν και θα ήταν σημαντικό να γίνει κάτι τέτοιο. Πρόσφατες μελέτες υποδηλώνουν ότι η διαταραχή του ύπνου λόγω του θορύβου των αεροσκαφών μπορεί να λειτουργεί ως ενδιάμεσος παράγοντας στη σχέση μεταξύ της έκθεσης στον θόρυβο και της εξασθένησης της υγείας, ιδίως της καρδιαγγειακής υγείας. Ωστόσο, οι πληροφορίες δεν ήταν διαθέσιμες για να γίνει αυτή η διάκριση.

Η συνάφεια του L_{den} για να περιγραφούν οι επιπτώσεις της έκθεσης στον αεροπορικό θόρυβο για την υγεία μπορεί να είναι αμφισβητήσιμη. Πράγματι, ο δείκτης αυτός δεν φαίνεται να είναι ο καταλληλότερος ακουστικός δείκτης για την εξέταση των καρδιαγγειακών νόσων, δεδομένου ότι επηρεάζει αρνητικά την έκθεση στις βραδινές και νυχτερινές ώρες, ήτοι τις περιόδους κατά τις οποίες ο θόρυβος είναι πιο ενοχλητικός. Ωστόσο, οι χάρτες θορύβου παράγονται με αυτόν τον δείκτη, κατ' εφαρμογή της ευρωπαϊκής οδηγίας αριθ. 2002/49/EK της 25ης Ιουνίου 2002, η οποία συνιστά το L_{den} για την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου. Επιπλέον, για τις μελέτες υγείας, προτείνεται επί του παρόντος να περιλαμβάνονται δείκτες που βασίζονται σε γεγονότα, όπως ο συνολικός αριθμός των υπερπτήσεων αεροπλάνων ή ο αριθμός των υπερπτήσεων αεροπλάνων που υπερβαίνουν ένα ορισμένο όριο θορύβου που ορίζεται από το L_{Amax} , ιδίως όταν αφορά τη διαταραχή του ύπνου. Εκτός από το L_{den} , θα ήταν ενδιαφέρον να ληφθούν υπόψη τέτοιοι δείκτες στην παρούσα μελέτη, προκειμένου να αυξηθεί η επίδραση των αποτελεσμάτων της. Ωστόσο, οι δείκτες αυτοί δεν είναι επί του παρόντος διαθέσιμοι στη Γαλλία. Θα είναι, βέβαια, σύντομα διαθέσιμοι για 100 συμμετέχοντες σε μια διαχρονική έρευνα κατά την οποία πραγματοποιούνται ακουστικές μετρήσεις για μία εβδομάδα, γεγονός που θα επιτρέψει να επιβεβαιωθεί το ενδιαφέρον για τη χρήση τους.

Τίθεται, επίσης, το ερώτημα της διαφορετικής ευπάθειας του πληθυσμού που ζει κοντά σε αεροδρόμια, η οποία θα μπορούσε να εξηγήσει τις θετικές συσχετίσεις που

αναφέρονται εδώ μεταξύ της έκθεσης στον αεροπορικό θόρυβο και της θνησιμότητας. Ήμασταν σε θέση να παρατηρήσουμε ότι, αφενός, η διαμονή κοντά σε ένα αεροδρόμιο δεν συνδέεται με την κοινωνικοοικονομική κατάσταση στην παρούσα μελέτη: τα ποσοστά των εργαζομένων και των διευθυντικών στελεχών στον ενεργό πληθυσμό είναι πολύ παρόμοια για τις κοινότητες της περιοχής μελέτης και για τις κοινότητες της Γαλλίας συνολικά. Το ίδιο ισχύει και για το ποσοστό του πληθυσμού με πτυχίο ανώτερο του απολυτηρίου. Επιπλέον, ο δείκτης δυσμένειας που προκύπτει μέσω του PCA δε συσχετίζεται με το LdenIME ($r = 0,12$) και η αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών των μεταβλητών δεν είναι σημαντική στα μοντέλα. Από την άλλη πλευρά, η κινητικότητα διαμονής του πληθυσμού στην περιοχή μελέτης του Παρισιού και της Λυών είναι ελαφρώς χαμηλότερη από εκείνη του γαλλικού πληθυσμού στο σύνολό του. Είναι ελαφρώς υψηλότερη στην περιοχή της Τουλούζης, αλλά αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι ο πληθυσμός αυτής της περιοχής είναι νεότερος και πιο μορφωμένος από τους κατοίκους των άλλων περιοχών μελέτης και, ως εκ τούτου, είναι πιο διατεθειμένος να μετακινηθεί.

Είναι πιθανή η ύπαρξη απόκλισης εάν ο πληθυσμός που ζει κοντά σε αεροδρόμια είναι λιγότερο ευαίσθητος στις επιπτώσεις της έκθεσης στον θόρυβο στην υγεία από ό,τι ο γενικός πληθυσμός. Οι διαθέσιμες πληροφορίες δεν μας επιτρέπουν να επαληθεύσουμε ή να αποκλείσουμε την ύπαρξη μιας τέτοιας μεροληψίας, η οποία θα οδηγούσε πιθανότατα σε υποεκτίμηση των επιπτώσεων του θορύβου.

Η οικολογική συσχέτιση μεταξύ της σταθμισμένης μέσης έκθεσης στον αεροπορικό θόρυβο και της θνησιμότητας σε επίπεδο κοινότητας μπορεί να είναι διαφορετική από τη σχέση σε ατομικό επίπεδο. Το θέμα αυτό έχει συζητηθεί ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου υπάρχει ένας ισχυρός ατομικός παράγοντας κινδύνου για μια ασθένεια, όπως το κάπνισμα ή η διατροφή με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά για τις καρδιαγγειακές νόσους. Στην παρούσα μελέτη, δεν ήταν δυνατόν να ληφθούν πληροφορίες σχετικά με τέτοιους παράγοντες ούτε σε ατομικό ούτε σε κοινοτικό επίπεδο.

Χρησιμοποιήσαμε τη θνησιμότητα από καρκίνο του πνεύμονα ως υποκατάστατο του καπνίσματος σε επίπεδο κοινότητας. Ωστόσο, ενώ είναι γνωστό ότι το κάπνισμα σχετίζεται με την κοινωνικοοικονομική κατάσταση, η διαμονή κοντά σε αεροδρόμιο

δε σχετίζεται στην παρούσα μελέτη, οπότε είναι απίθανο το κάπνισμα να αποτελεί συγχυτικό παράγοντα στη σχέση μεταξύ της έκθεσης σε θόρυβο αεροπλάνων και της παρατηρούμενης θνησιμότητας.

Δεν μπορεί να αποκλειστεί το ενδεχόμενο οι συσχετίσεις που παρατηρήθηκαν στην παρούσα μελέτη να οφείλονται εν μέρει σε μη μετρημένους συγχυτικούς παράγοντες που θα είχαν παρόμοια γεωγραφική κατανομή με εκείνη της έκθεσης στον αεροπορικό θόρυβο. Ωστόσο, προσπαθήσαμε να περιορίσουμε αυτές τις αποκλίσεις εισάγοντας έναν αριθμό πιθανών συγχυτικών παραγόντων όταν οι πληροφορίες ήταν διαθέσιμες.

Σύντομα, θα είναι δυνατόν να επικυρωθούν αυτά τα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν σε επίπεδο κοινότητας από εκείνα που προέκυψαν σε ατομικό επίπεδο σε μια διαχρονική μελέτη που βρίσκεται σε εξέλιξη στη Γαλλία, η οποία συλλέγει πληροφορίες σχετικά με συγχυτικούς παράγοντες, όπως η κατανάλωση καπνού.

Συμπεράσματα

Η παρούσα οικολογική μελέτη παρουσίασε θετική και σημαντική συσχέτιση μεταξύ της μέσης έκθεσης των κοινοτήτων στον θόρυβο των αεροπλάνων και της θνησιμότητας από καρδιαγγειακή νόσο, ισχαιμική καρδιοπάθεια και έμφραγμα του μυοκαρδίου, ακόμη και μετά τον έλεγχο των συγχυτικών παραγόντων και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ειδικότερα. Ωστόσο, ο αριθμός των μελετών που διερευνούν τη σχέση μεταξύ της έκθεσης στον αεροπορικό θόρυβο και της θνησιμότητας είναι σαφώς ανεπαρκείς και τα αποτελέσματά τους δεν είναι απολύτως συνεπή. Για το λόγο αυτό, απαιτούνται περαιτέρω μεμονωμένες μελέτες για την καλύτερη κατανόηση των συσχετίσεων που επισημαίνονται στο παρόν άρθρο.

ΠΡΩΤΟΤΥΠΟ

L'exposition au bruit des avions augmente-t-elle la mortalité par maladie cardiovasculaire dans les communes riveraines des aéroports en France ?

Introduction

Depuis quelques années, l'impact sur la santé de l'exposition au bruit des avions fait l'objet de préoccupations grandissantes en raison de l'augmentation, non seulement du trafic (nombre de vols), mais aussi de la gêne ressentie. Alors que beaucoup d'études se sont intéressées à la gêne ou à la qualité du sommeil, peu ont examiné le lien entre l'exposition au bruit des avions et les maladies cardio- ou cérébrovasculaires. En effet, le bruit est un stresser psychosocial qui active les systèmes sympathique et endocrinien. Or une activation excessive et prolongée de ces systèmes peut être délétère pour le système cardiovasculaire. L'exposition au bruit des avions pourrait ainsi augmenter la prévalence ou l'incidence des maladies cardiovasculaires et le risque de décès prématuré associé.

Par ailleurs, plusieurs études ont rapporté une association entre l'exposition au bruit des avions et le risque d'hypertension artérielle. Aux États-Unis, une étude réalisée à proximité de plusieurs aéroports a montré qu'une exposition élevée était significativement associée au risque d'hospitalisation pour maladie cardiovasculaire chez les personnes âgées de plus de 65 ans. Néanmoins, les résultats des études s'intéressant à la mortalité cardiovasculaire ne sont pas consistants, certains auteurs trouvant des associations significatives et d'autres non. En 2010, en Suisse, Huss *et al.* ont rapporté une association entre l'exposition au bruit des avions et la mortalité par infarctus du myocarde, avec une relation dose-réponse pour le niveau et la durée d'exposition au bruit. Aucune association n'a en revanche été mise en évidence avec la mortalité par accident vasculaire cérébral ou par maladies cardiovasculaires dans leur ensemble. Une étude danoise n'a pas non plus observé d'association avec la mortalité

par accident vasculaire cérébral et une étude canadienne n'en a pas trouvé avec la mortalité par cardiopathie ischémique. Plus récemment, une étude écologique menée à proximité de l'aéroport d'Heathrow à Londres a montré une association significative entre les niveaux élevés d'exposition au bruit des avions et le risque d'hospitalisation ainsi que la mortalité par accident vasculaire cérébral, cardiopathie ischémique et maladie cardiovasculaire dans leur ensemble.

Au regard de ces résultats, nous avons réalisé en France une étude écologique. Son objectif principal est d'analyser la question d'une association entre l'exposition au bruit des avions et la mortalité par maladie cardiovasculaire, cardiopathie ischémique, infarctus du myocarde et accident vasculaire cérébral. Des études ayant montré que la pollution de l'air était associée à la mortalité cardiovasculaire, il est important de dissocier les effets du bruit de ceux de la pollution de l'air. Ainsi, un objectif secondaire de la présente étude est d'examiner si la pollution de l'air est un facteur de confusion de l'association entre l'exposition au bruit des avions et la mortalité.

Méthodes

Cette étude écologique inclut 161 communes situées à proximité de trois aéroports français majeurs : Paris-Charles de Gaulle, Lyon Saint-Exupéry et Toulouse-Blagnac. Le trafic passager y a été respectivement d'environ 61 millions, 8,5 millions et 7 millions de personnes en 2011. La population de ces 161 communes a été évaluée à 1,9 million d'habitants en 2009, ce qui représente 3% de la population totale de la France métropolitaine.

L'exposition de chaque commune au bruit des avions a été estimée à partir des cartes de bruit produites par la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) avec le modèle INM (Integrated Noise Model). Pour chaque aéroport, nous avons utilisé les cartes de bruit disponibles les plus récentes ou correspondant le mieux à la période des données de mortalité (2007-2010). Plus précisément, elles datent de 2008 pour Paris-Charles de Gaulle, 2003 pour Lyon Saint-Exupéry, et 2004 pour Toulouse-Blagnac.

Elles sont établies sur la base du trafic estimé, des procédures de circulation aérienne applicables et des infrastructures en service.

La zone d'étude comprend toutes les communes exposées au bruit des avions, c'est-à-dire celles incluses dans les cartes de bruit mais aussi celles partageant une frontière commune avec ces dernières. Inclure ces communes voisines permet d'augmenter le contraste d'exposition au bruit des avions.

Conformément à la directive européenne n°2002/49/CE du 25 juin 2002, l'indicateur acoustique utilisé par la DGAC pour produire les cartes de bruit qui sont donc utilisées ici est le niveau sonore moyen pondéré (L_{den}). Pour le calcul de cet indicateur, une journée est divisée en 12 heures de jour (day), en 4 heures de soirée (evening) et en 8 heures de nuit (night). Une pénalité de 5 dBA est ajoutée au niveau de bruit en soirée et une pénalité de 10 dBA est ajoutée au niveau de bruit la nuit. Ces pénalités traduisent, pour un même niveau d'exposition au bruit, les différences dans la gêne ressentie au cours de ces trois périodes.

Au moment de la présente étude, les niveaux de bruit estimés dans les cartes de bruit étaient disponibles avec une résolution de 1-dBA, à partir de 50 dBA pour la zone de Paris et 45 dBA pour les zones de Lyon et Toulouse. Pour chaque commune, le nombre d'habitants résidant dans chaque intervalle de 1-dBA a été déterminé à partir du croisement produit en routine par la DGAC des données du recensement de la population et des cartes de bruit. Pour la zone de Paris, les cartes de bruit de 2008 avaient été croisées avec les données de population de 1999 (les seules disponibles au moment où la DGAC avait fait le croisement). Pour la zone de Lyon, les cartes de bruit de 2003 ont été croisées avec les données de population de 2007. Et enfin, pour la zone de Toulouse, les cartes de bruit de 2004 ont été croisées avec les données de population de 2008.

Ces niveaux de bruit ont été agrégés de façon à obtenir une estimation du niveau d'exposition au bruit des avions de chaque commune de la zone d'étude. Une moyenne pondérée sur la population, également appelée indice moyen d'exposition au bruit des avions (LdenIME) a été calculée en pondérant, pour une commune donnée, le Lden par le nombre d'habitants résidant dans chaque intervalle de 1-dBA. Pour une commune donnée i, le LdenIME a été défini de la façon suivante :

$$L_{den\,IME_i} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{\sum_k P_k} \sum_j P_j 10^{\frac{L_{den,j}}{10}} \right)$$

où Lden,j correspond au niveau d'exposition au bruit des avions j (la différence entre le Lden,j et

le Lden,j+1 est égale à 1 dBA), Pj au nombre d'habitants de la commune exposés au niveau de bruit des avions Lden,j dBA et $\sum P_k$ au nombre total d'habitants dans cette commune.

Le LdenIME a ensuite été utilisé comme mesure de l'exposition au bruit des avions de chaque commune dans les analyses statistiques présentées ici.

Le lien entre la mortalité cardiovasculaire et l'exposition aux particules PM10 a été clairement établi contrairement à celui avec l'exposition au dioxyde d'azote (NO2). Cependant, des études récentes ont trouvé un lien entre NO2 et mortalité cardiovasculaire. Comme les données d'exposition à la pollution de l'air étaient disponibles à l'échelle de la commune, pour les zones de Paris et de Lyon, à la fois pour le NO2 et pour les PM10, les deux variables ont été utilisées dans les analyses. Des modèles de dispersion ont été utilisés pour estimer les concentrations annuelles dues à la pollution de fond pour chaque commune de la zone d'étude, pour chaque année de 2008 à 2010.

Contrairement à la pollution de proximité, la pollution de fond correspond à des niveaux de pollution représentatifs de l'ambiance générale de tout un secteur géographique,

activité aéroportuaire comprise. Il s'agit du niveau de pollution minimum auquel la population de ce secteur est soumise, quelle que soit son activité, et donc pendant de longues périodes. Les concentrations modélisées ont été fournies avec une résolution de 50 m × 50 m par Airparif pour la zone de Paris, et avec une résolution de 1 000 m × 1 000 m par Air Rhône-Alpes pour la zone de Lyon. Elles ont été validées par comparaison avec les concentrations mesurées par un réseau de stations de mesure. L'exposition moyenne à la pollution de l'air pour la période 2008 à 2010 (pour le NO₂ et les PM₁₀, exprimée en µg/m³) de chaque commune a été utilisée pour les analyses statistiques. Ces analyses incluant la pollution de l'air portent sur 139 communes au lieu de 161 du fait de l'absence de données de NO₂ et PM₁₀ pour la zone de Toulouse. Des travaux de modélisation de la qualité de l'air sur l'aire toulousaine ont été entrepris dans le cadre du Plan pour la Protection de l'Atmosphère mais ils ne sont pas achevés.

Les données de mortalité ont été transmises par le Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès de l'Inserm (CépiDc-Inserm) pour la période 2007-2010. La classification internationale des maladies 10ème révision (CIM-10) a été utilisée pour coder et classer les données de mortalité à partir des certificats de décès. Nous disposons de la commune de résidence, qui figure systématiquement dans les certificats de décès, pour la localisation spatiale des décès.

La présente étude s'est intéressée à quatre causes de mortalité au sein du groupe des maladies de l'appareil circulatoire : 1) les maladies cardiovasculaires, 2) le sous-groupe des cardiopathies ischémiques, 3) dans ce dernier, celui des infarctus du myocarde et 4) le groupe des accidents vasculaires cérébraux de nature hémorragique ou ischémique artériel au sein des maladies cérébrovasculaires. Sur la période 2007-2010, le CépiDc-Inserm a enregistré 7 450 décès par maladie cardiovasculaire dans l'ensemble des communes de la zone d'étude.

Les modèles ont été ajustés à l'échelle de la commune sur les covariables suivantes considérées comme des facteurs de confusion a priori : sexe, âge, logarithme de la densité de population, mortalité par cancer du poumon et indice de défaveur. Les

variables âge, sexe et densité de population sont issues des données du recensement de l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) de 2008. Concernant le sexe, nous avons utilisé la proportion de femmes dans chaque commune, et pour l'âge, l'âge moyen de la population dans la commune. Le logarithme de la densité de population a été introduit dans les modèles à la place de la densité de population pour prendre en compte la grande variabilité de la densité de population d'une commune à l'autre.

La mortalité par cancer du poumon (ICD-10 code: C34) a été utilisée à l'échelle de la commune comme variable d'approximation de la consommation de tabac car en France, il n'existe ni données individuelles ni données de prévalence à l'échelle de la commune pour cette consommation. Cette variable provient des données du CépiDc-Inserm pour la période 2007-2010.

Comme il est souhaitable de ne pas utiliser l'indice de défaveur de Townsend en France, nous lui avons préféré celui proposé par Rey et al. Il a été construit à l'échelle de la commune, à partir de quatre variables, chacune représentant une dimension socioéconomique: (1) Le revenu médian, (2) le pourcentage de bacheliers dans la population de 15 ans et plus, (3) la proportion d'ouvriers dans la population active, et (4) le taux de chômage chez les 15- 64 ans. Ces données socioéconomiques ont été obtenues à partir du recensement de 2007 de l'Insee, année la plus récente pour laquelle ces variables étaient disponibles au moment de l'étude.

Notre indice de défaveur a été défini comme la première composante de l'analyse en composante principale (ACP) de ces quatre variables. Il représente 67% de l'inertie totale formée par les quatre variables et est fortement corrélé à chacune de ces dimensions (négativement avec le revenu médian et le pourcentage de bacheliers, positivement avec le pourcentage d'ouvriers et le taux de chômage). Les valeurs positives de cet indice correspondent à des communes défavorisées.

Lors d'une analyse de sensibilité, les modèles ont été stratifiés sur le sexe afin de tester si les associations potentielles entre l'exposition au bruit des avions et la mortalité étaient similaires chez les hommes et chez les femmes.

Comme l'on suppose que les niveaux de bruit des avions sont plus élevés dans la zone de Paris que dans les deux autres zones du fait de l'importance du trafic de cet aéroport, nous avons étudié l'ajustement du modèle sur la zone d'étude et mené une analyse de sensibilité à partir des données de la zone de Paris uniquement.

Analyses statistiques

Des coefficients de corrélation de Spearman ont été calculés pour estimer les corrélations entre les niveaux d'exposition au bruit des avions et l'exposition à la pollution de l'air.

Les effets de l'exposition au bruit des avions sur les taux de mortalité ont d'abord été étudiés avec des modèles mixtes de Poisson additifs généralisés (GAMMs) incluant une fonction spline cubique lissée de façon à prendre en compte un possible effet non linéaire. Comme l'ajustement lissé n'est pas significativement différent d'une droite pour le LdenIME, les associations avec la variable continue d'exposition ont ensuite été estimées et sont présentées ici. Des modèles mixtes de Poisson linéaires généralisés (GLMMs) incluant un terme aléatoire spécifique à la commune ont été ajustés pour prendre en compte la sur-dispersion. Pour chaque cause de mortalité, le modèle GLMM peut s'écrire de la façon suivante :

$$Y_i | u_i \sim \text{Poisson}(\mu_i = \text{Pop}_i \theta_i)$$

$$\log(\mu_i) = \log(\text{Pop}_i) + \beta' X_i + u_i$$

où i correspond à la commune, Y_i au nombre de décès observé dans la commune i , Pop_i la population totale de la commune i , X_i le vecteur des covariables d'ajustement, et u_i le vecteur des effets aléatoires. β représente le vecteur des coefficients de régression correspondant à ces covariables. La composante non-spatiale de l'effet aléatoire, u_i , également appelée composante d'hétérogénéité, est supposée suivre une loi normale de moyenne zéro et de variance constante.

Les rapports des taux de mortalité ajustés (MRR : mortality rate ratio) avec leur intervalle de confiance à 95% (IC95) ont été calculés pour chaque covariable incluse dans le modèle en prenant l'exponentielle du coefficient de régression correspondant.

La version 10.1 du logiciel ArcGIS a été utilisée pour produire les cartes. La validation des données a été effectuée avec le logiciel SAS version 9.3 et les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R version 3.0.2 incluant la fonction gam du package mgcv.

Résultats

Globalement, la moyenne du L_{denIME} a été estimée à 49,6 dBA (étendue : 42,0 – 64,1 dBA). Le L_{denIME} moyen le plus élevé a été observé dans la zone de Paris (51,6 dBA comparativement à 45,3 dBA dans la zone de Lyon et 45,7 dBA dans la zone de Toulouse). Par ailleurs, le L_{denIME} varie plus dans la zone de Paris. La concentration en NO_2 est plus élevée dans la zone de Paris (moyenne : 24,0 $\mu g/m^3$) que dans la zone de Lyon (moyenne : 16,5 $\mu g/m^3$) et varie également plus largement.

Les MRRs augmentent avec l'âge pour toutes les causes de mortalité considérées. La densité de population est associée négativement avec toutes les causes de mortalité sauf les accidents vasculaires cérébraux. L'indice de défaveur est positivement associé avec toutes les causes de mortalité. La mortalité par cancer du poumon n'est associée avec aucune des causes de mortalité considérées.

Les MRRs associés à une augmentation de 10 dBA du LdenIME sont présentés sur la Figure 1 (ils sont notamment ajustés sur le sexe, l'âge, la log-densité, l'indice de défaveur et le taux de mortalité par cancer du poumon). Des associations sont mises en évidence avec la mortalité par maladie cardiovasculaire (MRR = 1,18 [IC95 : 1,11-1,25]), par cardiopathie ischémique (MRR = 1,24 [IC95 : 1,12-1,36]), et par infarctus du myocarde (MRR = 1,28 [IC95 : 1,11- 1,46]). Le LdenIME n'est pas associé significativement avec la mortalité par accident vasculaire cérébral (MRR = 1,08 [IC95 : 0,97-1,21]).

Les niveaux d'exposition au bruit des avions (LdenIME) sont modérément corrélés avec les concentrations en NO₂ (coefficient de corrélation de Spearman, $r = 0,45$) mais non corrélés avec les concentrations en PM₁₀ ($r = 0,06$). La corrélation entre le LdenIME et la concentration de NO₂ est plus faible pour la zone de Paris ($r = 0,26$). Les concentrations en NO₂ et en PM₁₀ sont corrélées positivement ($r = 0,64$).

Les associations mises en évidence entre l'augmentation du LdenIME et la mortalité pour toutes les causes de mortalité qui nous intéressent ne changent pas lorsque la concentration en NO₂ est prise en compte dans les modèles. Utiliser la concentration en PM₁₀ plutôt que la concentration en NO₂ ne modifie pas les résultats (non présentés).

Les MRRs ajustés sont plus élevés chez les hommes que chez les femmes. Après ajustement sur la concentration de NO₂, les MRRs correspondant à une augmentation de 10 dBA du LdenIME sont respectivement chez les hommes et les femmes : 1,29 (IC95 : 1,17-1,42) et 1,12 (IC95 : 1,03-1,23) pour la mortalité par maladie cardiovasculaire ; 1,29 (IC95 : 1,12-1,49) et 1,15 (IC95 : 0,97-1,37) pour la mortalité par cardiopathie ischémique ; et 1,37 (IC95 : 1,11- 1,68) et 1,21 (IC95 : 0,94-1,55) pour la mortalité par infarctus du myocarde.

L'indice de Townsend est très corrélé avec l'indice de défaveur obtenu avec l'ACP ($r = 0,85$). L'utilisation alternative de l'indice de Townsend dans les modèles ne change pas les résultats.

L'ajustement sur la zone d'étude ne modifie pas non plus les résultats. Par ailleurs, les associations mises en évidence entre l'exposition au bruit des avions et la mortalité pour toutes les causes considérées sont similaires lorsque seules les données de la zone de Paris sont utilisées.

Discussion

L'étude décrite ici est la première étude écologique s'intéressant à la relation entre l'exposition au bruit des avions et la mortalité chez les riverains des aéroports français. Elle couvre 161 communes incluant 1,9 million de riverains des aéroports de Paris-Charles de Gaulle, Lyon-Saint-Exupéry et Toulouse-Blagnac. Des associations positives sont mises en évidence entre l'exposition moyenne des communes au bruit des avions et la mortalité par maladie cardiovasculaire, cardiopathie ischémique et infarctus du myocarde. La prise en compte du statut socioéconomique des communes (mesuré par un indice de défaveur), de facteurs démographiques au niveau de la commune (âge et sexe des habitants), et de la mortalité par cancer du poumon (utilisée comme variable d'approximation de la consommation de tabac) ne modifie pas les résultats. Quand les modèles sont stratifiés sur le sexe, les associations sont significatives chez les hommes comme chez les femmes, mais moins fortes chez ces dernières.

Les résultats sont inchangés lorsque les modèles sont ajustés sur la zone d'étude ou basés seulement sur les données de la zone de Paris.

Les résultats obtenus ici confirment ceux d'études récentes qui suggèrent que les niveaux élevés d'exposition au bruit des avions sont associés à la mortalité par maladie cardiovasculaire et par cardiopathie ischémique ainsi que par infarctus du myocarde. Par ailleurs, comme Huss et al. et de Sorensen et al. , nous n'observons pas d'association significative entre l'exposition au bruit des avions et la mortalité par accident vasculaire cérébral.

La prise en compte de la concentration de NO₂ ou de PM₁₀ dans les modèles ne change pas les résultats : la pollution de l'air ne semble pas être un facteur de confusion de la relation entre l'exposition au bruit des avions et la mortalité pour les causes étudiées. Ces résultats sont cohérents avec ceux des études précédentes.

La principale force de cette étude réside dans la précision et l'exhaustivité des données de mortalité transmises par le Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès de l'Inserm (CépiDc-Inserm) ainsi que dans le nombre important de décès par maladie cardiovasculaire (7 450) sur une période de 4 ans (2007-2010). Son second intérêt concerne sa méthodologie. En effet, l'approche écologique permet de bénéficier de contrastes d'exposition plus importants entre des unités géographiques qu'entre des individus pour mettre en évidence de faibles associations entre la mortalité et l'exposition au bruit des avions, le LdenIME variant de 42,0 à 64,1 dBA à l'échelle de la commune.

Les données d'exposition au bruit des avions des années 2003, 2004 et 2008 ont été utilisées respectivement pour Lyon-Saint-Exupéry, Toulouse-Blagnac et Paris-Charles-de-Gaulle. Les données de mortalité de la période 2007-2010 examinées nous ont permis de prendre en compte une éventuelle période de latence entre l'exposition et la mortalité, en particulier pour la zone de Paris. Du fait qu'aucune autre donnée d'exposition n'était disponible pour les zones de Lyon et de Toulouse et comme les contours de bruit semblent stables au cours du temps pour la zone de Paris, les cartes de bruit utilisées dans la présente étude peuvent être considérées comme représentatives des années précédant la période couverte par les données de mortalité.

L'utilisation de l'exposition moyenne au bruit des avions des communes pondérée par la population (LdenIME) dans les modèles permet de prendre en compte la variabilité de l'exposition à l'intérieur des communes. Il n'existait pas d'alternative pour prendre en compte cette variabilité car les données de mortalité et les données d'exposition au bruit des avions n'étaient pas disponibles à une échelle géographique plus fine que celle des communes.

Dans la présente étude, il n'a pas été possible de dissocier les effets sur la mortalité de l'exposition au bruit des avions la nuit au domicile de l'exposition pendant la journée sur le lieu de travail, même s'il aurait été important de le faire. Des études récentes suggèrent en effet que les perturbations du sommeil dues au bruit des avions pourraient jouer le rôle de facteur intermédiaire dans la relation entre l'exposition au bruit et l'altération de la santé, en particulier cardiovasculaire. Cependant, les informations n'étaient pas disponibles pour permettre cette distinction.

La pertinence du Lden pour décrire les effets sur la santé de l'exposition au bruit des avions peut être discutable. En effet, cet indicateur ne semble pas être l'indicateur acoustique le plus approprié lorsque l'on s'intéresse aux maladies cardiovasculaires puisqu'il pénalise les expositions de soirée et de nuit, périodes pendant lesquelles le bruit est le plus gênant. Cependant, les cartes de bruit sont produites avec cet indicateur, en application de la directive européenne n°2002/49/CE du 25 juin 2002 qui recommande le Lden pour l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement. Par ailleurs, pour les études sanitaires, il est actuellement recommandé d'inclure des indicateurs événementiels comme le nombre total de survols d'avions ou le nombre de survols d'avions dépassant un certain seuil de bruit défini par le LAmax, en particulier lorsque l'on s'intéresse aux perturbations du sommeil. En complément du Lden, il aurait été intéressant de considérer de tels indicateurs dans la présente étude afin d'accroître l'impact de ses résultats. Mais, ces indicateurs ne sont actuellement pas disponibles en France. Ils le seront cependant bientôt pour 100 participants à une étude longitudinale en cours pour laquelle des mesures acoustiques sont réalisées pendant une semaine ce qui permettra de valider l'intérêt de leur utilisation.

Se pose également la question d'une vulnérabilité différente de la population vivant à proximité des aéroports qui pourrait expliquer les associations positives rapportées ici entre l'exposition au bruit des avions et la mortalité. Nous avons pu constater que d'une part, le fait d'habiter à proximité d'un aéroport n'est pas associé au statut socioéconomique dans la présente étude : les pourcentages d'ouvriers et de cadres dans la population active sont très similaires pour les communes de la zone d'étude et pour les communes de la France entière. C'est également le cas du pourcentage de la population ayant un diplôme supérieur au baccalauréat. En outre, l'indice de défaveur obtenu avec l'ACP n'est pas corrélé au LdenIME ($r = 0,12$) et l'interaction entre ces variables n'est pas significative dans les modèles. D'autre part, la mobilité résidentielle de la population de la zone d'étude de Paris et de Lyon est légèrement plus faible que celle de la population française dans son ensemble. Elle est légèrement plus élevée dans la zone de Toulouse mais ceci peut être expliqué par le fait que la population de cette zone est plus jeune et plus éduquée que celles des autres zones de l'étude et donc plus encline à déménager.

Un biais de sélection est possible si la population installée à proximité des aéroports est moins sensible aux effets sanitaires de l'exposition au bruit que la population générale. Les informations disponibles ne permettent pas de vérifier ni d'écarter l'existence d'un tel biais qui conduirait probablement à sous-estimer les effets du bruit.

L'association écologique entre l'exposition moyenne pondérée au bruit des avions et la mortalité à l'échelle de la commune peut être différente de la relation au niveau individuel. Cette problématique a été particulièrement discutée dans le cas où il existe un important facteur de risque individuel pour une pathologie, comme par exemple la consommation de tabac ou un régime alimentaire riche en graisse pour les maladies cardiovasculaires. Dans la présente étude, il n'a pas été possible d'obtenir des informations sur de tels facteurs ni au niveau individuel ni à l'échelle de la commune. Nous avons utilisé la mortalité par cancer du poumon comme variable d'approximation de la consommation de tabac à l'échelle de la commune. Cependant, alors qu'il est établi que la consommation de tabac est associée au statut socioéconomique, le fait de

résider à proximité d'un aéroport ne l'est pas dans la présente étude, aussi est-il peu vraisemblable que la consommation de tabac soit un facteur de confusion dans la relation entre l'exposition au bruit des avions et la mortalité observée.

La possibilité que les associations observées dans la présente étude soient dues en partie à des facteurs de confusion non mesurés qui auraient des distributions géographiques similaires à celle de l'exposition au bruit des avions ne peut être exclue. Cependant, nous avons tenté de limiter ces biais en introduisant un certain nombre de facteurs de confusion potentiels quand l'information était disponible.

Il sera prochainement possible de valider ces résultats observés à l'échelle de la commune à partir de ceux obtenus au niveau individuel dans une étude longitudinale actuellement en cours en France qui recueille notamment des informations sur des facteurs de confusion comme la consommation de tabac.

Conclusions

La présente étude écologique a montré des associations positives et significatives entre l'exposition moyenne au bruit des avions des communes et la mortalité par maladie cardiovasculaire, cardiopathie ischémique et infarctus du myocarde, même après prise en compte des facteurs de confusion, et de la pollution de l'air en particulier. Cependant, le nombre d'études s'intéressant à la relation entre l'exposition au bruit des avions et la mortalité est clairement insuffisant et leurs résultats ne sont pas complètement consistants. C'est la raison pour laquelle d'autres études individuelles sont nécessaires pour mieux comprendre les associations mises en évidence dans le présent article.

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Στην παρούσα εργασία, όπως ήδη αναφέρθηκε στην εισαγωγή γίνεται μετάφραση ενός αποσπάσματος όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μιας γαλλικής έρευνας. Το κείμενο πηγή έχει συνταχθεί στη γαλλική γλώσσα, ενώ το κείμενο στόχος, στην ελληνική. Η έκταση του κειμένου-πηγή είναι 4.358 λέξεις, ενώ συντάκτες του είναι οι Anne-Sophie Evrard, Liacine Bouaoun, Patricia Champelovier, Jacques Lambert. Το εν λόγω άρθρο έχει εκπονηθεί με στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με τη συσχέτιση της έκθεσης στον αεροπορικό θόρυβο και της θνησιμότητας, στο πλαίσιο μιας γαλλικής έρευνας. Αξίζει να σημειωθεί ότι στόχο της παρούσας πτυχιακής δεν αποτελεί η ανάπτυξη κάποιας νέας θεωρίας επί της τεχνικής μετάφρασης καθώς πρόκειται αμιγώς για μετάφραση και όχι για έρευνα. Αφορά, λοιπόν, πρακτική εφαρμογή γνώσεων και δεξιοτήτων που αποκτήθηκαν στο πλαίσιο της φοίτησής μου στο τμήμα. Ωστόσο, η τριβή με το κείμενο επιτρέπει την εξαγωγή ορισμένων συμπερασμάτων που θα σχολιαστούν εκτενέστερα κατωτέρω.

Αναφορικά με τις θεωρίες στις οποίες βασίστηκε η εκπόνηση της παρούσας μετάφρασης, ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη Θεωρία του Σκοπού (Skopos Theory). Η συγκεκριμένη θεωρία καθιερώθηκε από τους Γερμανούς γλωσσολόγους Χανς Βερμέερ και Καταρίνα Ράις, ενώ η κεντρική ιδέα που την περιβάλλει είναι ότι κατά τη μετάφραση, θα πρέπει να δίδεται σημαντική βαρύτητα στο κείμενο που δημιουργείται από τον μεταφραστή, ήτοι στο κείμενο-στόχο. Η Θεωρία του Σκοπού ορίζει τη μετάφραση ως μια διαδικασία με έναν συγκεκριμένο στόχο και σκοπό, ο οποίος, βέβαια, επηρεάζεται και μεταβάλλεται ανάλογα με τις γνώσεις, το κοινωνικό υπόβαθρο, τις αξίες του αποδέκτη. Το κείμενο-πηγή κρίνεται κατώτερο από το κείμενο-στόχος. Οι κανόνες της Θεωρίας του Σκοπού είναι οι εξής: 1) το κείμενο-στόχος πρέπει να διέπεται από εσωτερική συνοχή 2) πρέπει να υπάρχει στενός συσχετισμός του κειμένου-στόχος με το κείμενο-πηγή 3) το κείμενο-στόχος καθορίζεται ολοκληρωτικά από έναν συγκεκριμένο σκοπό. Συγκεκριμένα, το κείμενο που επεξεργάστηκα διαθέτει αμιγώς πληροφοριακό και ενημερωτικό σκοπό, καθώς πρόκειται για απόσπασμα έρευνας που στόχο έχει να διαφωτίσει τους αναγνώστες-δέκτες σχετικά με ένα ζήτημα για το οποίο οι μέχρι πρότινος πληροφορίες που παρέχονταν, ήταν ομολογουμένως ανεπαρκείς και ελλιπείς.

Επιπροσθέτως, οι μεταφραστικές στρατηγικές που ακολουθήθηκαν κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, βασίστηκαν στη θεωρία και κατηγοριοποίηση των μεταφραστικών τεχνικών από τους Vinay και Darbelnet. Σύμφωνα με τη μεταφραστική τους θεωρία, η μετάφραση υπάγεται σε δυο μεγάλες κατηγορίες: την άμεση και την

έμμεση μετάφραση. Η άμεση μετάφραση περιλαμβάνει το έκτυπο, το δάνειο και την κατά λέξη μετάφραση, ενώ η έμμεση μετάφραση εμπεριέχει την ισοδυναμία, τη μετατροπή, τη μετάταξη, την προσαρμογή, τη συρρίκνωση και την επέκταση. Η συγκεκριμένη θεωρία και κατηγοριοποίηση αποσκοπεί στην πρόσληψη του κειμένου-πηγή αρχικά, και, έπειτα, στη δημιουργία ενός κειμένου-στόχος που διακρίνεται από επικοινωνιακή ισοδυναμία ως προς το πρωτότυπο κείμενο. Η διαδικασία αυτή συμβάλλει στην παραγωγή ενός ισοσθενούς κειμένου προς το κείμενο-πηγή.

Όσον αφορά στην ορολογία του κειμένου, οι όροι που συναντώνται στο κείμενο πηγάζουν κατά βάση από τον τομέα της ιατρικής (πχ *maladie cardiovasculaire*, *cardiopathie ischémique*, *accidents vasculaires cérébraux*) και του περιβάλλοντος (πχ *pollution de l'air*, *carte de bruit*), ενώ σε αρκετά σημεία απαντώνται και τύποι στατιστικής. Το κείμενο είναι αμιγώς τεχνικής φύσεως, επομένως εύλογα η ορολογία του προέρχεται κατά κόρον από το πεδίο της επιστήμης. Για την τεκμηρίωση των όρων, χρησιμοποιήθηκαν ως επί το πλείστον ηλεκτρονικές πηγές, κυρίως δε γλωσσάρια, λεξικά και βάσεις ορολογίας. Ταυτόχρονα, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή και μελέτη σε παράλληλα κείμενα με κοινό, τεχνικό περιεχόμενο, έτσι ώστε να ληφθούν αποφάσεις σχετικά με την επιλογή της ορολογίας που χρησιμοποιήθηκε. Η πλειονότητα των αποδόσεων των τεχνικών όρων συλλέχθηκε από το IATE (Interactive Terminology for Europe, Διαδραστική ορολογία για την Ευρώπη), που αποτελεί την κεντρική βάση ορολογίας της ΕΕ και συμπεριλαμβάνει όρους από μια σημαντική γκάμα τομέων και πεδίων. Επιπλέον, όσον αφορά στους ιατρικούς όρους, ιδιαίτερα επικουρικό ήταν και το IATROLEXI, το οποίο αποτελεί εξίσου μια υποδομή γλωσσικής επεξεργασίας βιοϊατρικών κειμένων. Σε περιπτώσεις που σημειώθηκε ιδιαίτερη δυσκολία στην εύρεση κατάλληλων και εύστοχων όρων, ανέτρεξα σε συγκρίσιμα κείμενα στον ιστότοπο EUR-LEX, ο οποίος αποτελεί τον επίσημο ιστότοπο δικαίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης και δημοσιεύεται σε 24 επίσημες γλώσσες της ΕΕ.

Σε γενικές γραμμές, το κείμενο που μεταφράστηκε στην παρούσα πτυχιακή εργασία χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα ως προς το λεξιλόγιό του, καθώς επίσης και από συχνό μακροπερίοδο λόγο. Παρόλα αυτά, εάν ο αναγνώστης διαθέτει βασικές γνώσεις των πεδίων της ιατρικής και του περιβάλλοντος (ακόμη και της φυσικής/μηχανικής), δε θα δυσκολευόταν να κατανοήσει το κείμενο, καθώς τα νοήματα είναι σαφή και αρκετοί από τους όρους του κειμένου επαναλαμβάνονται σε όλη την έκτασή του. Όσον αφορά τη δομή του, είναι χωρισμένο σε αριθμημένες παραγράφους, που υπάγονται ανά ομάδες σε κάποιο θεματικό υπότιτλο (Introduction, Méthodes, Analyses Statistiques, Résultats, Discussion, Conclusions), χαρακτηριστικό που καθιστά το κείμενο περισσότερο εύληπτο για τον αναγνώστη.

Αναφορικά με την απόδοση ορισμένων όρων, υπήρξαν κάποια μεταφραστικά «διλήμματα». Έπειτα από έρευνα σε παράλληλα κείμενα, η συχνότητα εμφάνισης και το περιεχόμενο στο οποίο βρισκόταν ο εκάστοτε όρος αποτέλεσε τον παράγοντα που καθόρισε τις τελικές επιλογές. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα εξής:

1) commune: Υπήρξε σύγχυση ως προς το αν πρέπει να μεταφραστεί ως δήμος ή κοινότητα. Έπειτα από σχετική έρευνα, διαπιστώθηκε ότι η κοινότητα στη Γαλλία ορίζεται ως η περιοχή που υπάγεται διοικητικά σε έναν δήμο και αποτελεί τη βασική βαθμίδα διαιρέσεων των εδαφών. Για τους προαναφερθέντες λόγους, επιλέχθηκε ο όρος «κοινότητα» έναντι του όρου «δήμος».

2) niveau sonore moyen pondéré (Lden): καθώς το ζεύγος γαλλικά-ελληνικά απαντάται σπανιότερα από ότι τα ζεύγη γαλλικά-αγγλικά, αγγλικά-ελληνικά, η παράλληλη έρευνα σε κείμενα στην αγγλική υπήρξε ιδιαίτερα βοηθητική. Με τον τρόπο αυτό, εντοπίστηκε η απόδοση του ανωτέρω όρου, η οποία μάλιστα είναι περισσότερο περιφραστική και επεξηγηματική από τον πρωτότυπο: επίπεδο του συνολικού θορύβου την ημέρα, το βράδυ και τη νύχτα (Lden).

3) une journée est divisée en 12 heures de jour...: στη συγκεκριμένη περίπτωση, το journée μεταφράστηκε ως εικοσιτετράωρο και όχι ως ημέρα, προς αποφυγή επανάληψης και για να δοθεί έμφαση στον καταμερισμό της ημέρας σε ώρες.

4) pénalité de 5 dBA: ο όρος pénalité δημιούργησε αρκετούς προβληματισμούς ως προς την απόδοσή του, καθώς θα μπορούσε να μεταφραστεί με πολλαπλούς τρόπους (ποινή, κύρωση, ρήτρα, τιμωρία). Για τη λήψη της απόφασης σχετικά με την επιλογή της βέλτιστης δυνατής απόδοσης, ανέτρεξα σε κείμενα σχετικά με τον ήχο και τις μονάδες μέτρησής του και διαπίστωσα ότι ο όρος που αρμόζει στο συγκεκριμένο απόσπασμα, κρίνοντας πάντα βάσει του συγκειμένου και του περικειμένου, είναι ο όρος «ποινή».

5) particules PM10: μεταφράστηκε ως PM10 με τη χρήση της πρακτικής της συρρίκνωσης, καθώς η μετάφραση της λέξης particules κρίθηκε περιττή στην ελληνική.

6) la pollution de proximité, la pollution de fond: οι αποδόσεις αυτών των όρων ήταν σχεδόν δυσεύρετες στις πηγές. Έτσι, μελέτησα στα γαλλικά την ακριβή σημασία των όρων αυτών κι αφότου τους κατανόησα εις βάθος, επέλεξα να προτείνω κάποιες δικές μου αποδόσεις που θεωρώ ότι ανταποκρίνονται στις έννοιες των πρωτότυπων λέξεων (τοπική ρύπανση, βασική ρύπανση).

7) CIM-10: το παρόν ακρωνύμιο μεταφράστηκε πλήρως στα ελληνικά ώστε να επεξηγηθεί στον αναγνώστη για τι ακριβώς πρόκειται (10η Αναθεώρηση της Διεθνούς Ταξινόμησης Νόσων), ενώ σε παρένθεση παρατέθηκε το αγγλικό ακρωνύμιο, καθώς η χρήση των ακρωνυμίων με βάση την αγγλική γλώσσα είναι συνηθέστερη στα ελληνικά (ICD-10).

8) spline: ο όρος spline δε μεταφράστηκε στα ελληνικά, αλλά διατηρήθηκε όπως στο κείμενο-πηγή, καθώς έπειτα από μελέτη σε συγκρίσιμα κείμενα, διαπιστώθηκε ότι ο όρος είναι καθιερωμένος στην ελληνική με αυτήν τη μορφή. Έτσι, χρησιμοποιήθηκε η μεταφραστική στρατηγική του δανείου.

9) Paris-Charles de Gaulle, Lyon-Saint-Exupéry et Toulouse-Blagnac: όσον αφορά τις ονομασίες των περιοχών και των αντίστοιχων αεροδρομίων, επιλέχθηκε η μεταγραφή τους στην ελληνική, και όχι η διατήρηση των λατινικών χαρακτήρων. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της αντιστρεψιμότητας. Οι λέξεις δηλαδή μεταφράστηκαν ορθογραφημένα. Η στρατηγική αυτή επιλέχθηκε καθώς πρόκειται για χαρακτηριστικά παραδείγματα τοπωνυμίων που συνηθίζονται να μεταγράφονται ορθογραφημένα στην ελληνική (πχ η πόλη Λυών).

10)bruit des avions: στο κείμενο μεταφράζεται άλλοτε ως θόρυβος των αεροπλάνων και άλλοτε ως αεροπορικός θόρυβος, προκειμένου να αποφευχθούν οι πολλαπλές επαναλήψεις κατά μήκος του κειμένου.

Όσον αφορά στη σύνταξη του κειμένου, όπως προαναφέρθηκε, ο λόγος που προτίμησε να χρησιμοποιήσει ο συγγραφέας χαρακτηρίζεται από μεγάλες περιόδους. Αν και το γεγονός αυτό θα μπορούσε να προκαλέσει σύγχυση στον αναγνώστη, έγινε προσπάθεια να διατηρηθεί ο μακροπερίοδος λόγος, καθώς τα νοήματα κάθε περιόδου ήταν μεστά και δε δύναντο να διασπαστούν ή να χωριστούν. Παρόλα αυτά, προς αποφυγή ακριβώς πιθανών νοηματικών προβληματισμών από την πλευρά του αναγνώστη-δέκτη, χρησιμοποιήθηκαν ορισμένες συνδετικές ή εμφατικές λέξεις που διευκόλυναν την κατανόηση της ροής του λόγου (πχ Alors que beaucoup d'études se sont intéressées à la gêne ou à la qualité du sommeil, peu ont examiné —> Αν και πολλές έρευνες έχουν εξετάσει την ενόχληση ή την ποιότητα του ύπνου, λίγες μόνον έχουν επικεντρωθεί, Des modèles de dispersion ont été utilisés —> Χρησιμοποιήθηκαν, εξίσου, μοντέλα διασποράς, puisqu'il pénalise les expositions de soirée et de nuit, périodes pendant lesquelles le bruit est le plus gênant —> επηρεάζει αρνητικά την έκθεση στις βραδινές και νυχτερινές ώρες, ήτοι τις περιόδους κατά τις οποίες ο θόρυβος είναι πιο ενοχλητικός). Σε άλλες περιπτώσεις, επιλέχθηκε να αντιστραφεί η σειρά των λέξεων ανά περίοδο προκειμένου ο λόγος να είναι περισσότερο «εξοικειωμένος» με τη ροή που έχει στην ελληνική γλώσσα. Και πάλι, η τακτική αυτή χρησιμοποιήθηκε ώστε ο δέκτης να μπορεί να κατανοήσει και να αναγνώσει ακώλυτα το μετάφρασμα (πχ L'exposition moyenne à la pollution de l'air pour la période 2008 à 2010 (pour le NO2 et les PM10, exprimée en µg/m3) de chaque commune a été utilisée pour les analyses statistiques —> Για τις στατιστικές αναλύσεις, χρησιμοποιήθηκε η μέση έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση κάθε κοινότητας για την περίοδο 2008-2010 (για το NO2 και τα PM10, εκφρασμένη σε µg/m3), Des travaux de modélisation de la qualité de l'air sur l'aire toulousaine ont été entrepris dans le cadre du Plan pour la Protection de l'Atmosphère mais ils ne sont pas achevés —> Στο πλαίσιο του σχεδίου για την Προστασία της Ατμόσφαιρας, έχουν επιχειρηθεί εργασίες μοντελοποίησης της ποιότητας του αέρα στην περιοχή της Τουλούζης, αλλά δεν έχουν ολοκληρωθεί, La possibilité que les associations observées dans la présente étude ... ne peut être exclue —> Δεν μπορεί να αποκλειστεί το ενδεχόμενο οι συσχετίσεις που παρατηρήθηκαν...).

Τέλος, σχετικά με το κομμάτι της γραμματικής, χρησιμοποιήθηκε εξίσου η μεταφραστική στρατηγική της μετατόπισης, κατά την οποία μια γραμματική κατηγορία μετατρέπεται σε μια άλλη, διατηρώντας παράλληλα το ευρύτερο νόημα (πχ Comme l'on suppose que —> θεωρητικά). Όσον αφορά τους χρόνους που παρατηρούνται στο κείμενο, γίνεται χρήση κατά βάση του Ενεστώτα και του Αορίστου, γεγονός που έγινε σεβαστό κατά τη μεταφραστική διαδικασία και δεν υπέστη αλλαγές. Παρεμβάσεις δεν επιδιώχθηκαν ούτε στα πρόσωπα, καθώς η χρήση γ' ενικού και πληθυντικού κατά την «αφήγηση» και επεξήγηση, ήταν όντως απαραίτητη και α' πληθυντικού, όταν οι συντάκτες αναφέρονταν στη δική τους προσωπική προσπάθεια.

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι ο κλάδος της μετάφρασης και δη η μετάφραση εξειδικευμένων, τεχνικών κειμένων αποτελεί μια ενασχόληση εξαιρετικού ενδιαφέροντος. Τους τελευταίους αιώνες, βέβαια, η μετάφραση έχει εδραιωθεί και συγκαταλέγεται επάξια στο επιστημονικό γίγνεσθαι. Ο ρυθμός ανάπτυξης τμημάτων μετάφρασης ανά το κόσμο είναι καλπάζων και συμβάλλει στην κατάρτιση εξάιρετων επαγγελματιών. Η πασγκοσμιοποίηση, οι φρενήρεις ρυθμοί με τους οποίους εξελίσσονται οι τεχνολογικές ανακαλύψεις, η ευκολότερη πρόσβαση στη γνώση και η κυριαρχία των μέσων κοινωνικής δικτύωσης είναι μερικοί μόνον από τους λόγους που καθιστούν τη μετάφραση μια επιστήμη ζωτικής σημασίας. Τα τεχνικά κείμενα, συγκεκριμένα, δε θα πάψουν να απαιτούν μετάφραση όσο υπάρχει εξέλιξη. Η ευθύνη που φέρει ο μεταφραστής είναι ιδιαίτερα σημαντική και, συνεπώς, τα μεταφράσματα οφείλουν να διέπονται από σαφήνεια και ακρίβεια, χωρίς να τίθεται περιθώριο για παρανοήσεις και παρερμηνείες.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Anne-Sophie Evrard, Liacine Bouaoun, Patricia Champelovier, Jacques Lambert. L'exposition au bruit des avions augmente-t-elle la mortalité par maladie cardiovasculaire dans les communes riveraines des aéroports en France ?. Environnement, Risques & Santé, 2016, 15 (6), pp.506-514. Retrieved February 18, 2023, from <file:///C:/Users/user/Downloads/doc00025170.pdf>
- EEA Glossary. (2017, March 08). Retrieved February 18, 2023, from <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary>
- Eur-Lex- Access to European Union Law. (n.d.). Retrieved February 18, 2023, from <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>
- IATE-Translation centre for the bodies of the EU. (n.d.). Retrieved February 18, 2023, from <https://cdt.europa.eu/en/iate>
- IATROLEXI. (n.d.). Retrieved February 18, 2023, from <http://www.iatrolexi.gr/iatrolexi/index.html>
- Owji, Z. (2013, January). Translation Strategies: A Review and Comparison of Theories. Retrieved February 18, 2023, from <https://translationjournal.net/journal/63theory.htm>
- Trisnawati, I. K. (2014). Skopos theory: A practical approach in the translation process. *Englisia Journal*, 1(2), 246--254. doi:10.22373/ej.v1i2.186
- ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ-Περιβαλλοντικός Θόρυβος. (n.d.). Retrieved February 18, 2023, from http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environmentnew.nsf/page10_gr/page10_gr?OpenDocument

