

Anne-Sophie Evrard
Chargée de recherche

Lise Giorgis Allemand
Ingénieure de recherche

(Univ Eiffel/TS2/Umrestte)

Séminaire "Mobilité sûre et durable"
Mardi 4 avril 2023

Les effets du bruit et de la pollution de l'air sur la santé

Panorama des projets en cours



**Université
Gustave Eiffel**

DEBATS (2009-2023)

debats-avions.ifsttar.fr



Contexte

Avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France sur l'exposition au bruit des avions (2004)

- Problème de santé publique
- Affiner la connaissance de la situation sanitaire française

Direction Générale de la Santé (DGS) et Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires (Acnusa)

- Mise en œuvre d'une étude épidémiologique (2009)

Objectif : 1^{er} programme de recherche d'ampleur en France dont l'objectif est d'évaluer les effets éventuels de l'exposition au bruit des avions sur la santé des riverains d'aéroports

Collaborations

Partenaires : Univ Eiffel/TS2/Umrestte (porteur) ; Univ Eiffel/AME/Modis, Bruitparif (Centre d'évaluation technique de l'environnement sonore en Île-de-France), Centre du Sommeil et de la Vigilance de l'Hôtel Dieu de Paris, Centre Épidémiologique des Causes Médicales de Décès de l'Inserm

Assistance technique : Laboratoire de Biochimie des Hospices Civils de Lyon, Aéroports de Paris (AdP), Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC), Acoucité (Observatoire de l'environnement sonore de la Métropole de Lyon), Airparif, Air Rhône-Alpes, GfK-ISL (Institut de sondage)...

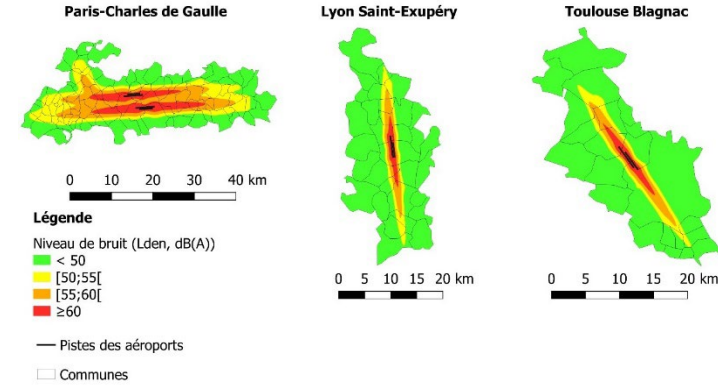
Financeurs : 3 374 098 € dont les deux tiers de subventions

DGS, Direction Générale de la Prévention des Risques, DGAC, Acnusa, Anses et Univ Gustave Eiffel

Méthodes

Étude écologique¹

- Niveaux moyens de bruit d'avions estimés dans 161 communes à partir de cartes de bruit produites par AdP et DGAC
- Mortalité par maladie cardiovasculaire en général, par maladie cardiaque ischémique en particulier, notamment par infarctus du myocarde, et par accident vasculaire cérébral, fournie par CépiDc-Inserm



Étude longitudinale

- 1244 participants, riverains des aéroports de Paris-CdG, Lyon Saint-Exupéry et Toulouse-Blagnac
- Interview en face à face en 2013 (inclusion), 2015 (1^{er} suivi) et 2017 (2^{ème} suivi)
- Estimation de l'exposition au bruit des avions basée sur les mêmes cartes de bruit que ci-dessus
- Questionnaire : hypertension, perturbations du sommeil, troubles psychologiques, gêne
- Mesures : pressions artérielles, fréquence cardiaque, niveaux de cortisol dans la salive matin et soir

Étude sommeil « clinique »

- 110 participants (90 Paris-CdG, 20 Toulouse-Blagnac) de l'étude précédente
- Mesures acoustiques façade et chambre à coucher pendant une semaine (2014, 2016 et 2018)
- Mesures actimétriques et de la fréquence cardiaque (sommeil) pendant la même semaine



¹ Étude épidémiologique dans laquelle les critères analysés concernent des agrégats d'individus plutôt que des individus eux-mêmes

Résultats

- Augmentation de la **mortalité par MCV** (Evrard, 2015)
- Dégradation de l'**état de santé perçu** chez les hommes uniquement (Baudin 2021, Kodji 2023))
- Augmentation de la **gêne**, associée également à des facteurs non acoustiques (Lefèvre 2020)
- Augmentation des **troubles psychologiques** avec la gêne due au bruit des avions (Baudin 2018)
- Dégradation de la **qualité subjective et objective du sommeil** (Nassur 2017, 2018, 2019)
- Diminution de la variation horaire du **cortisol** salivaire au cours de la journée (Lefèvre 2017, Baudin 2019)
- Augmentation du risque d'**hypertension** chez les hommes uniquement (Evrard 2017, Kourieh 2022)

Bilan des publications

- 19 articles dans des revues à comité de lecture dont trois issus d'une collaboration européenne
- 3 thèses (AM Nassur, 2018, C Baudin, 2019, M Kodji 2024)
- 28 communications orales avec actes, 16 sans actes, 7 posters dans congrès national/international
- 20 rapports de recherche et 7 rapports de stage (L3, M1 et M2)

Perspectives

- **Obésité, diabète**
- **Collaboration européenne** : analyse conjointe des données de DEBATS et NORAH
- **Prise en compte de la pollution de l'air**



BROUHAHA (2021-2023)

www.e4n.fr/projets

Objectif : Rechercher s'il existe une association entre l'exposition au bruit des transports et le risque de diabète de type 2 et d'hypertension dans la cohorte E3N-Génération en Île de France et Auvergne Rhône-Alpes (2000 - 2018)

Méthodes

- Volet A : estimer l'association entre l'exposition au bruit des transports et le risque de maladies cardio-métaboliques dans une sous-cohorte nichée (N=35 070) au sein de la cohorte E3N.
- Volet B : étude pilote au sein de la cohorte E4N (N=120) pour observer les effets d'une exposition au bruit à court terme mesurée sur des marqueurs cardio-métaboliques intermédiaires mesurés avec un dispositif e-santé (pression artérielle, glycémie, fréquence cardiaque, activité physique, sommeil).

Partenaires

Inserm/Équipe Exposome et hérédité (porteur) ; Acoucity, Bruitparif, Univ Eiffel/TS2/Umrestte

Financement : 200 000 euros (Fondation de France)



BCAN à venir



Objectif : Exposition environnementale au bruit des transports et risque de cancer dans la cohorte E3N-Générationes en Île de France et Auvergne Rhône-Alpes (2000 - 2018)

Méthodes

- Volet A : étude de l'association entre l'exposition au bruit des transports et le risque de cancer toutes localisations et plus spécifiquement le risque de cancer du sein chez la femme.
- Volet B : étude de l'association entre l'exposition au bruit des transports et le risque de cancer de la prostate chez l'homme.

Partenaires

Inserm/Équipe Exposome et hérédité (porteur) ; Acoucity, Bruitparif, Univ Eiffel/TS2/Umrestte

Financement : déposé à l'APR Santé-Environnement de la Fondation de France 2023 (200 000 euros)



GENIFER (2022-2024)

www.bruitparif.fr/le-projet-genifer

Objectif : évaluer la faisabilité d'une étude cherchant à mieux comprendre les facteurs acoustiques impliqués dans la gêne exprimée par les riverains vis à vis du bruit généré par le trafic ferroviaire

Méthodes

- **Construire une méthodologie d'enquête, sélectionner le site d'étude et élaborer des outils pour le recueil de données** (grilles d'entretiens et questionnaire, télécommande électronique pour renseigner leur gêne instantanée au passage de trains).
- **Tester la mise en œuvre sur le terrain de la méthodologie d'enquête et des outils de recueil des données**
 - réalisation de mesures de bruit et modélisation numérique du bruit ferroviaire sur le site pilote
 - réalisation d'entretiens semi-directifs, passation de questionnaires, consignation de notes de gêne instantanée au passage par les participants avec la télécommande électronique et des écoutes commentées réalisées au domicile des participants.
- **Classer et hiérarchiser les événements sonores ferroviaires** selon leur note de gêne instantanée et leurs caractéristiques acoustiques.

Partenaires

Bruitparif (porteur) ; Univ Eiffel/TS2/Umrestte, SNCF-Réseau

Financement : 50 000 euros (Anses)



MOTUS (2021-2024)



Objectif : Évaluer les effets du bruit des hélicoptères sur la gêne et la santé

Méthode

- Enquête par questionnaire

Partenaires

Airbus Helicopters (porteur) ; Univ Eiffel/AME/Modis ; Univ Eiffel/TS2/Umrestte, Bruitparif

Financement : 217 560 euros (DGAC)

UrbASanté (2022-2024)

urbasante.fr

Contexte

- Évaluation des impacts des aménagements urbains sur les comportements et la santé reste trop rare pour orienter les décisions prises lors des choix d'aménagement dans un objectif de réduction des inégalités sociales de santé

Objectifs : Étudier l'impact des aménagements urbains sur des nuisances environnementales (bruit et qualité de l'air), des comportements de santé et la santé

- Analyser les interactions complexes entre des déterminants environnementaux, des comportements individuels, des usages et représentations des espaces et des indicateurs de santé (santé perçue, santé respiratoire)
- Évaluer l'impact des transformations urbaines sur les comportements liés à la santé en fonction des caractéristiques des populations

Méthode

- Protocole avant/après la mise en œuvre d'un aménagement urbain à Paris

Partenaires

Université Paris-Est Créteil (porteur) ; Univ Eiffel/LVMT ; CRESS, Inserm U1153, Inra U1125, Cnam, Université Paris 13, Équipe EREN ; CRESS, Inserm U1153, Équipe HERA ; CNRS UMR8234 ; CNRS UMR 8504 ; Université Paris 8, UMR 7533 LADYSS ; Univ Eiffel/TS2/Umrestte ; Ville de Paris

Financement : ANR (485 056 €) et ISITE-Future de l'Université Gustave Eiffel (238 267 €)

Publications : Charreire et 2023

Cibélius (2017-2019)

Contexte

- Énergie éolienne en pleine expansion mais preuves des effets sur la santé du bruit des éoliennes inexistantes ou de faible qualité (OMS 2018)
- Verrous méthodologiques : Estimation de l'exposition et du nombre de personnes exposées

Objectifs : Évaluer la faisabilité d'une étude épidémiologique, à l'échelle de la France, de l'impact du bruit des éoliennes sur la santé et proposer une méthodologie

- Estimer le nombre de personnes potentiellement exposées
- Proposer une méthode pertinente de calcul de l'exposition au bruit éolien
- Construire et valider un questionnaire et des mesures objectives des états de santé

Résultats

- Taille de population exposée suffisante et existence de gradients d'exposition : près de 250 000 personnes le jour et 350 000 personnes la nuit exposées à des niveaux variant entre 30 à 60 dB(A)
- Près de 63% des personnes exposées dans trois régions : Hauts de France, Bretagne et Normandie
- Questionnaire et mesures objectives de paramètres physiologiques des états de santé validés

Partenaires

Univ Eiffel/TS2/Umrestte (porteur) ; Univ Eiffel/AME/Modis, Univ Eiffel/Cerema/Umrae

Financement : 50 000 euros (APR santé-environnement Anses)

Publications : Ecotièrre 2022, Evrard 2022, Evrard et Ecotièrre TheConversation 2023



RIBeolH (2020-2024)

ribeolh.univ-gustave-eiffel.fr

Contexte

- Recommandations OMS et Anses : mise en œuvre d'études épidémiologiques sur un nombre important d'individus, avec mesures objectives de la santé des participants et de l'exposition au bruit des éoliennes pour un large éventail de niveaux et de fréquences (incluant les SBF)

Objectifs

- Évaluer les effets sur la santé (incluant la gêne) du bruit audible (en particulier SBF) et des infrasons (IF) produits par les éoliennes
- Mieux connaître les caractéristiques spécifiques du bruit audible (SBF inclus), mais aussi des IF émis par les éoliennes, et mieux comprendre les mécanismes auditifs associés à la perception des IF et des SBF des éoliennes, et plus particulièrement les sensations liées à l'intensité sonore (sonie) et aux modulations d'amplitude, et leur lien avec la gêne
- Mieux connaître les effets des IF sur l'oreille interne ou le système nerveux central, ceux-ci pouvant expliquer certaines symptomatologies parfois décrites par des sujets exposés aux IF et qui s'en plaignent

Méthodes : Étude épidémiologique et étude psychoacoustique et physiologique en laboratoire

Consortium

Univ Eiffel/TS2/Umrestte (porteur) ; Univ Eiffel/AME/Modis, Univ Eiffel/Cerema/Umrae, ENTPE/LGCB, CNRS/LMA, Ensta-ParisTech/IMSIA, UMR Inserm 1107 Université Clermont Auvergne

Financement : 763 048 euros (APR générique ANR)



EOLSOMnie (2023-2025)

Objectif : Évaluer les effets sur le sommeil du bruit audible (en particulier des SBF) et des IF produits par les éoliennes

Hypothèse : non seulement le bruit audible (en particulier les SBF) mais aussi les IF émis par les éoliennes en fonctionnement normal perturberaient le sommeil des riverains de parcs éoliens : augmentation de la latence d'endormissement, du nombre et de la durée des éveils intra sommeil, et des réveils prématurés, diminution de la durée totale de sommeil, réduction de l'efficacité du sommeil, augmentation du nombre de changements de stade de sommeil et diminution des proportions de sommeil profond et paradoxal.

Méthodes

- Sélection d'un sous-échantillon de 100 participants à RIBEOIH
- Caractérisation fine de l'exposition au bruit par des mesures acoustiques chez les participants
- Enregistrement des phases de sommeil à l'aide d'un bandeau DREEM

Partenaires

Univ Eiffel/TS2/Umrestte (porteur) ; Univ Eiffel/Cerema/Umrae, Université Paris Descartes EA 7330 VIFASOM, Centre du Sommeil et de la Vigilance de l'Hôtel Dieu de Paris

Financement

180 000 euros (Fondation de France) et 150 000 euros (DGPR)



NOCTAMBruit à venir



Contexte

- Développement d'une économie nocturne dans la plupart des métropoles et grandes villes à forte attractivité touristique, culturelle et festive s'accompagne depuis quelques années d'une montée en puissance des tensions entre exploitants de bars, de lieux musicaux, noctambules et riverains en raison, notamment, des nuisances sonores nocturnes
- Verrous méthodologiques : Estimation de l'exposition et du nombre de personnes exposées

Objectifs : mener la première évaluation en France de l'exposition des populations au bruit de la vie récréative nocturne et des effets sanitaires associés en termes de gêne et de perturbations du sommeil, au sein de quartiers animés

- Développer un modèle pertinent de calcul de l'exposition au bruit généré par la vie nocturne
- Évaluer l'association entre l'exposition à ce type de bruit d'une part et la gêne et les perturbations du sommeil des riverains exposés d'autre part, ainsi que la relation entre ces deux effets en utilisant un modèle de stress
- Proposer une méthodologie de recensement du nombre de riverains potentiellement exposés aux bruits de la vie récréative nocturne sur un territoire

Partenaires

Univ Eiffel/Cerema Umrae (porteur) ; Bruitparif, Univ Eiffel/TS2/Umrestte, Univ Eiffel/AME/Modis, Université Paris Descartes EA 7330 VIFASOM, Centre du Sommeil et de la Vigilance de l'Hôtel Dieu de Paris, Ville de Paris, Eurométropole de Strasbourg

Financement : Projet soumis à APR ANR 2022 (1 199 743 €)

RISQUAIR à venir

Objectif : Proposer des principes de communication pour assurer la réussite des campagnes d'information visant à convaincre les individus que la pollution de l'air représente une menace sanitaire qu'ils peuvent combattre efficacement individuellement mais aussi collectivement

Méthode

- Enquête par questionnaire
- Deux expérimentations en laboratoire

Partenaires

Univ Eiffel/AME/DCM (porteur) ; Univ Eiffel/TS2/Umrestte, ?

Financement

A soumettre à l'ANR?

CANEM à venir

Objectif : Proposer une Cartographie Numérique Environnementale (niveaux de pollutions sonores, atmosphérique et lumineuse) et des Mobilités et sensibiliser les différents acteurs sur les impacts sanitaires concrètes de ces pollutions

Méthode : Un observatoire de la mobilité sur le territoire de Paris Ouest La Défense

- Une collecte de données pour centraliser les données de mobilités et d'exposition des habitants aux diverses pollutions (sonores, lumineuses et qualité de l'air)
- Un jumeau numérique pour enrichir les données et comprendre / anticiper la mobilité et les niveaux de pollution engendrés
- Un tableau de bord de mobilité pour suivre la mobilité sur le territoire
- Des widgets pour sensibiliser les citoyens et le grand public sur leurs impacts sanitaires

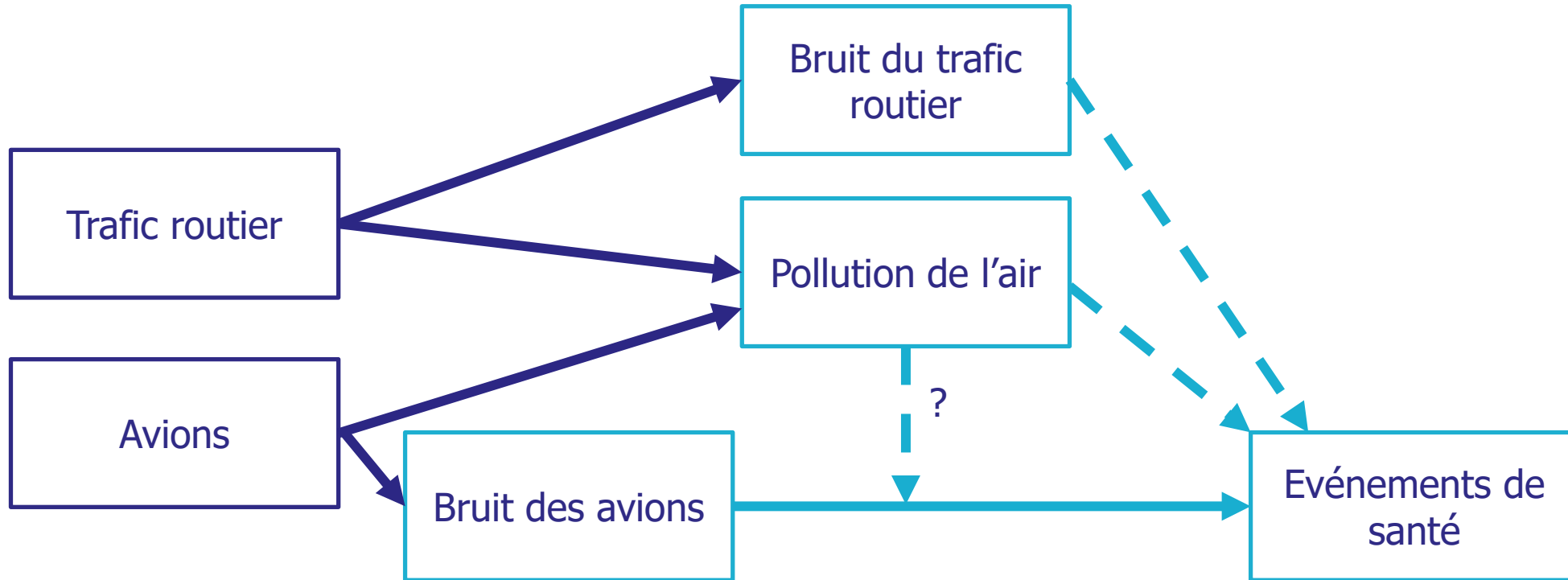
Partenaires

Univ Eiffel (porteur) ; IFPEN (sonore, air), BruitParif (sonore), Waltr (Air), Alyce (mobilité, air), Valeo (lumineuse), Ensapvs (IA) et le territoire de Paris Ouest La Défense

Financement

Candidature Région Île-de-France au Programme Investissement d'Avenir 4 (PIA4-TID)

DEBATS : prise en compte de la pollution de l'air



- **État de santé perçu**
- **Gêne due au bruit des avions**
- **Troubles psychologiques**
- **Qualité subjective et objective du sommeil**
- **Niveaux de cortisol salivaire**
- **Hypertension**
- **Pression artérielle**

DEBATS : prise en compte de la pollution de l'air

- **Estimation des expositions des participants aux polluants de l'air**

Stage école d'ingénieur (équivalent M1) septembre 2022-janvier 2023 (financement TS2) : utilisation des données des stations de mesure de la qualité de l'air

- À venir : utilisation de modèles avec une meilleure résolution spatiale

- **Analyse des données**

Demande de contrat doctoral effectuée auprès de l'Université Gustave Eiffel

- Utilisation de modèles en inférence causale
- Utilisation de modèles multi-exposition
- Typologies de participants en fonction de leurs expositions

- **Résultats attendus**

- Mieux comprendre les résultats de DEBATS
- Considérer bruit et pollution de l'air = forte demande de groupes de travail européens sur le sujet
- Dissocier les effets du bruit et de la pollution de l'air sur la santé
- La convergence des actions de lutte contre la pollution de l'air et le bruit, et la réduction des expositions des populations sont donc des nécessités, particulièrement dans un contexte de changements climatiques. Ces enjeux partagent des solutions communes qui doivent être mieux intégrées pour assurer un effet synergique.

Anne-Sophie Evrard

anne-sophie.evrard@univ-eiffel.fr

Lise Giorgis Allemand

lise.giorgis-allemand@univ-eiffel.fr

