

Approches spatiales





Les approches spatiales dans les études en santé : quels apports ? quels outils ?



Elodie FAURE,
Géomaticienne, Equipe Exposome & Hérité

14 novembre 2024

Grand amphithéâtre MGEN

Inserm

**GUSTAVE
ROUSSY**
CANCER CAMPUS
GRAND PARIS

université
PARIS-SACLAY

mgen
GROUPE vvv

LA LIQUE
CONTRE LE CANCER



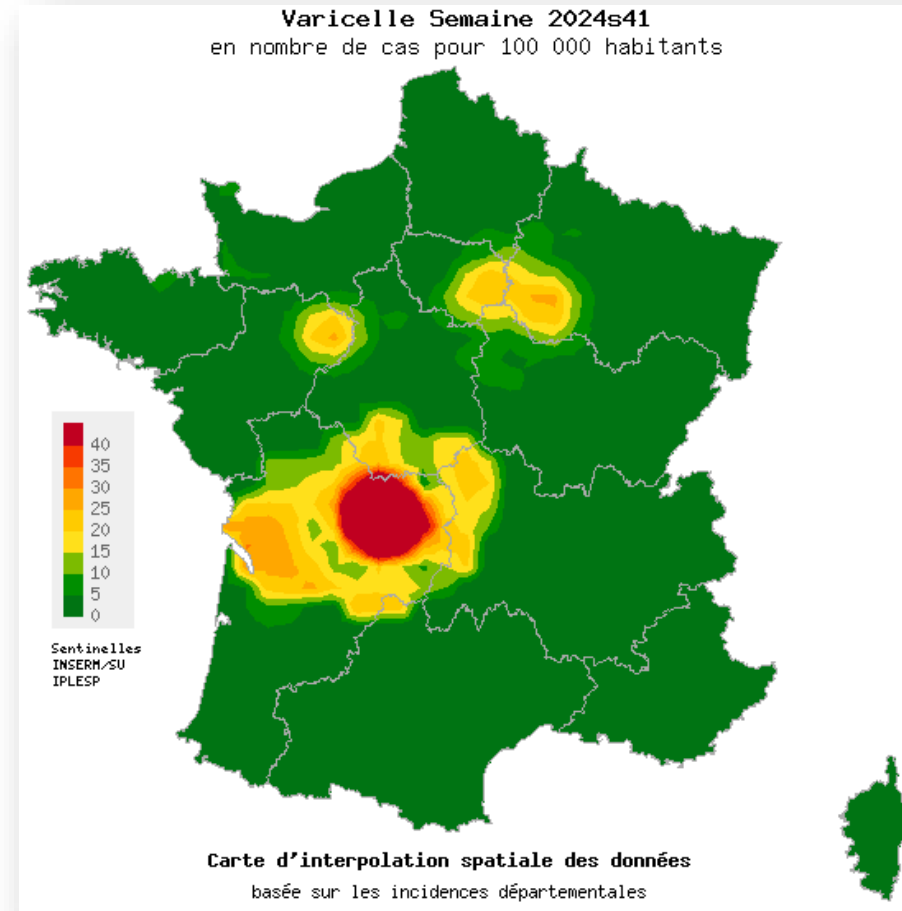

**MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*

Comment sont utilisées les approches spatiales en santé ?

Suivi d'épidémie : Covid-19



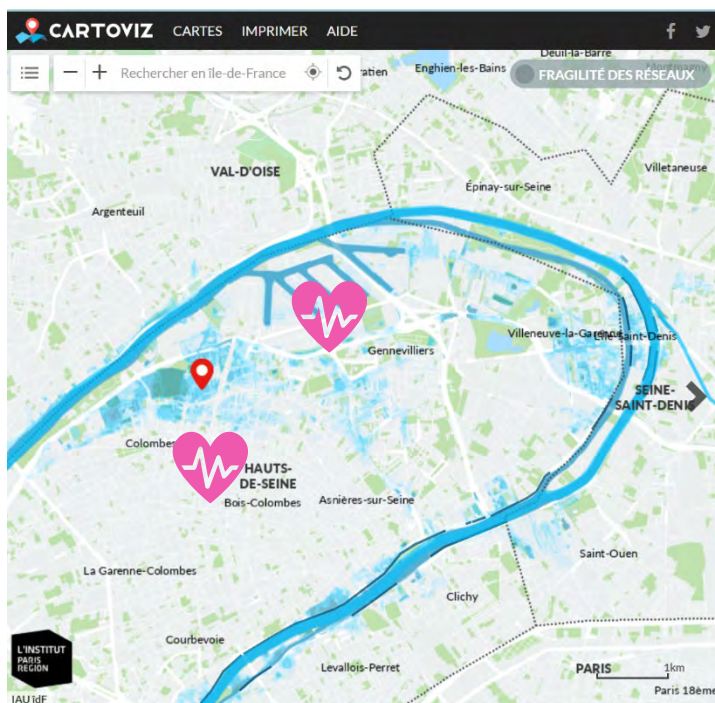
Varicelle



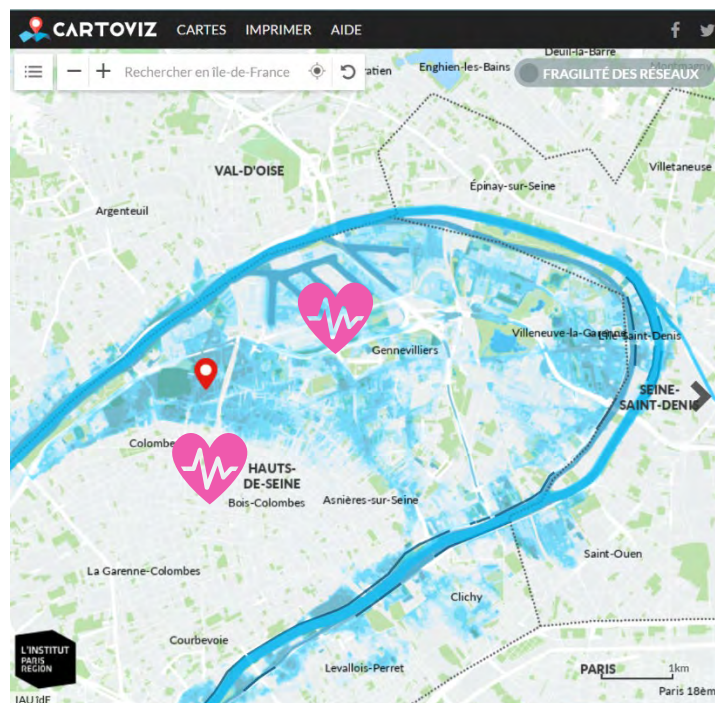
<https://www.sentiweb.fr/#>

Comment les approches spatiales sont-elles utilisées en recherche en santé ?

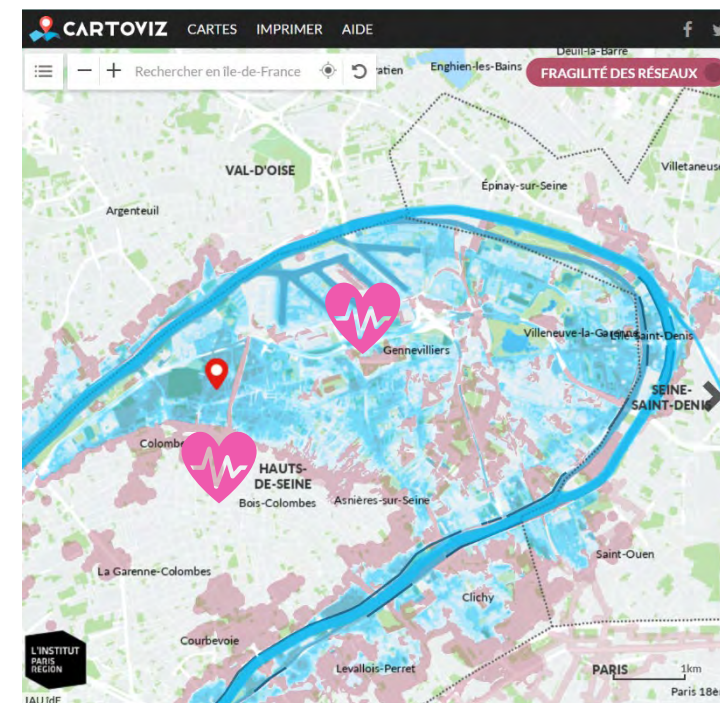
Prévention de risque, anticiper les risques de crues : exemple de la Seine préparer les évacuations des hôpitaux, des centres de santé...



Simulation hauteur Seine R+1



Simulation hauteur Seine R+1.15



Impact sur les réseaux

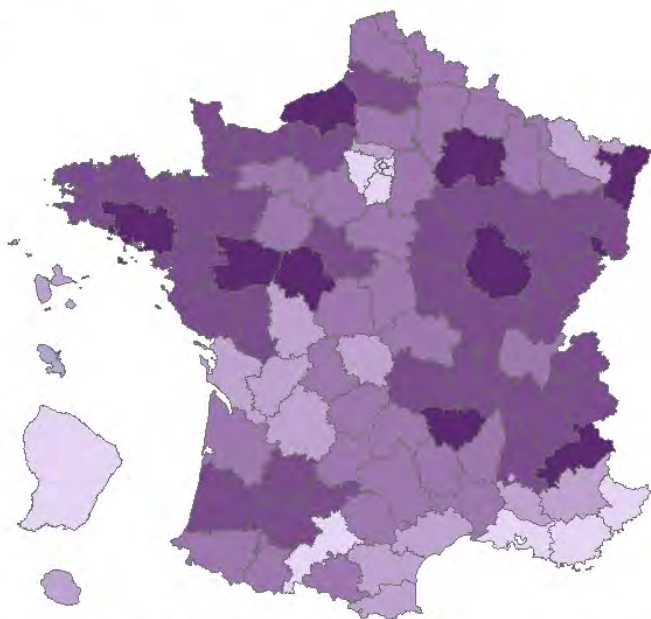
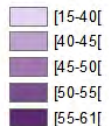
<https://www.sentiweb.fr/#>

Comment les approches spatiales sont-elles utilisées en recherche en santé ?

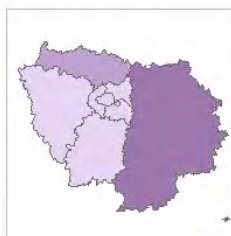
Cartographie des données de santé : des disparités territoriales ?

Programme de dépistage organisé du cancer du sein
Taux de participation départementaux standardisés* 2022-2023

Taux de participation standardisés (%)



Taux de participation national - population cible : 46,5 %



* Standardisés sur la population française Insee 2009 des 50-74 ans (Projections de population Omphale 2007-2042, scénario central)

Source : ©IGN-GeoFLA®, 2014 ;
©Santé publique France, 12/04/2024
Données issues des CRCD et ELP de l'Insee

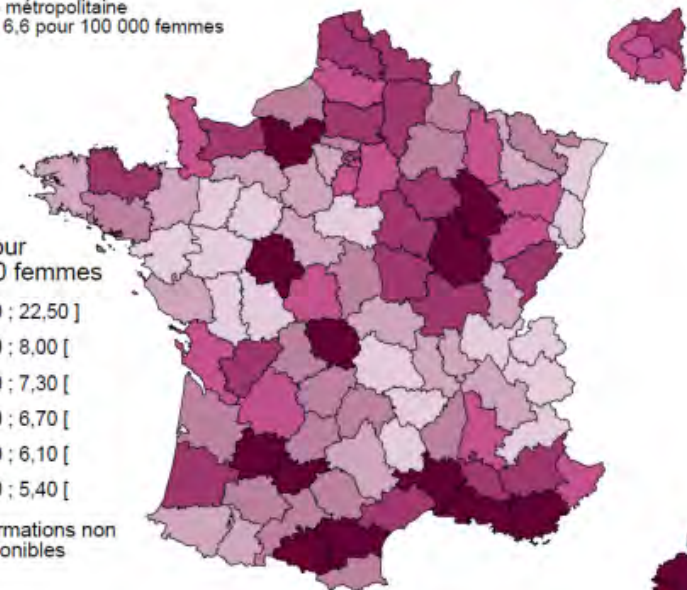
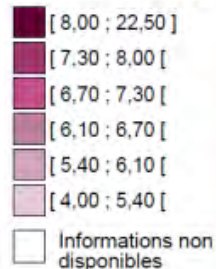


Taux d'incidence standardisés du cancer du col de l'utérus (2007-2016)

France métropolitaine
TSM = 6,6 pour 100 000 femmes

Paris et petite couronne

TSM pour 100 000 femmes



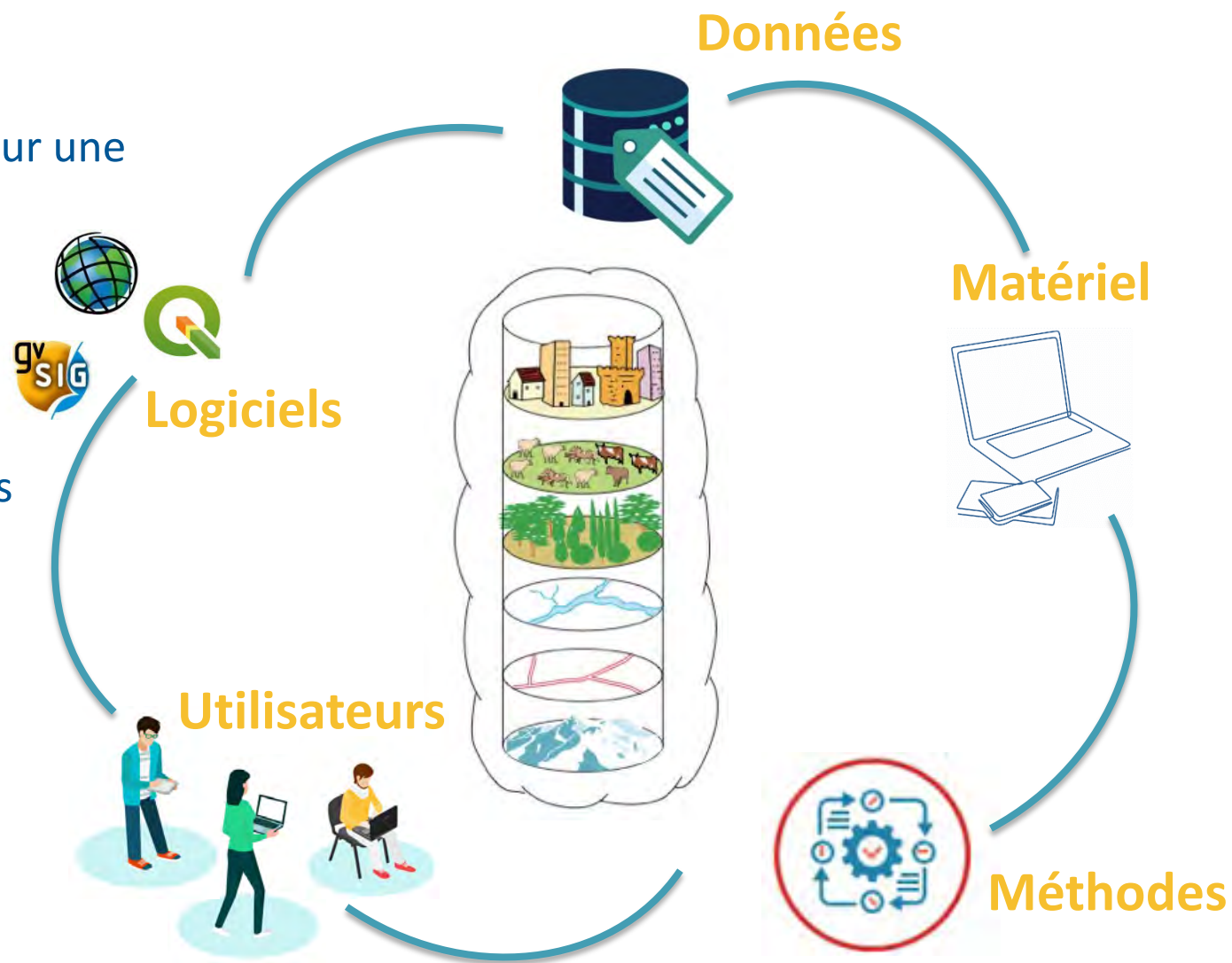
Source : Francim / HCL / SPF / INCa
Traitement : INCa 2020

Une organisation basée sur un SIG

Besoin d'outils

Systeme d'Information Géographique, appuyé sur une organisation humaine, permet de :

- créer
- gérer
- analyser
- produire
- partager des informations géographiques



Comment sont utilisées les approches spatiales en recherche en santé ?

Besoin de données spatialisées

- **Santé**

(taux incidence, taux de mortalité, couverture vaccinale, dépistage...)

- **Socio-démographiques**

(densité de population, revenu, chômage, naissance...)

- **Géographiques**

(Limites de communes, routes, rivières, localisation établissements de santé...)

- **Spatiales**

(images satellites, modèles numériques de terrain...)

- **Geospatiales**

(localisation des participants aux études, mobilités...)

- **Environnementales**

(bruit, pollution de l'air, verdure, occupation des sols...)

Application à la cohorte E3N-Génération

- Où sont les participants de la cohorte ?
- Y-a-t-il des disparités ?
- Est-ce que les participants changent de région sur 25 ans ?
- Y-a-t-il des spécificités géographiques ?
- À quoi sont exposés les participants ?
- Dans quel cadre de vie évoluent les participants ?
- Quelles sont les évolutions spatio-temporelles ?

Quelles sont les données nécessaires ? Les données géospatiales

Connaitre la localisation des participants à une étude



Connaitre la localisation des participants

Géocodage : convertir une adresse postale en position géographique précise



Base de données avec les adresses postales



Correction des adresses (fautes de frappes, noms incomplets etc.)



Géocodage

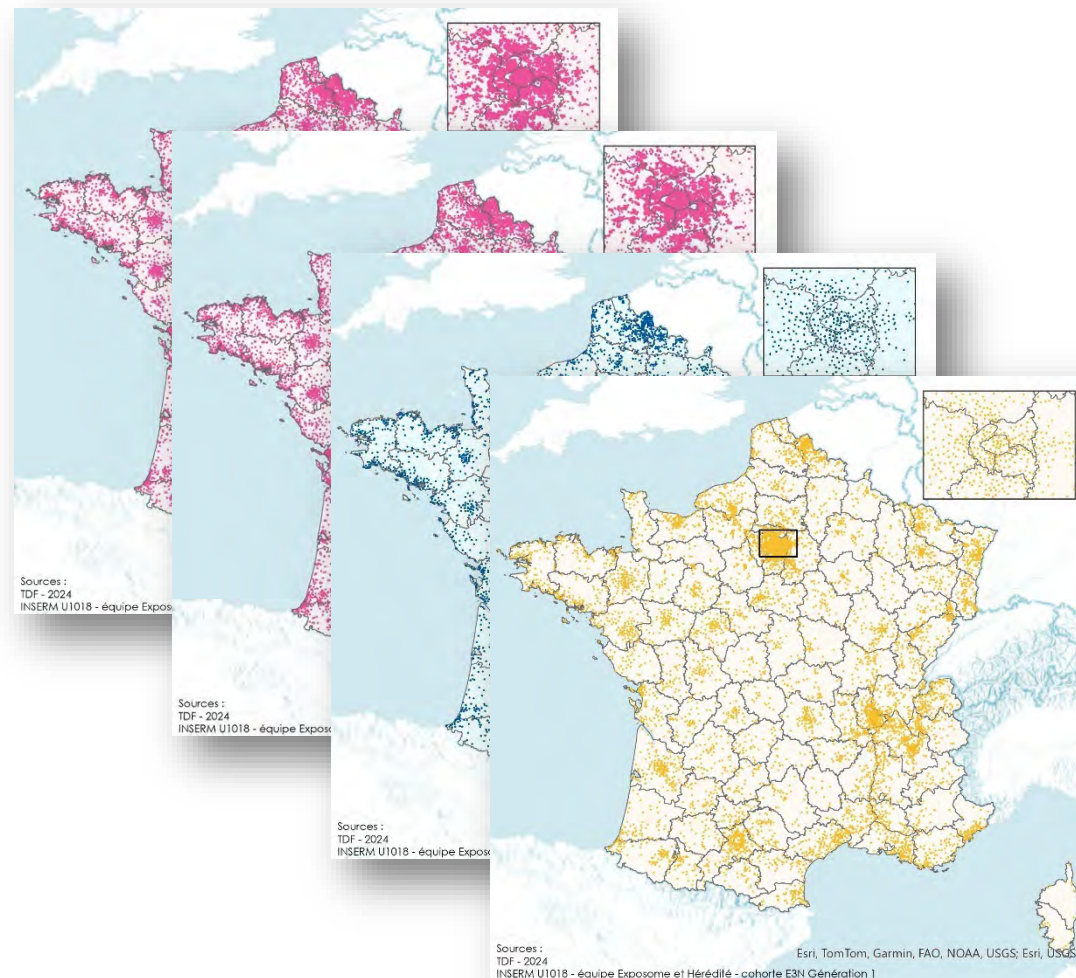
5 Rue Lagarde
75005 Paris



X = 2,35
Y = 48,84
Point sur la carte

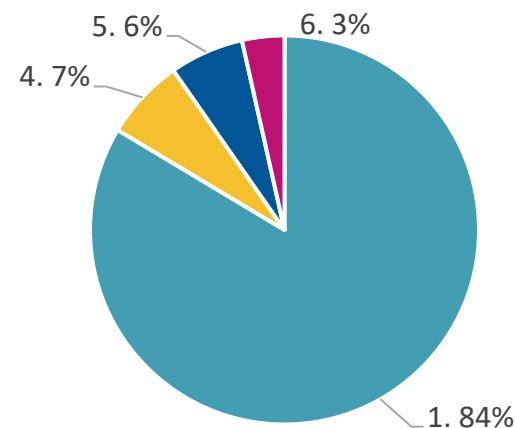


Visualisation cartographiques

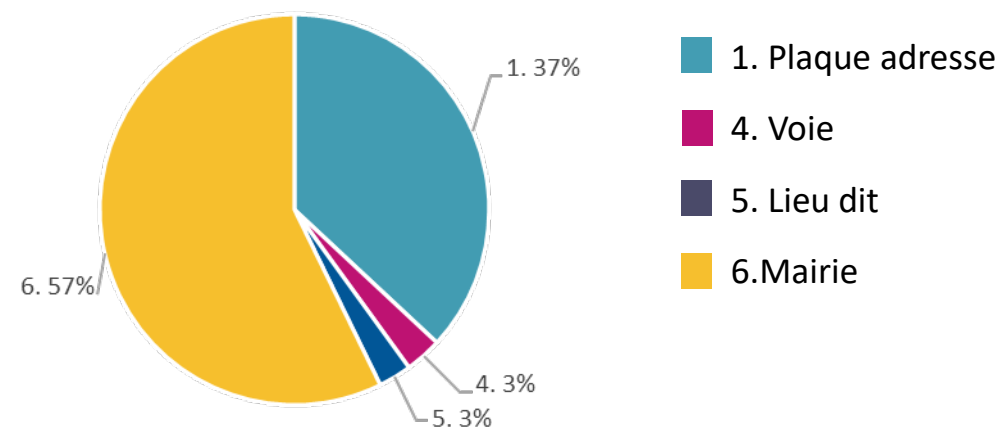


Connaitre la localisation des participants

- **Plusieurs niveaux de précision :**
de la plaque adresse à la mairie de la commune de résidence
- **Chez les G1 femmes :**
 - **825 000 adresses géocodées** entre Q1 et Q11
 - **92% d'adresses géocodées**
 - 37% d'adresses à la plaque
 - 57% d'adresse à la mairie
 - **Population urbaine** en majorité
 - **1,75 adresses** en moyenne par femme sur la période
- **Chez les hommes G1 :**
 - **17 259 adresses géocodées**
- **Chez les femmes G2 :**
 - **19 117 adresses géocodées**

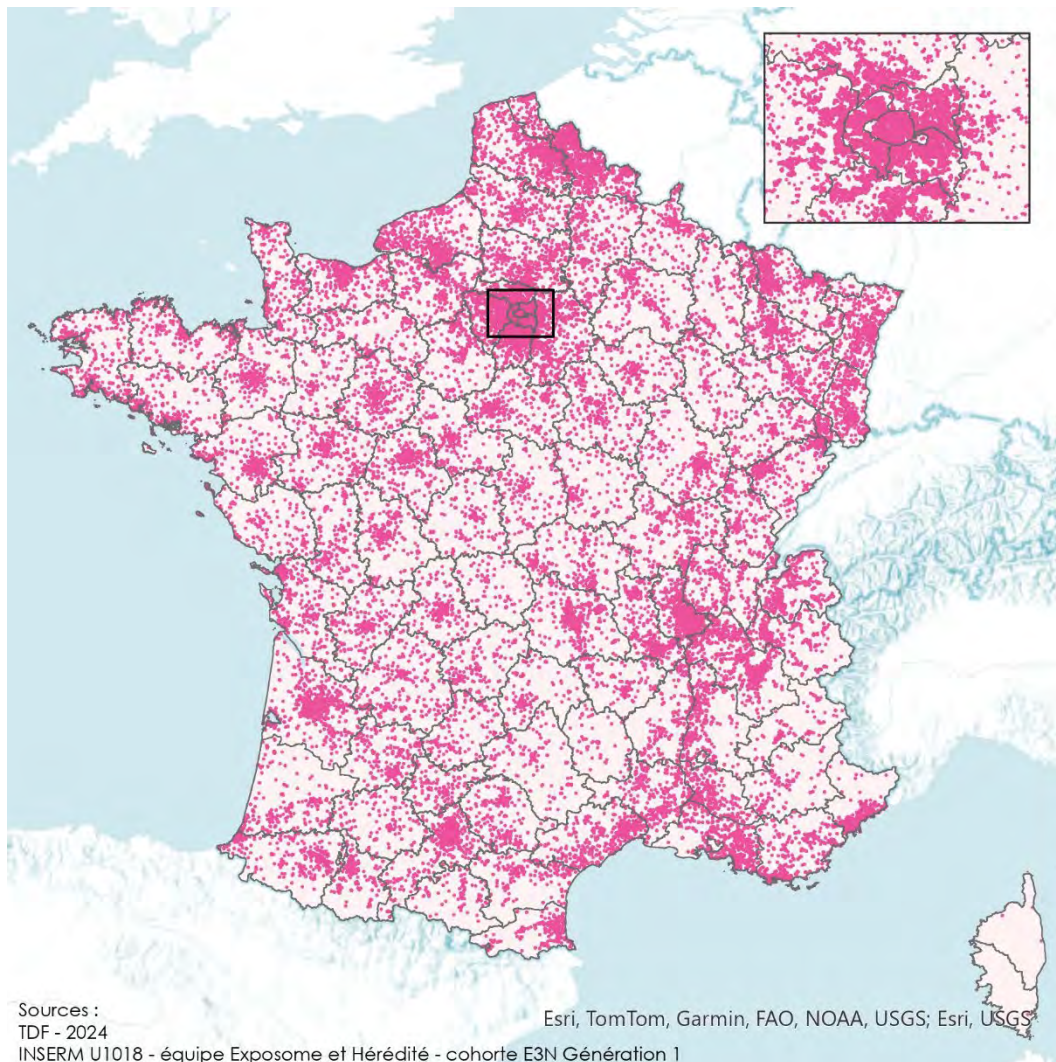


Précision dans les études développées dans la cohorte E3N G1 femmes



Précision dans la cohorte E3N G1 femmes

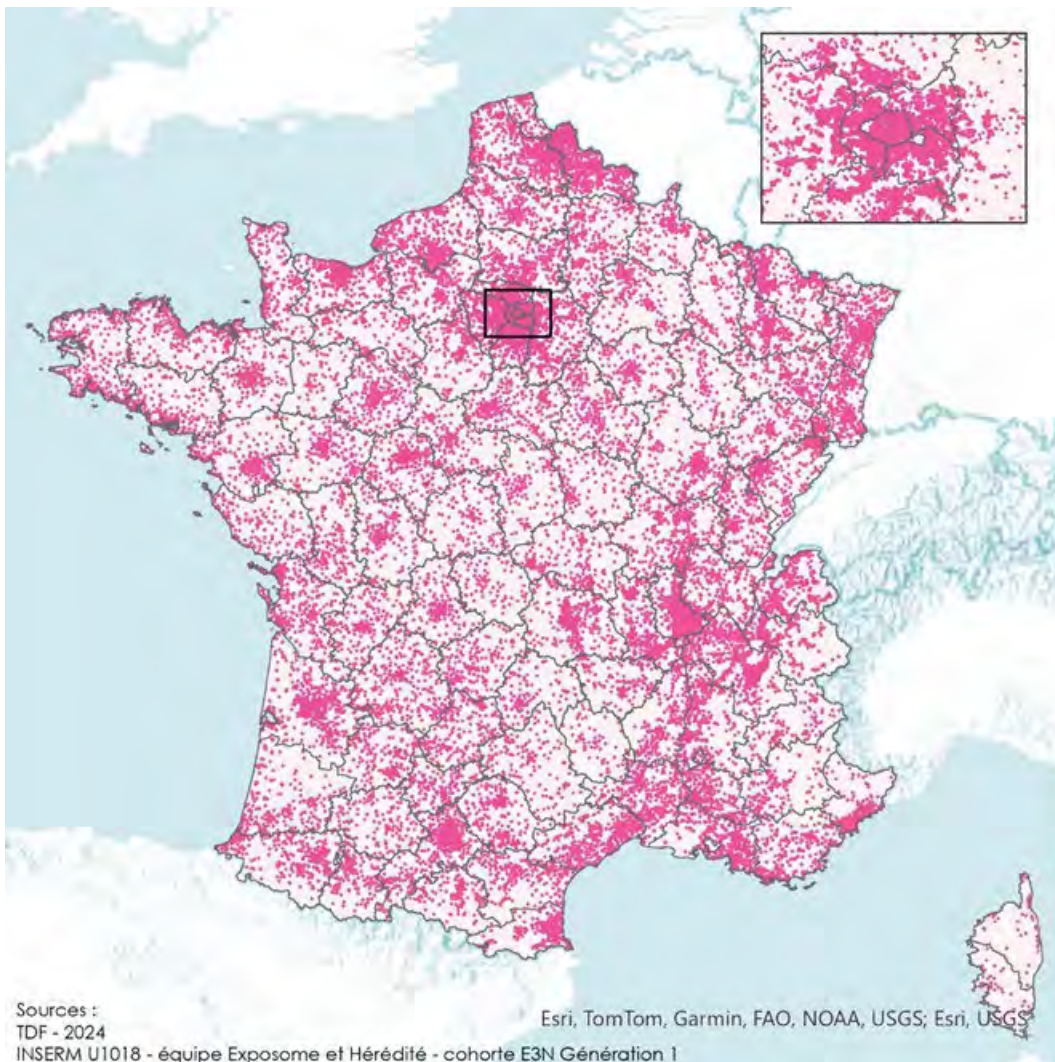
Participant·es à la cohorte E3N génération 1 en 1990



Localisation des femmes de la
génération 1 au recrutement en 1990

N = 91 851

Participant·es à la cohorte E3N génération 1 en 2014



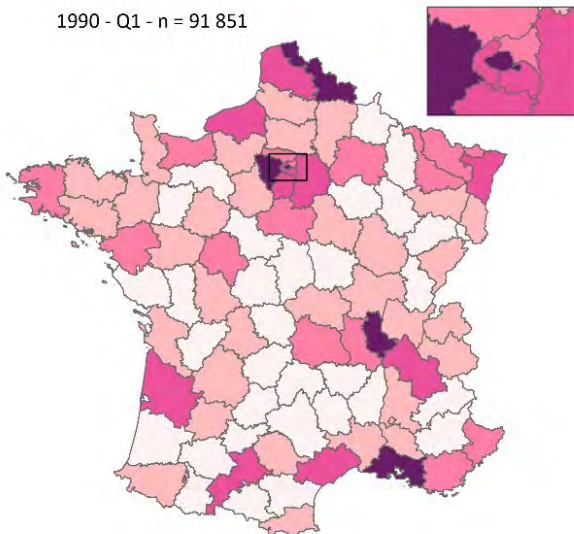
Localisation des femmes de la
génération 1 en 2014

N = 84 497

Répartition des femmes de la cohorte E3N génération 1 par département | 1990 - 2014

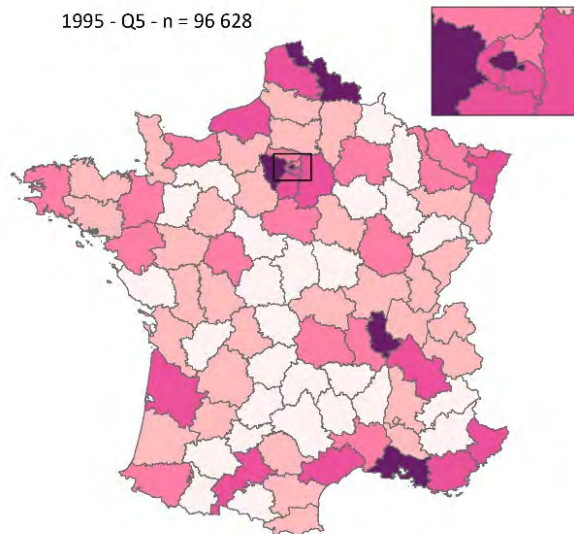
Approches spatiales

1990 - Q1 - n = 91 851



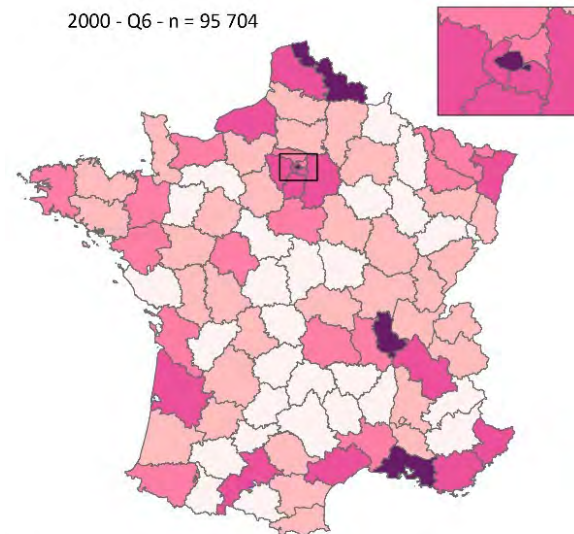
Sources :
TDF - 2024
INSERM U1018 - équipe Exposome et Hérité - cohorte E3N Génération 1

1995 - Q5 - n = 96 628



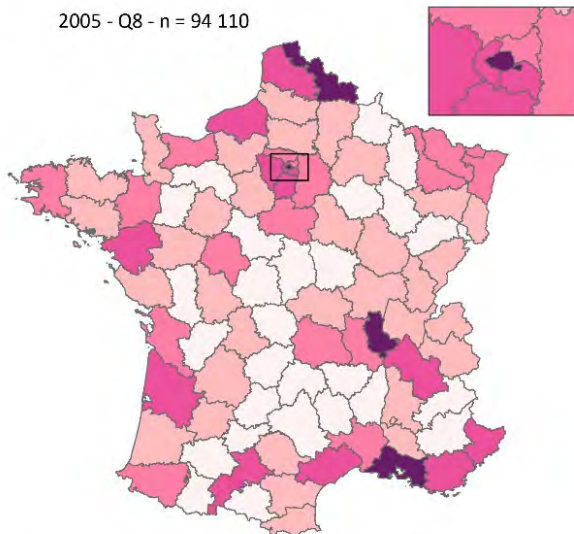
Sources :
TDF - 2024
INSERM U1018 - équipe Exposome et Hérité - cohorte E3N Génération 1

2000 - Q6 - n = 95 704



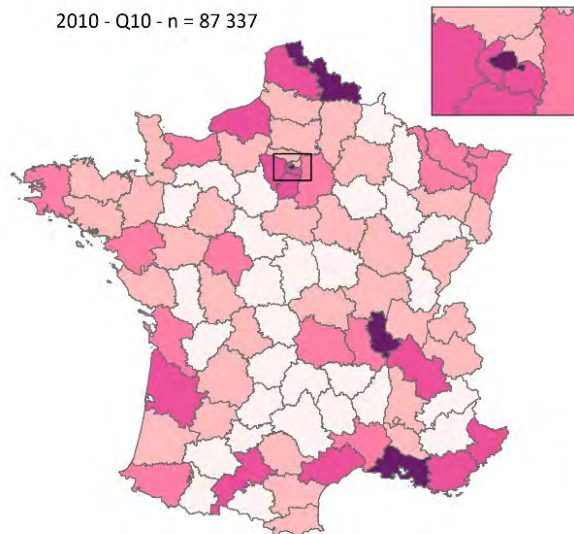
Sources :
TDF - 2024
INSERM U1018 - équipe Exposome et Hérité - cohorte E3N Génération 1

2005 - Q8 - n = 94 110



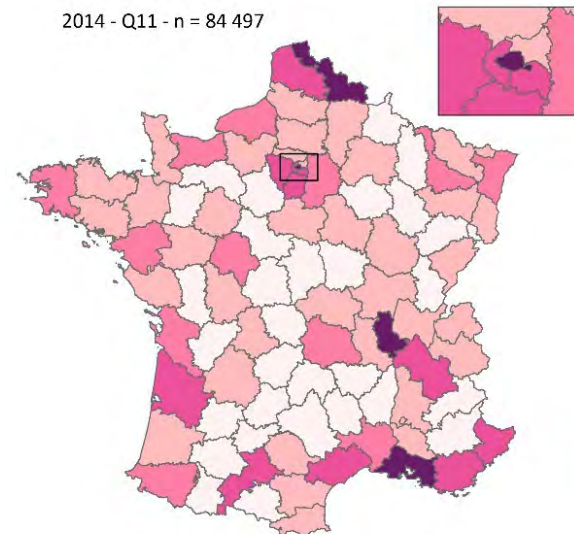
Sources :
TDF - 2024
INSERM U1018 - équipe Exposome et Hérité - cohorte E3N Génération 1

2010 - Q10 - n = 87 337



Sources :
TDF - 2024
INSERM U1018 - équipe Exposome et Hérité - cohorte E3N Génération 1

2014 - Q11 - n = 84 497

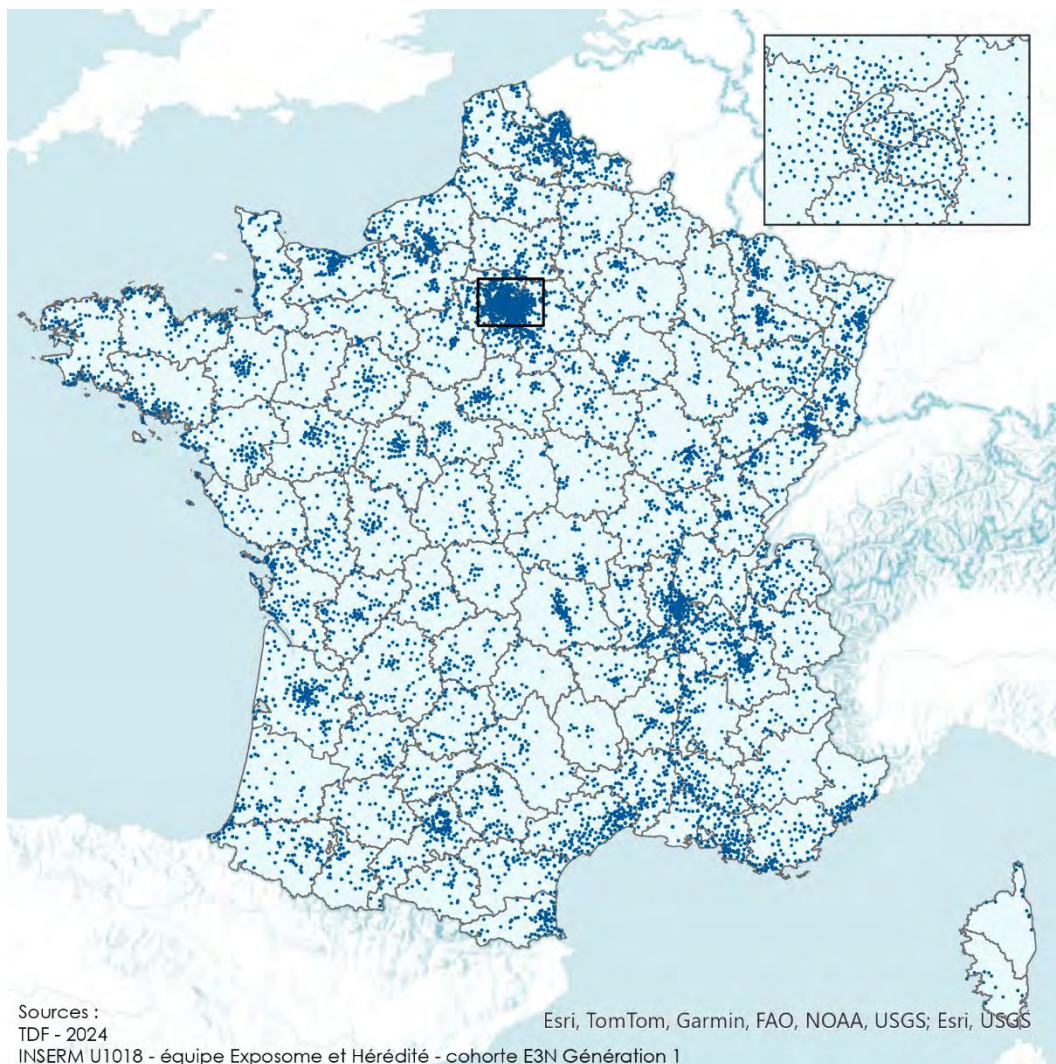


Sources :
TDF - 2024
INSERM U1018 - équipe Exposome et Hérité - cohorte E3N Génération 1

Nombre de femmes



Participants à la cohorte E3N génération 1 en 2024



Localisation des hommes de la
génération 1 en 2024

N = 17 259

Sources :
TDF - 2024
INSERM U1018 - équipe Exposome et Hérité - cohorte E3N Génération 1

Esri, TomTom, Garmin, FAO, NOAA, USGS; Esri, USGS

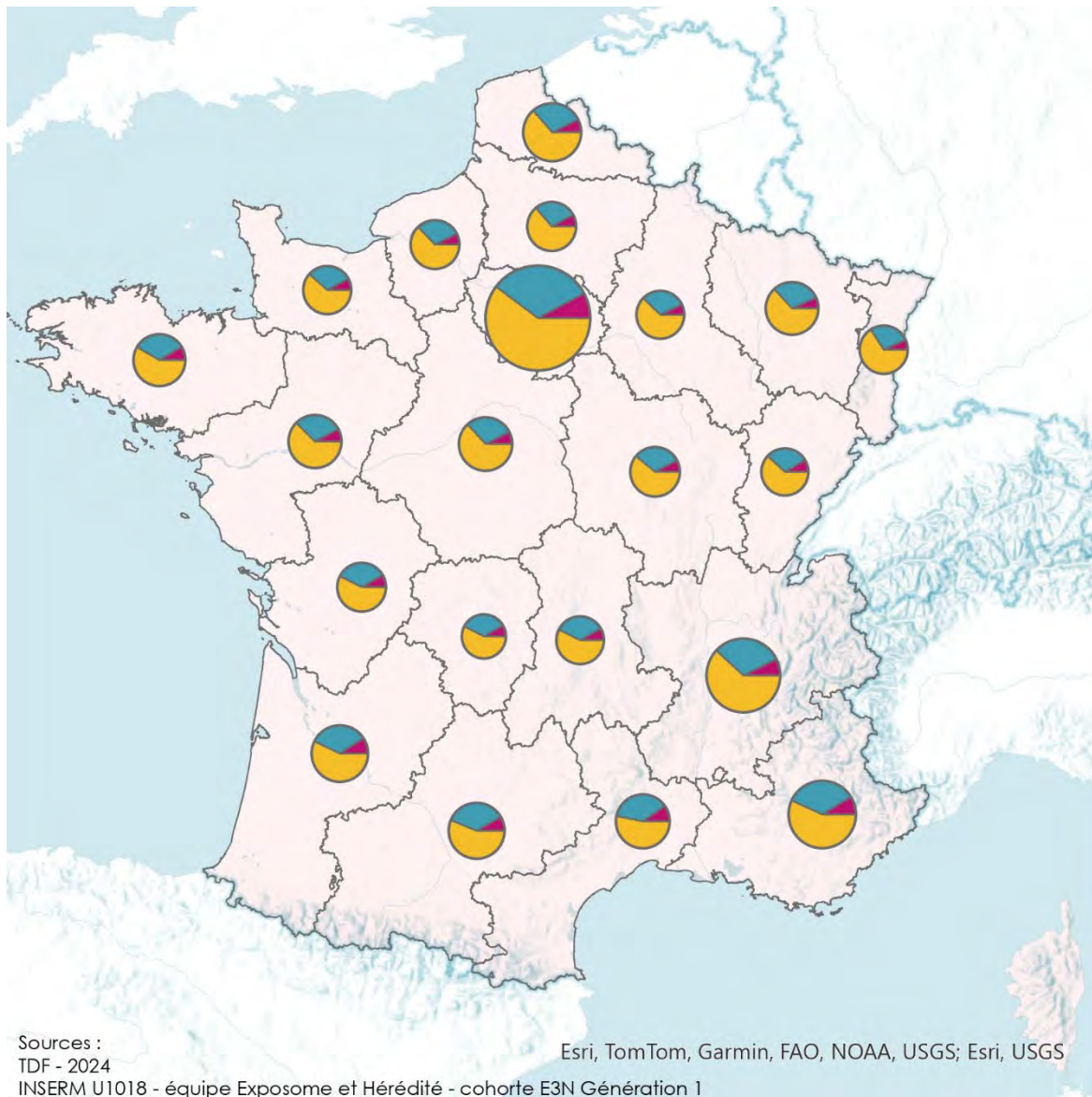
Participants à la cohorte E3N génération 2 en 2024



Localisation des participants de la
génération 2 en 2024

N = 19 117

Âge des femmes de la génération 1 au recrutement en 1990

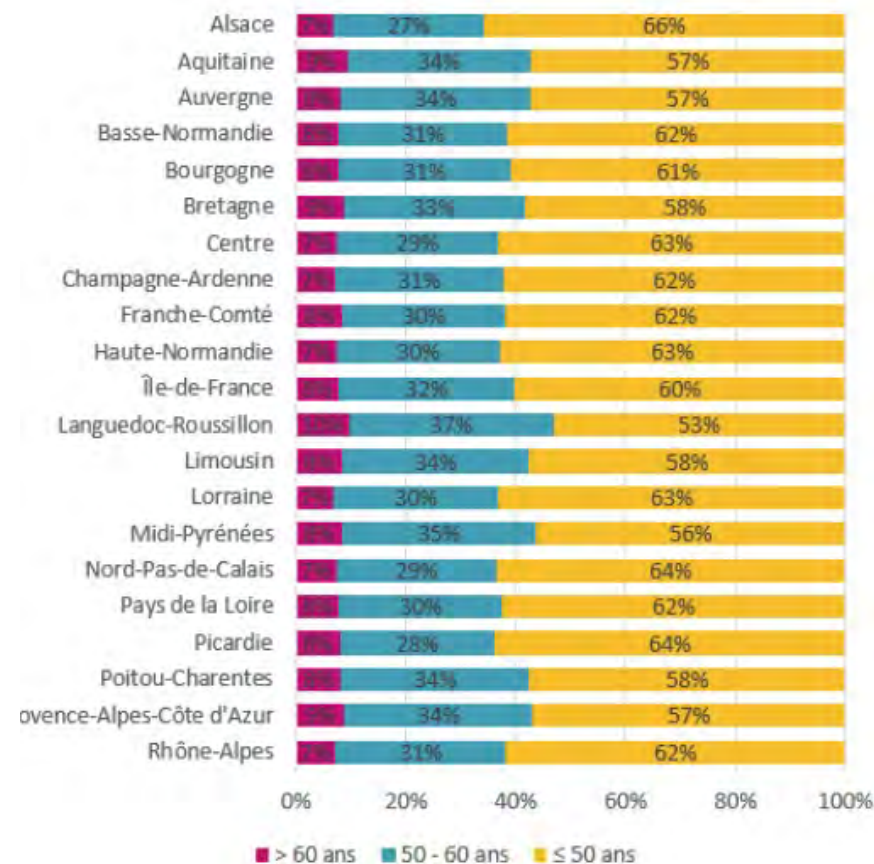
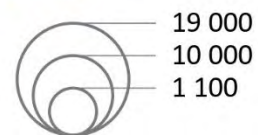


Répartition homogène selon les régions en 1990

Âge à l'inclusion



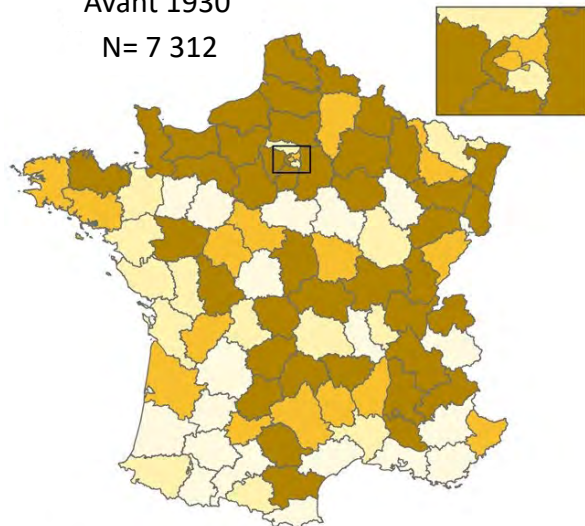
- >60 ans
- 50 - 60 ans
- ≤ 50 ans



Âge moyen de ménarche selon l'année de naissance

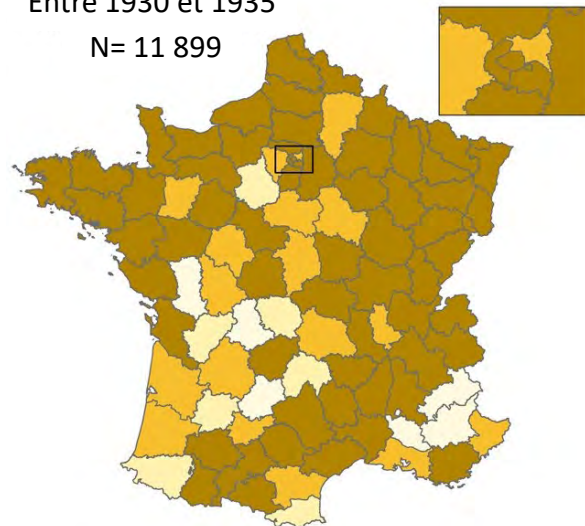
Avant 1930

N= 7 312



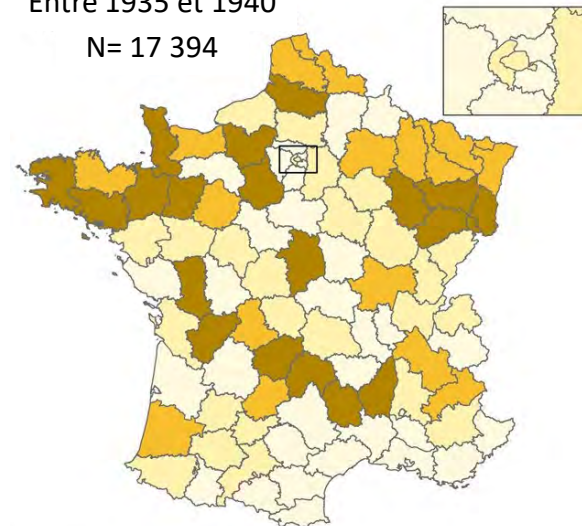
Entre 1930 et 1935

N= 11 899



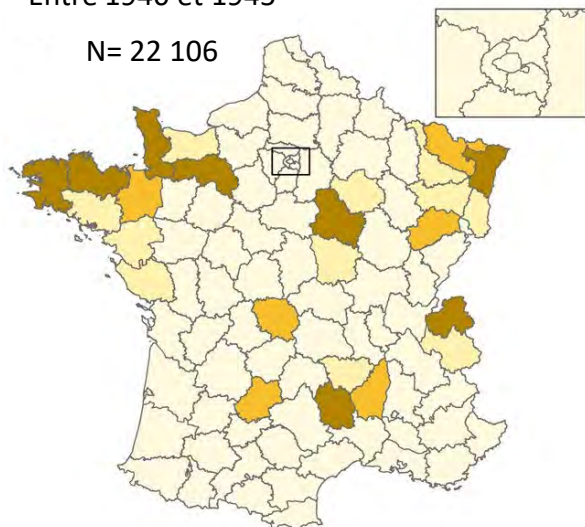
Entre 1935 et 1940

N= 17 394



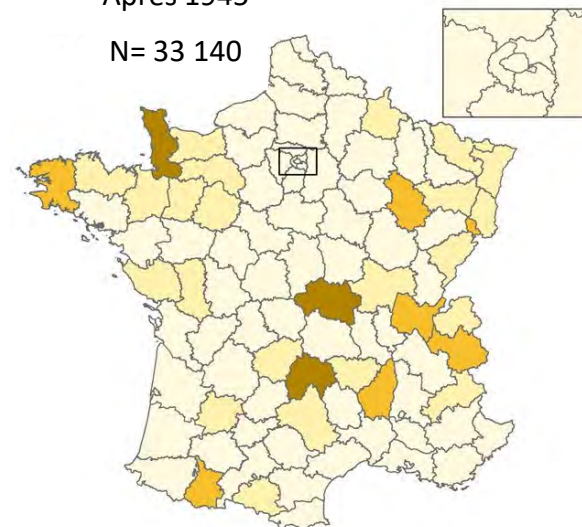
Entre 1940 et 1945

N= 22 106



Après 1945

N= 33 140



Comment expliquer ces disparités territoriales et temporelles?

Sources :
TDF - 2024
INSERM U1018 - équipe Exposome et Hérité - cohorte E3N Génération 1

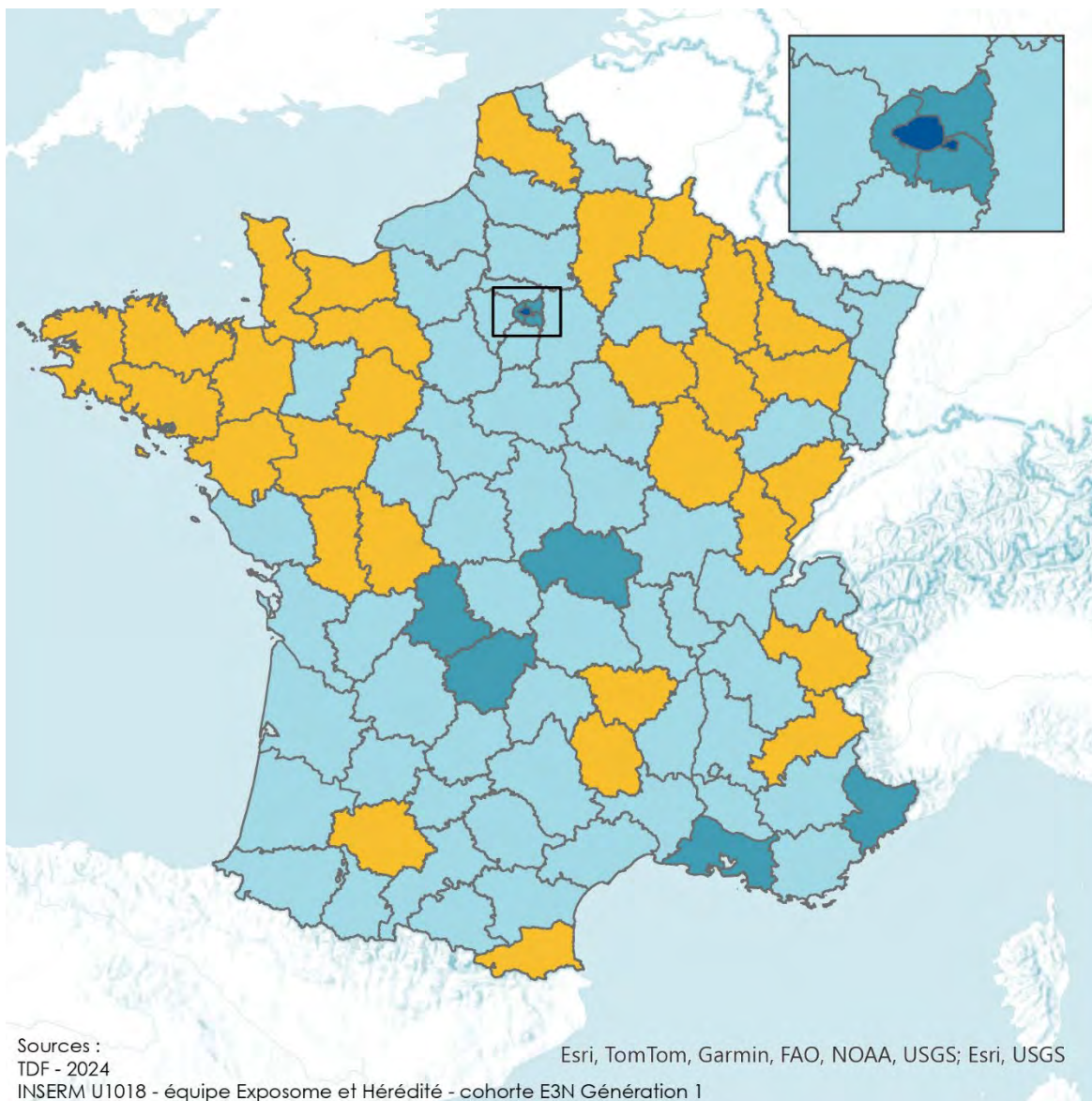
Âge moyen de ménarche à l'inclusion



Sources :
TDF - 2024
INSERM U1018 - équipe Exposome et Hérité - cohorte E3N Génération 1

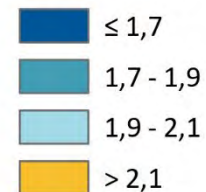
Sources :
TDF - 2024
INSERM U1018 - équipe Exposome et Hérité - cohorte E3N Génération 1

Nombre d'enfants moyen par femme de la cohorte E3N génération 1



2,1 enfants par femme est le nombre d'enfants qui permet le renouvellement des générations

Nombre d'enfants moyen par femme



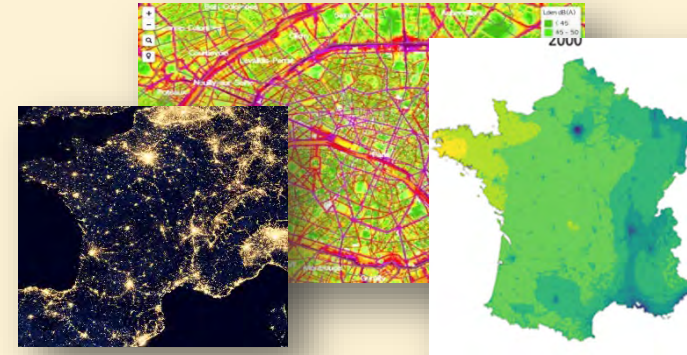
Applications en épidémiologie environnementale

Etudier l'association entre des expositions environnementales et la survenue de maladies (maladies cardio métaboliques, cancers...)

Localisation des participants aux études



Données environnementales

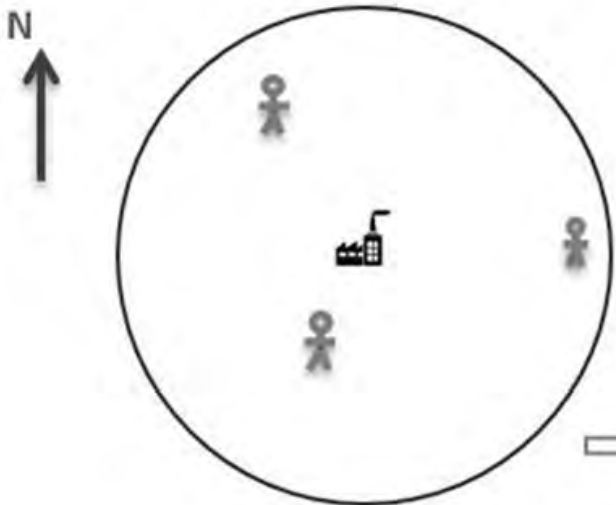


Calcul de l'exposition individuelle du participant sur la période d'étude

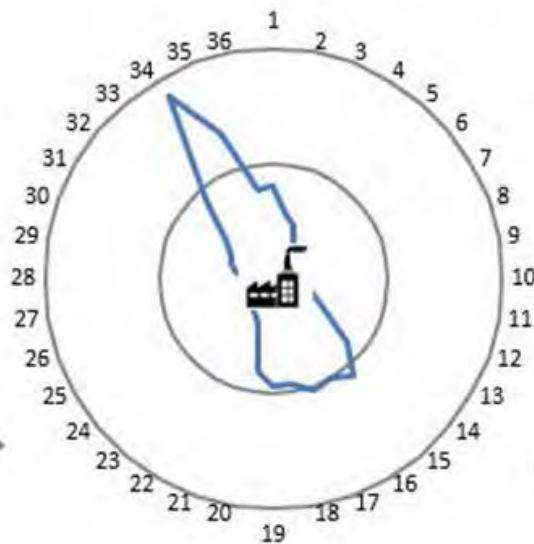
Données environnementales (1)

- Les données de pollution de l'air : les projets Xenair, Cleopart, Apopco
- Utilisation des **approches SIG pour modéliser la réalité** et étudier l'exposition aux dioxines sur le risque de cancer du sein

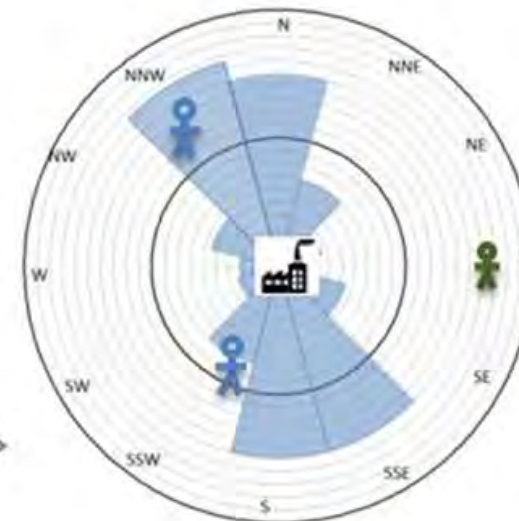
Situation initiale



Rose des vents



Couches SIG



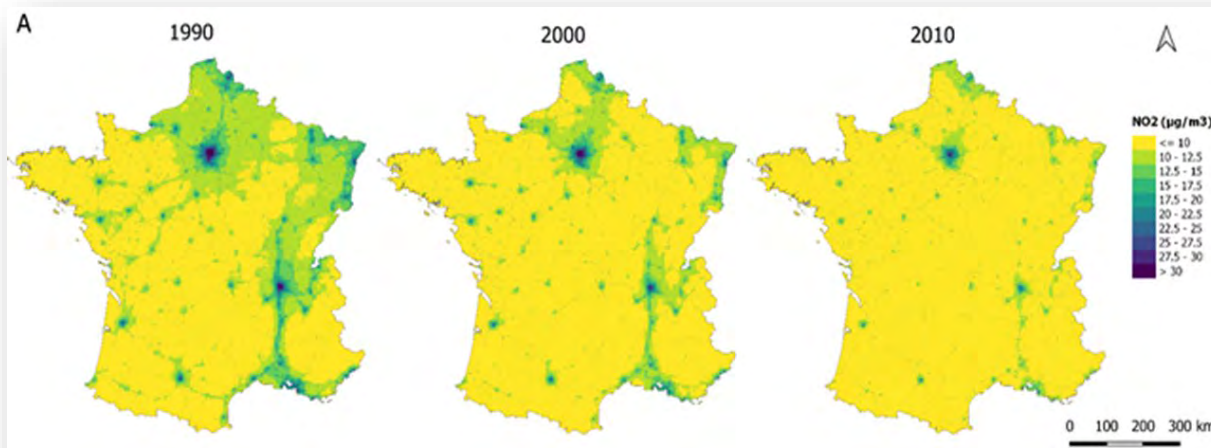
-  Moins exposé
-  Plus exposé
-  Sources industrielles

Coudon et al. 2019 a et b
Danjou et al. 2019
Praud et al. En révision

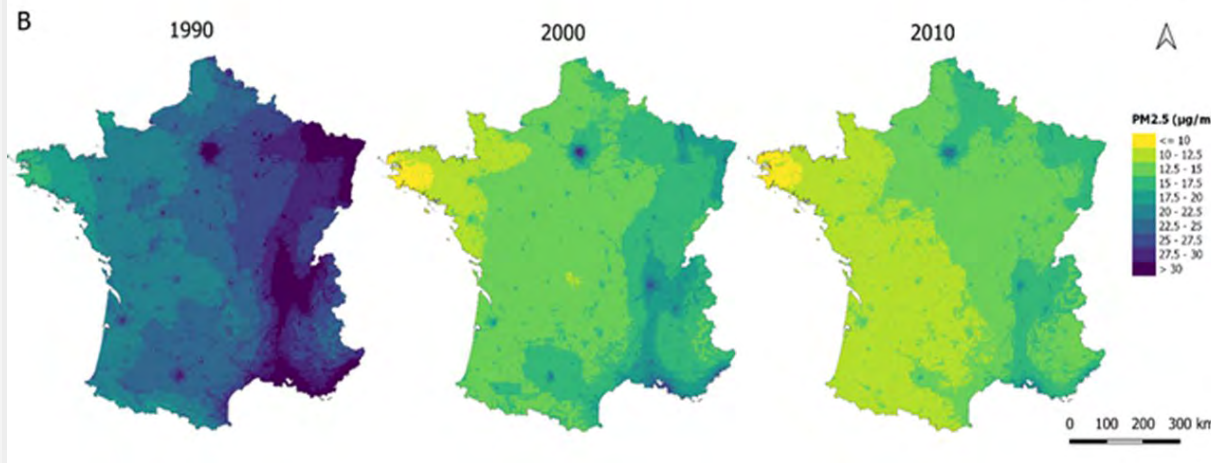
Données environnementales (2)

La pollution de l'air en France entre 1990 et 2019

NO₂



PM_{2.5}



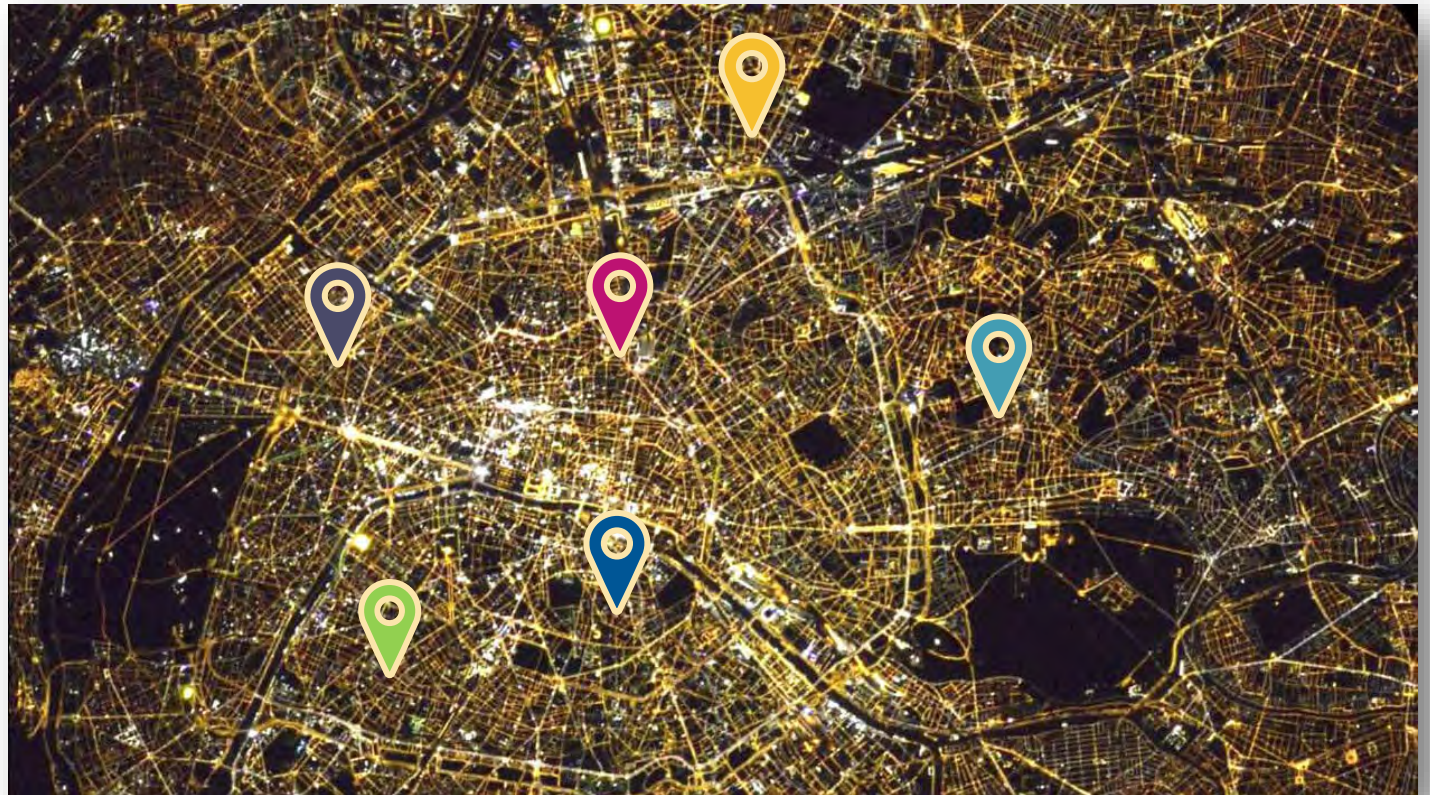
Amadou et al. 2019, 2020, 2021, 2023
 Deygas et al. 2021
 Desnavailles et al. 2024

Lumière artificielle la nuit

La France la nuit, image satellite
(NPP en 2012)



Paris la nuit, image depuis la station spatiale internationale
Thomas Pesquet. | ISS - NASA



Exposition à la lumière la nuit et risque de cancer du sein Prajapati et al. En révision

Exemples d'application

- Exposition à la pollution de l'air et risque de cancer du sein
- Exposition au bruit des transports et le risque de diabète de type 2



Pollution de l'air et cancer du sein

Thomas Coudon, expologue environnemental
Delphine Praud, épidémiologiste
Centre Léon Bérard, Lyon

14 novembre 2024

Grand amphithéâtre MGEN

Inserm

**GUSTAVE
ROUSSY**
CANCER CAMPUS
GRAND PARIS

université
PARIS-SACLAY

mgen
GROUPE vvv

LA LIQUE
CONTRE LE CANCER




**MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*

Pollution de l'air : au centre de l'actualité

Couverts quasi-quotidiennement par les journaux nationaux et régionaux

franceinfo

Moins nombreux mais plus polluants, les poids lourds et les utilitaires responsables de 40% de la pollution de l'air à Paris, selon une étude des associations Respire ...

Hier



NouvelObs

Touchée par une pollution de l'air record, la ville de Lahore ferme ses écoles durant une semaine

Il y a 3 jours



C NEWS

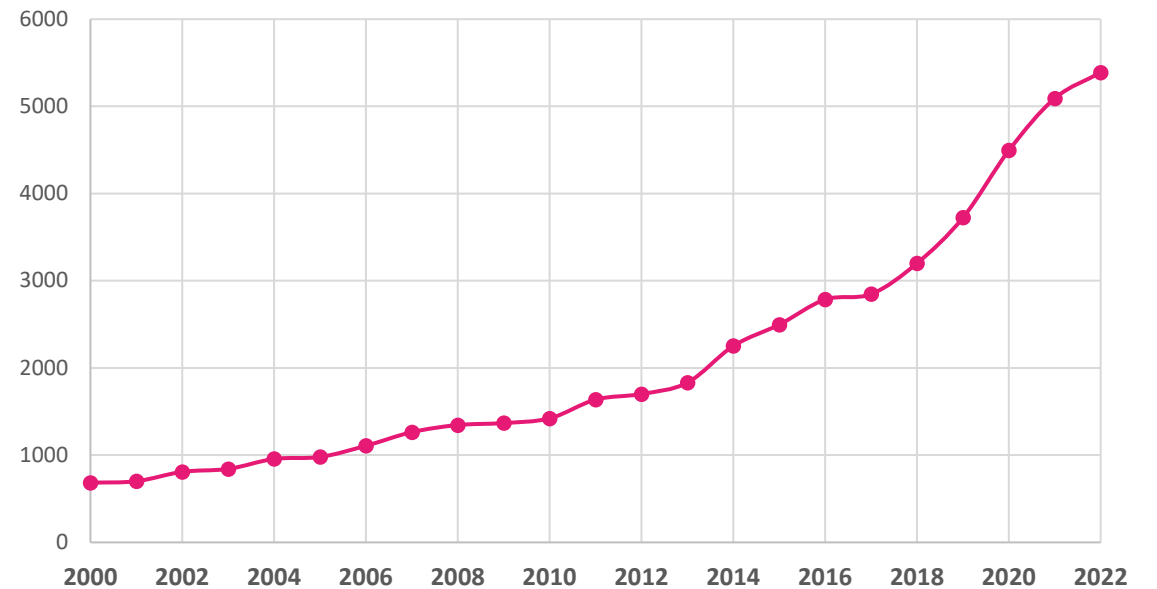
Qualité de l'air : un pic de pollution aux particules fines attendu sur le nord de la France à partir de mardi

Il y a 2 jours



Intérêt croissant de la recherche sur les effets sanitaires de la pollution de l'air

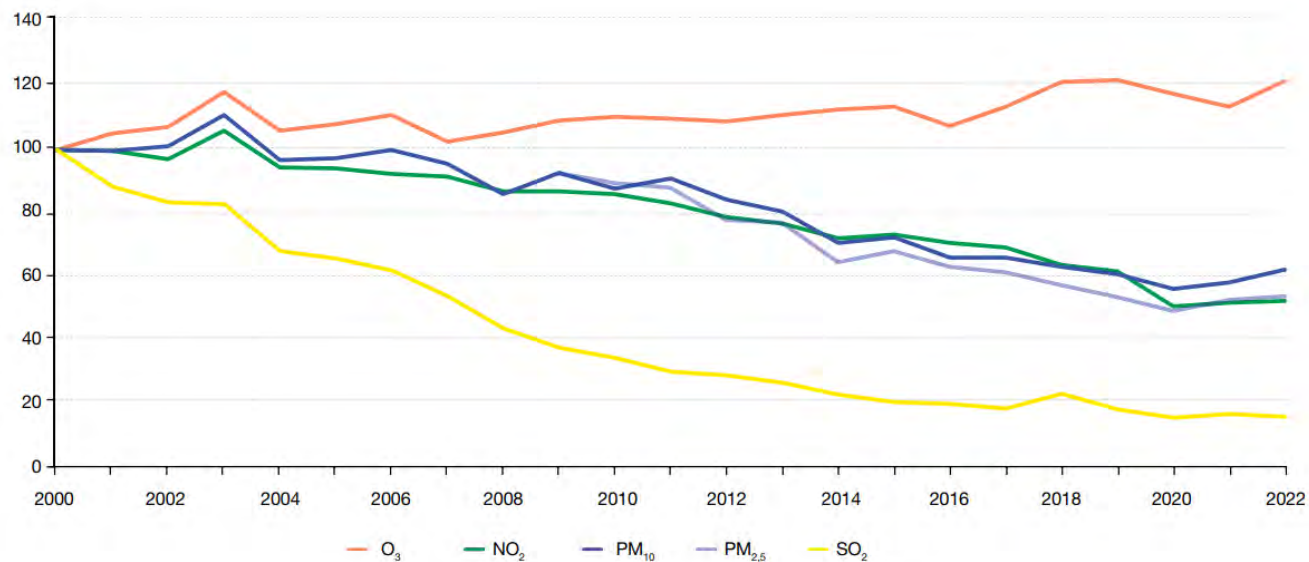
Publications scientifiques sur la thématique "Pollution de l'air et santé"



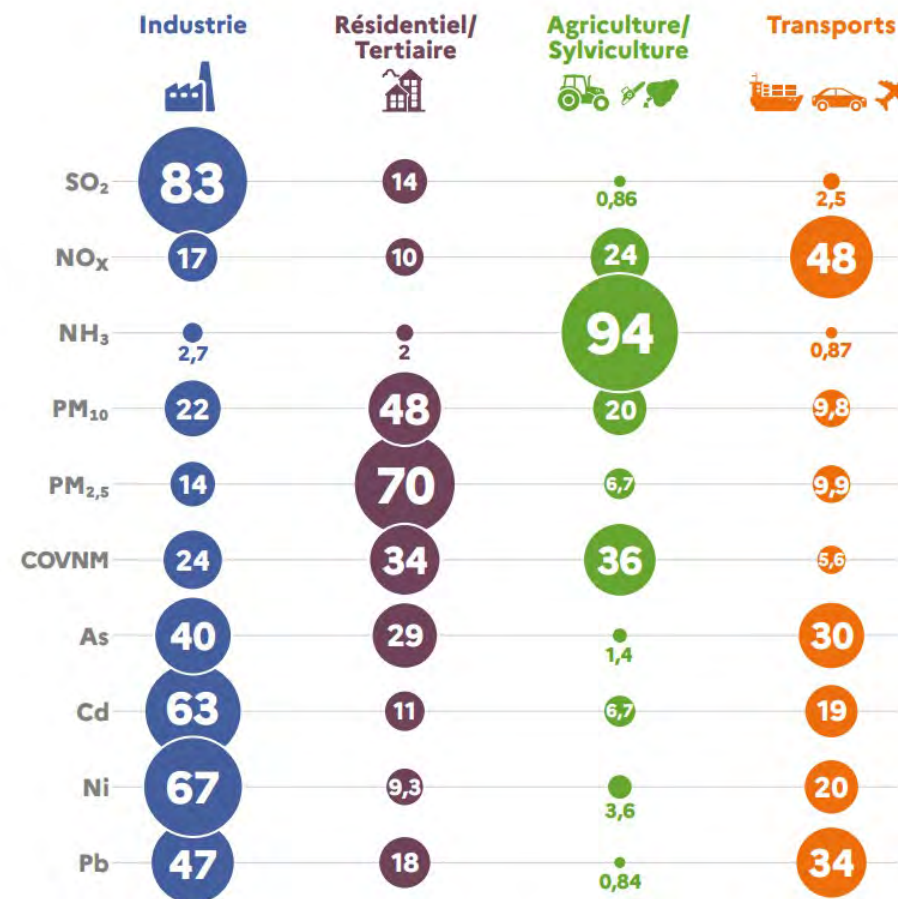
Pollution de l'air : Une problématique ancienne et complexe



Tendances et sources



Evolution des concentrations moyennes annuelles en fond urbain (base 100)













Part (en %) des secteurs d'activité dans les émissions anthropiques

Des expositions loin des recommandations OMS

BILAN DE LA QUALITÉ DE L'AIR 2023 EN ÎLE-DE-FRANCE



FRANCILIENS EXPOSÉS À DES DÉPASSEMENTS DE SEUILS

	VALEURS LIMITES RÉGLEMENTAIRES ACTUELLES	VALEURS LIMITES RÉGLEMENTAIRES 2030	RECOMMANDATIONS OMS
Dioxyde d'azote NO₂	 <1% soit 5 000 Franciliens	 40% soit 4,5 M Franciliens	 85 % soit 10,3 M Franciliens
Particules PM₁₀	 0% soit 0 Francilien	 2% soit 250 000 Franciliens	 70 % soit 8 M Franciliens
Particules PM_{2.5}	 0% soit 0 Francilien	 10% soit 1 M Franciliens	 100 % soit 12 M Franciliens
Ozone O₃	pas de valeur limite	pas de valeur limite	 100 % soit 12 M Franciliens

TENDANCES SUR 10 ANS



Comment reconstituer ces expositions environnementales ?

Peu de mesures

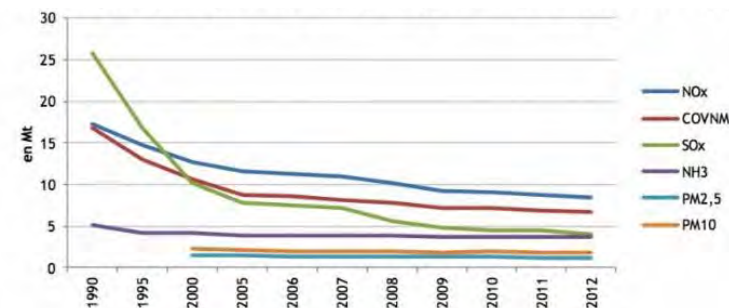


Sorry, Data Not Available

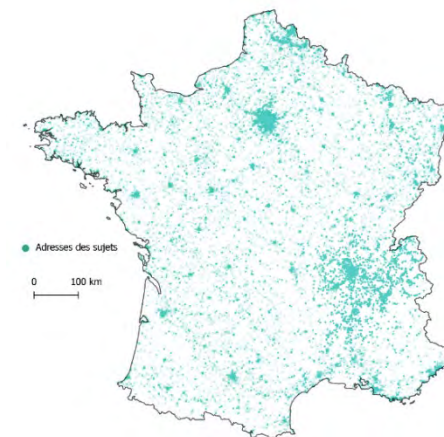
Variétés des sources



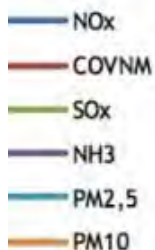
Emissions variables dans le temps et l'espace



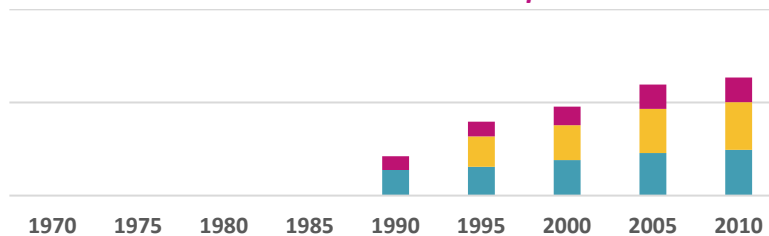
Suivi d'un grand nombre de sujets



Nombreux polluants



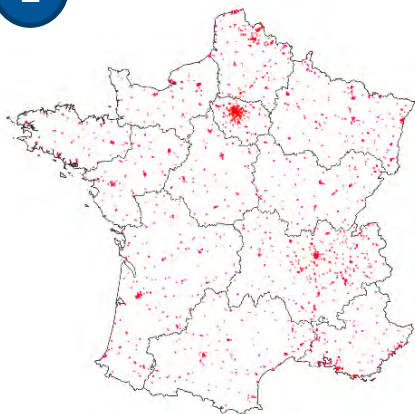
Données récentes uniquement



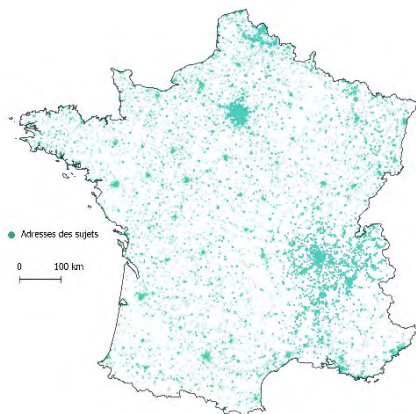
Approche Individu-Centrée : Expositions Industrielles

1

Sources



Sujets



Météo

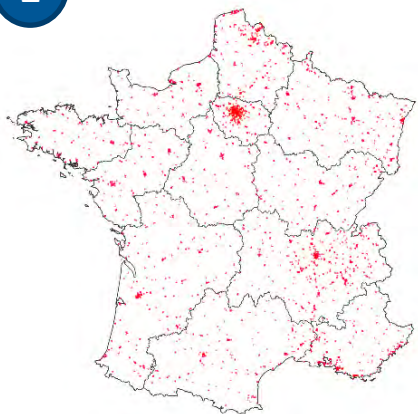


Coudon et al, 2019; Atmo Env

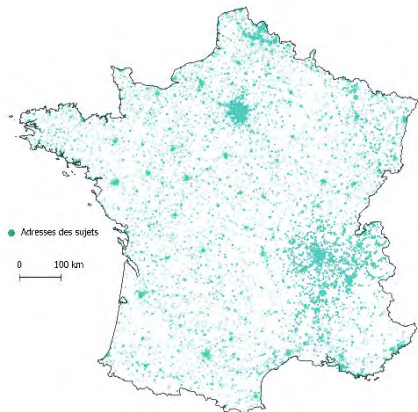
Approche Individu-Centrée : Expositions Industrielles

1

Sources



Sujets

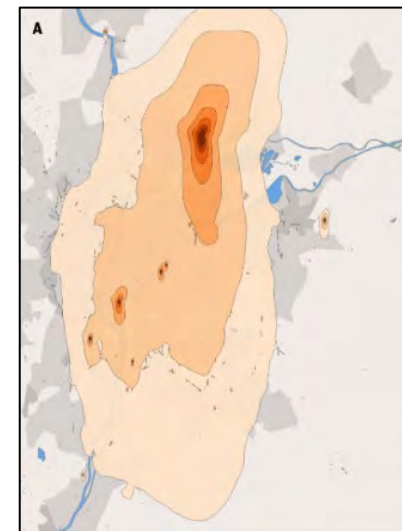


Météo



Coudon et al, 2019; Atmo Env

2

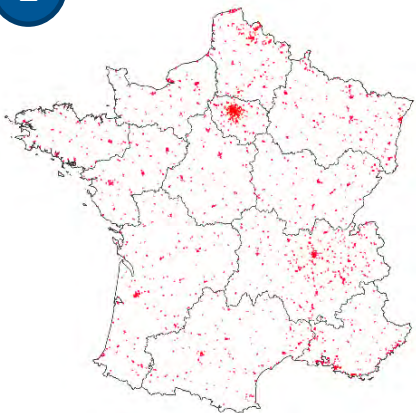


Référence :
**Modélisation fine
à l'échelle locale**
(Coudon et al, 2018, *Env
Int*)

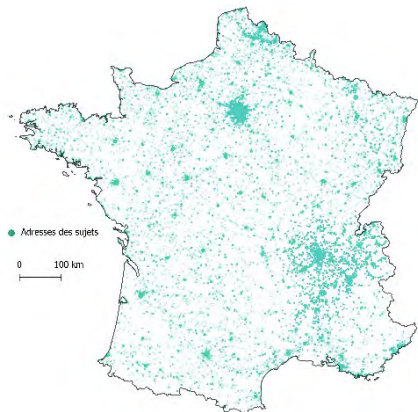
Approche Individu-Centrée : Expositions Industrielles

1

Sources



Sujets

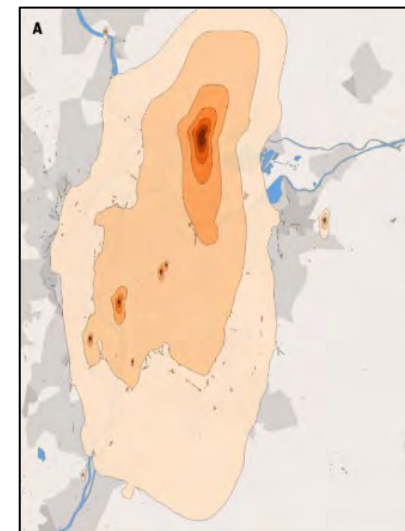


Météo



Coudon et al, 2019; Atmo Env

2



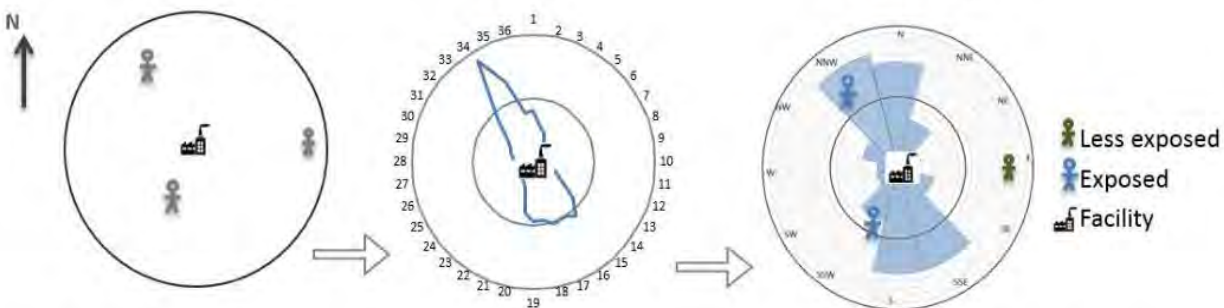
Référence :
Modélisation fine à l'échelle locale
(Coudon et al, 2018, Env Int)

3

Initial situation

Wind rose

GIS Data layer



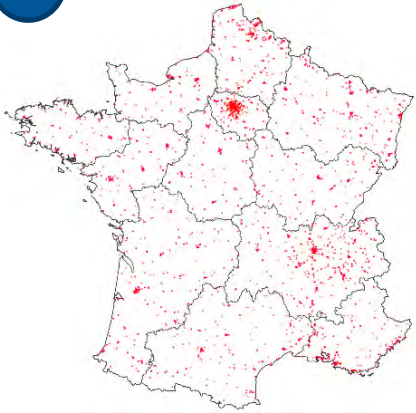
Création d'une métrique spatiale utilisant des paramètres météorologiques et techniques des sources

(Coudon et al, 2019; Env Health)

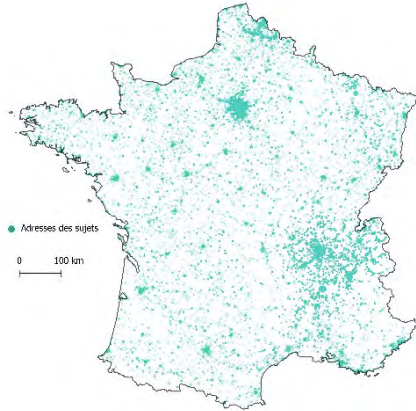
Approche Individu-Centrée : Expositions Industrielles

1

Sources



Sujets

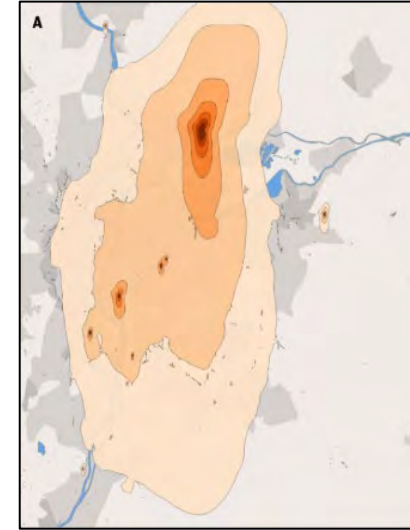


Météo



Coudon et al, 2019; Atmo Env

2



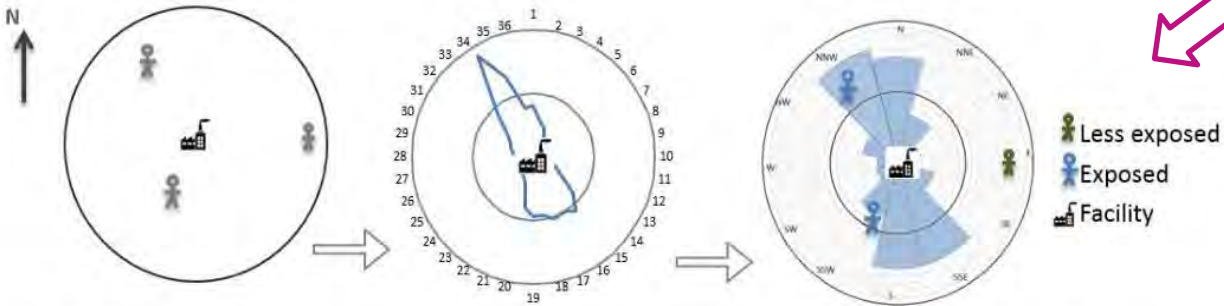
Référence :
Modélisation fine à l'échelle locale
(Coudon et al, 2018, Env Int)

3

Initial situation

Wind rose

GIS Data layer



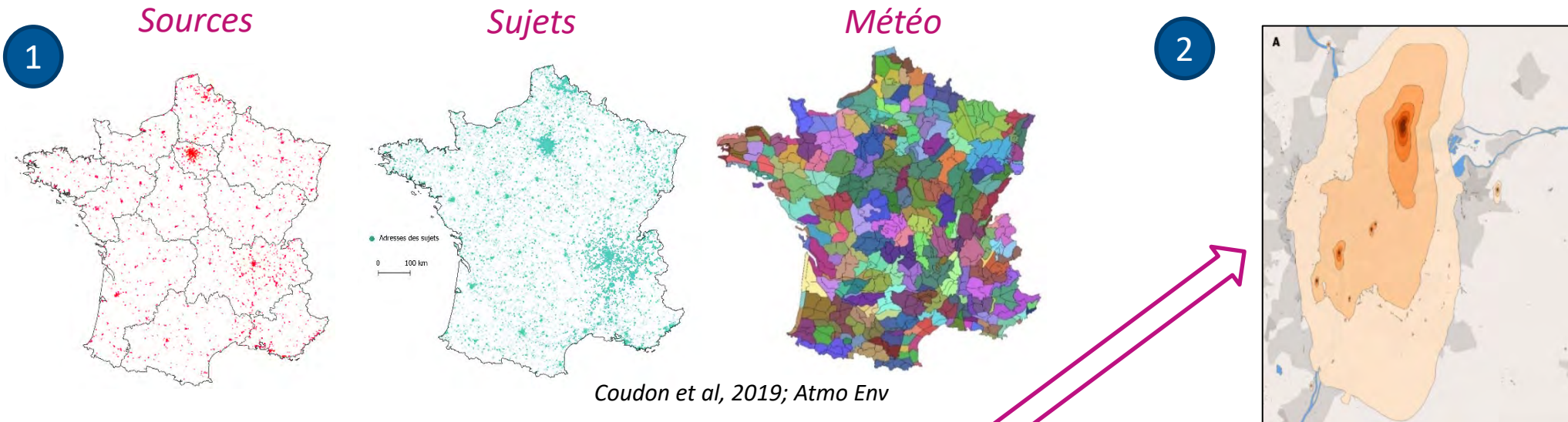
4

Calibration / Comparaison / Validation

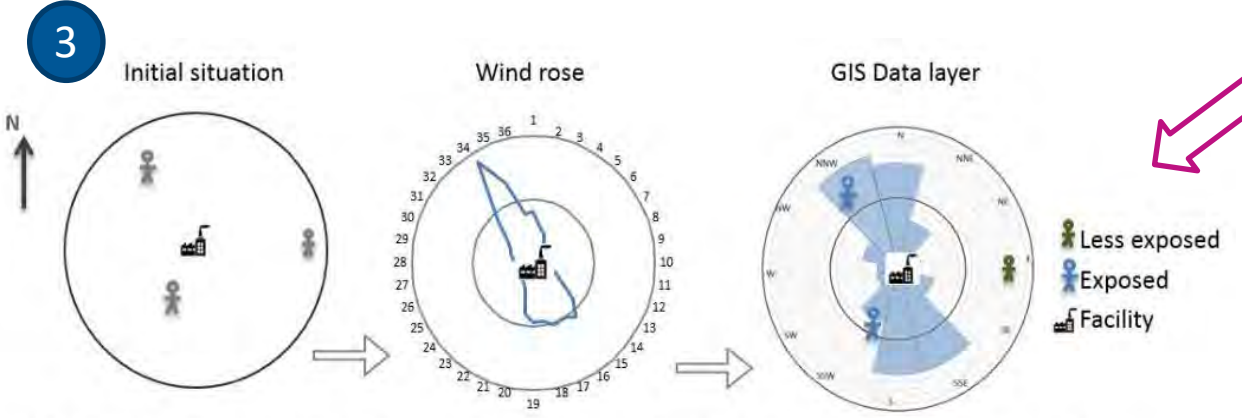
Création d'une métrique spatiale utilisant des paramètres météorologiques et techniques des sources

(Coudon et al, 2019; Env Health)

Approche Individu-Centrée : Expositions Industrielles



Référence :
Modélisation fine à l'échelle locale
(Coudon et al, 2018, Env Int)



4 Calibration / Comparaison / Validation

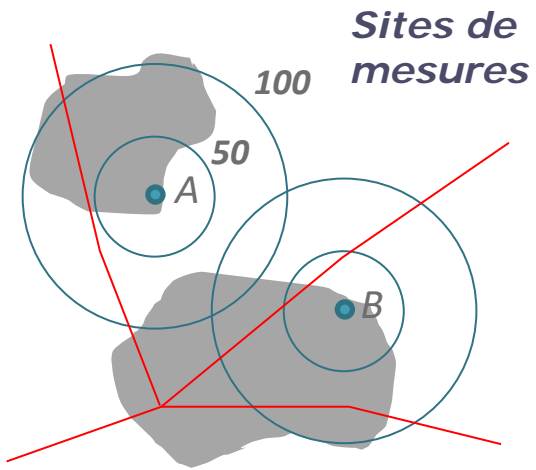
Création d'une métrique spatiale utilisant des paramètres météorologiques et techniques des sources
(Coudon et al, 2019; Env Health)

5

$$\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I t_i \times IE_i \times \frac{1}{d_{ij}^2} \times F_{ij} \times \left(\frac{h_{median}}{h_{ij}} \right)^{si \ h \geq 90}$$

Approche territoriale : Expositions aux polluants urbains

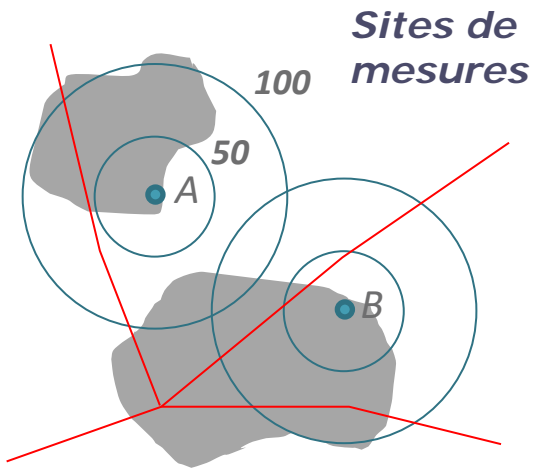
Développement de modèles



Site-id	Rd50	Rd100	LC50
A	0	150	0.40
B	60	240	0.55

Approche territoriale : Expositions aux polluants urbains

Développement de modèles



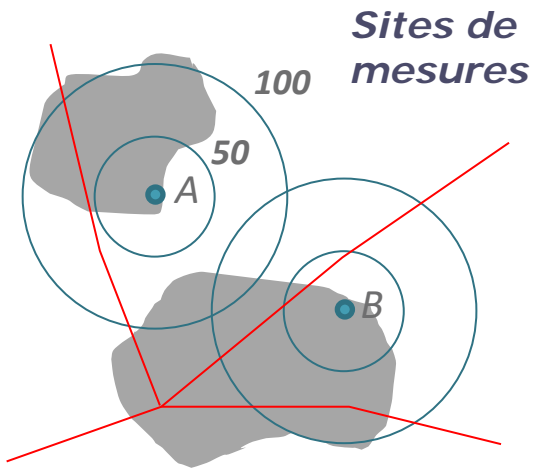
Site-id	Rd50	Rd100	LC50
A	0	150	0.40
B	60	240	0.55

Regressions

$$NO_2 = C + (\beta_1 \times Rd50) + (\beta_2 \times LC50)$$

Approche territoriale : Expositions aux polluants urbains

Développement de modèles



Site-id	Rd50	Rd100	LC50
A	0	150	0.40
B	60	240	0.55



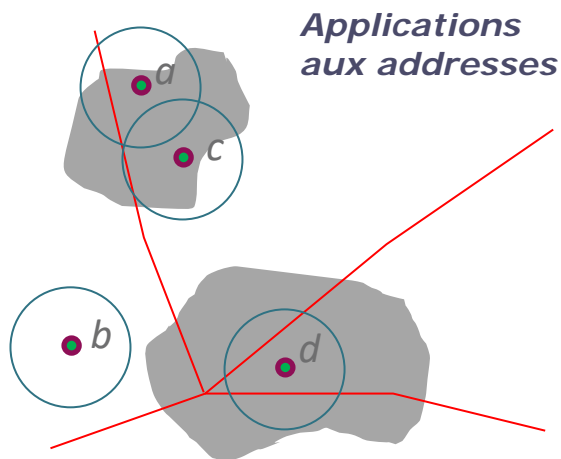
Regressions



$$NO_2 = C + (\beta_1 \times Rd50) + (\beta_2 \times LC50)$$



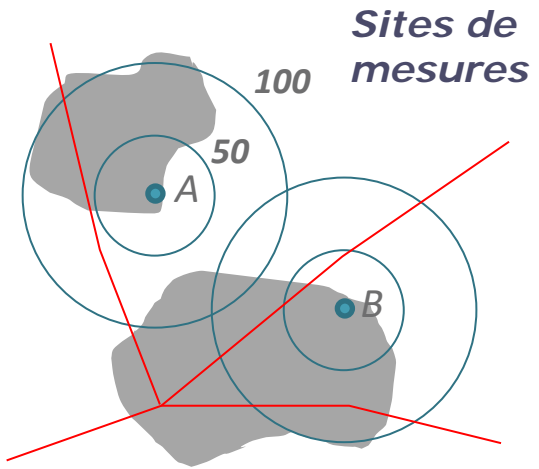
Validation (sites indépendants)



Cohort-id	Rd50	LC50	NO ₂
a	80	0.5	35
b	0	0	20
c	20	0.45	25
d	170	0.7	45

Approche territoriale : Expositions aux polluants urbains

Développement de modèles



Site-id	Rd50	Rd100	LC50
A	0	150	0.40
B	60	240	0.55



Regressions



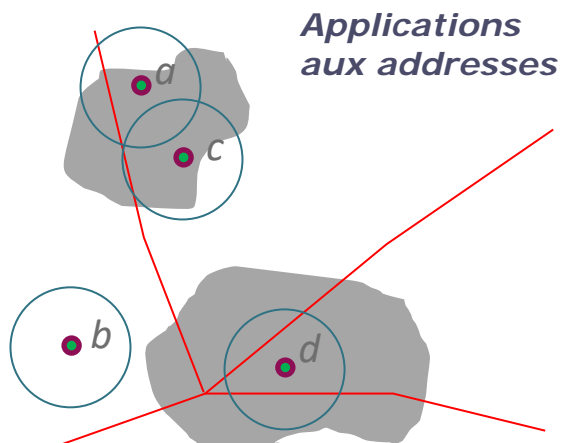
$$NO_2 = C + (\beta_1 \times Rd50) + (\beta_2 \times LC50)$$



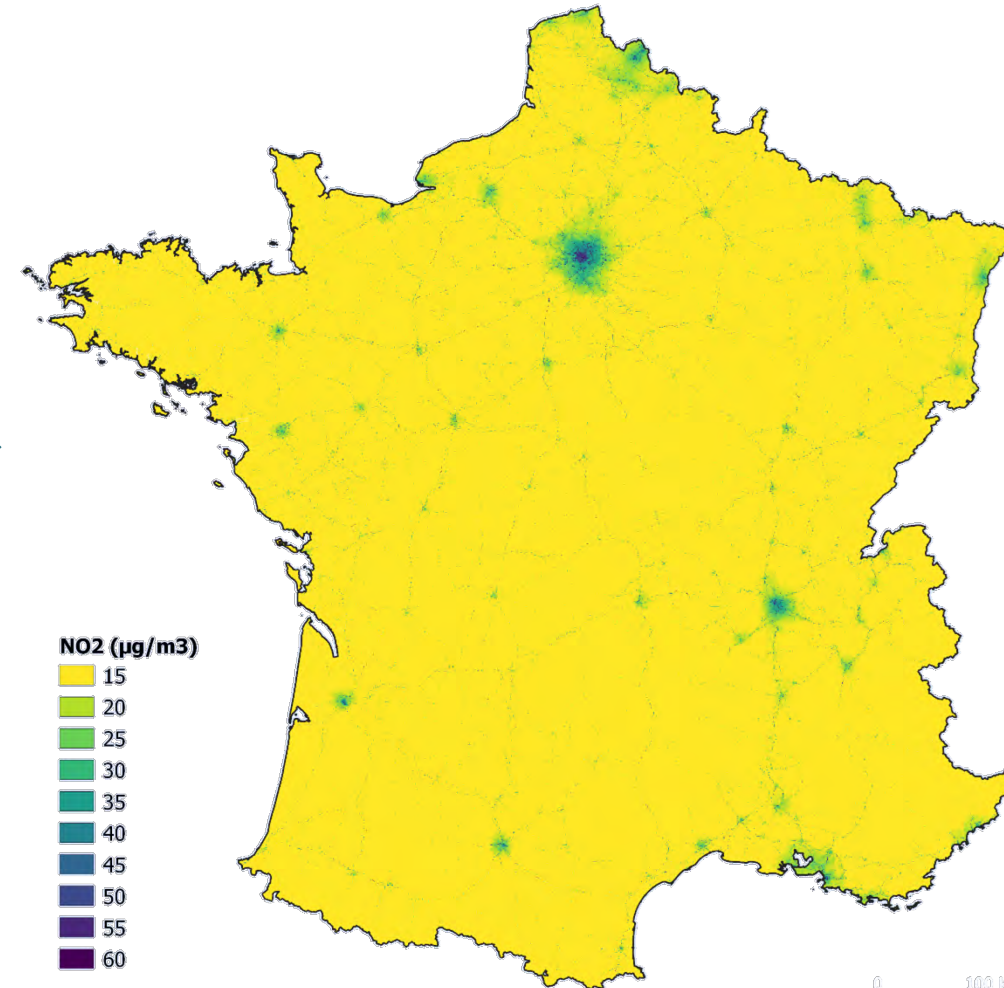
Validation (sites indépendants)



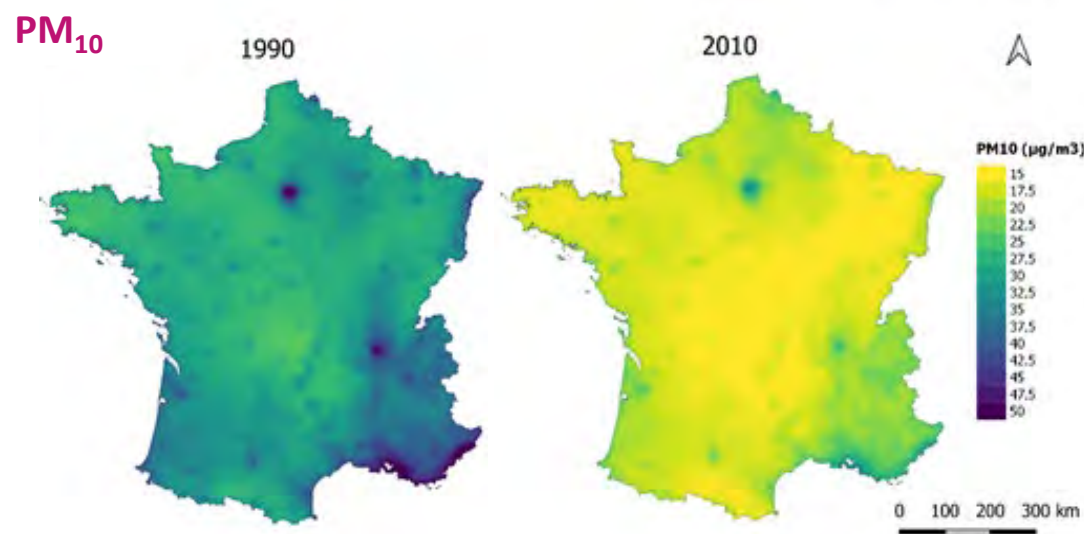
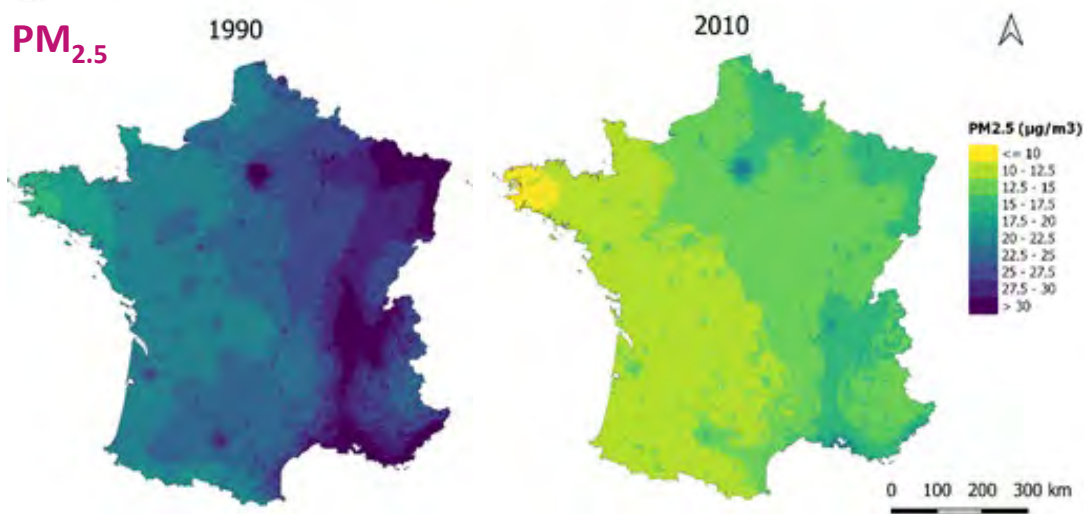
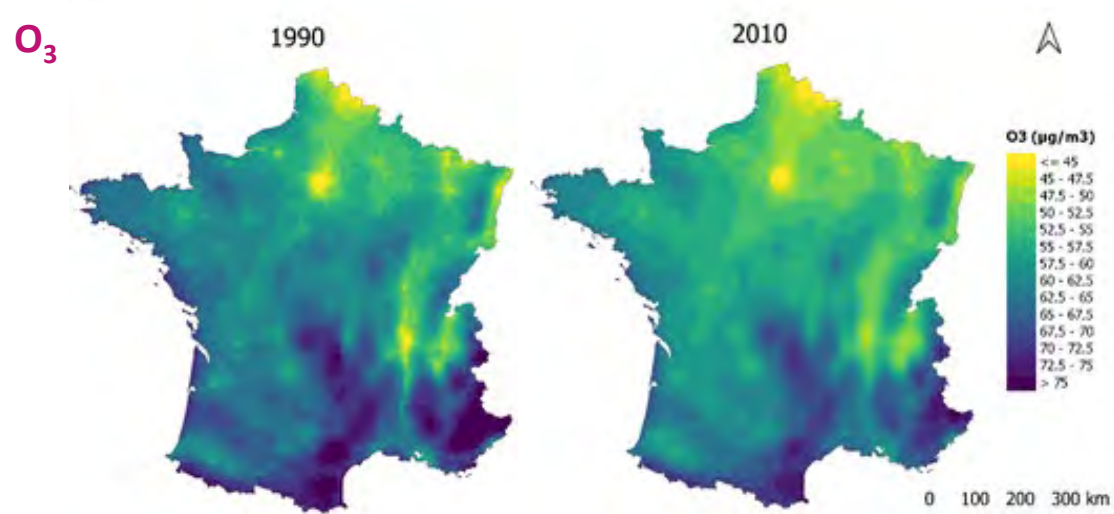
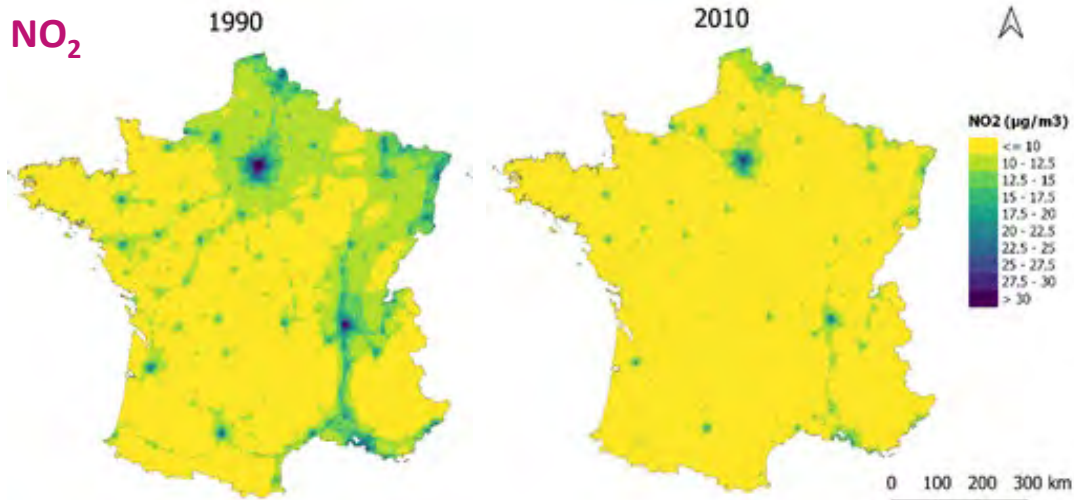
Cohort-id	Rd50	LC50	NO ₂
a	80	0.5	35
b	0	0	20
c	20	0.45	25
d	170	0.7	45



Concentrations de NO₂ 2010 - Résolution 100m



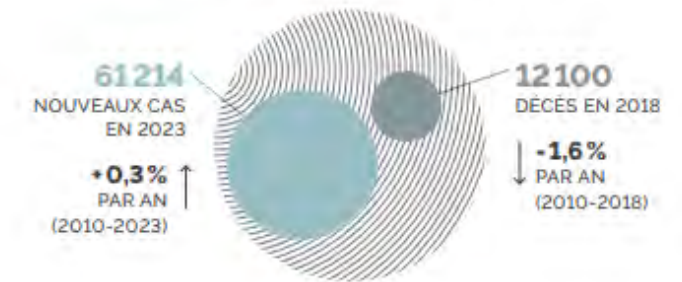
Approche territoriale : Expositions aux polluants urbains



Cancer du sein

- Cancer du sein est le cancer le plus fréquent chez la femme en France et dans le monde (Bray et al.,2024)
 - 61 200 nouveaux cas en 2023 et 12 100 décès en 2018 en France (INCa, 2023)
 - La France 1^{er} rang mondial pour l'incidence (Bray et al.,2024)
- Principaux facteurs de risque : facteurs génétiques, hormonaux et comportementaux
 - Expositions environnementales ?

1^{er} CANCER CHEZ LES FEMMES ET 1^{re} CAUSE DE DÉCÈS PAR CANCER CHEZ LES FEMMES



88%
TAUX DE SURVIE NETTE STANDARDISÉE À 5 ANS DES FEMMES DIAGNOSTIQUÉES ENTRE 2010 ET 2015

EN 2017, LA PRÉVALENCE DU CANCER EST ESTIMÉE À
913 089
PERSONNES

ÂGE MÉDIAN AU DIAGNOSTIC **64** ans

(INCa, Panorama des cancers en France, 2023)

Etude épidémiologique : population

XENAIR

Étude cas-témoin nichée



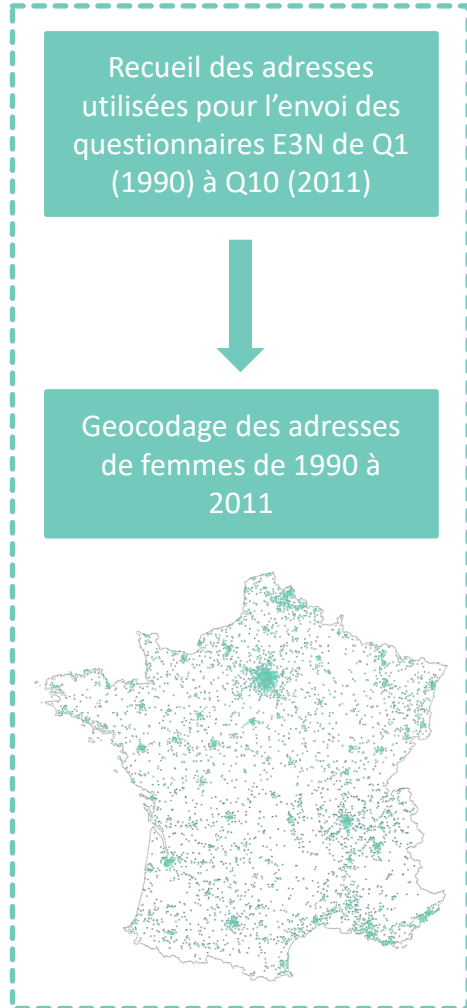
5 222 femmes diagnostiquées d'un cancer du sein (1990-2011) (cas)



Appariement 1:1 sur :
département, âge (± 1 an),
date de recrutement (± 3 mois),
statut ménopausique à l'inclusion,
disponibilité d'un échantillon biologique
(sang, salive, pas d'échantillon biologique)

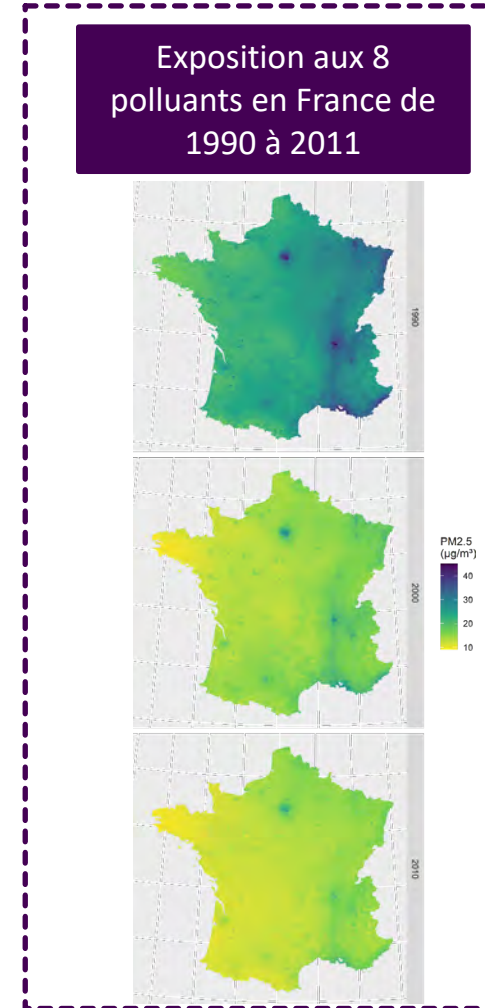
5 222 femmes non malades (témoins)

Etude épidémiologique : méthodologie des expositions



XENAIR

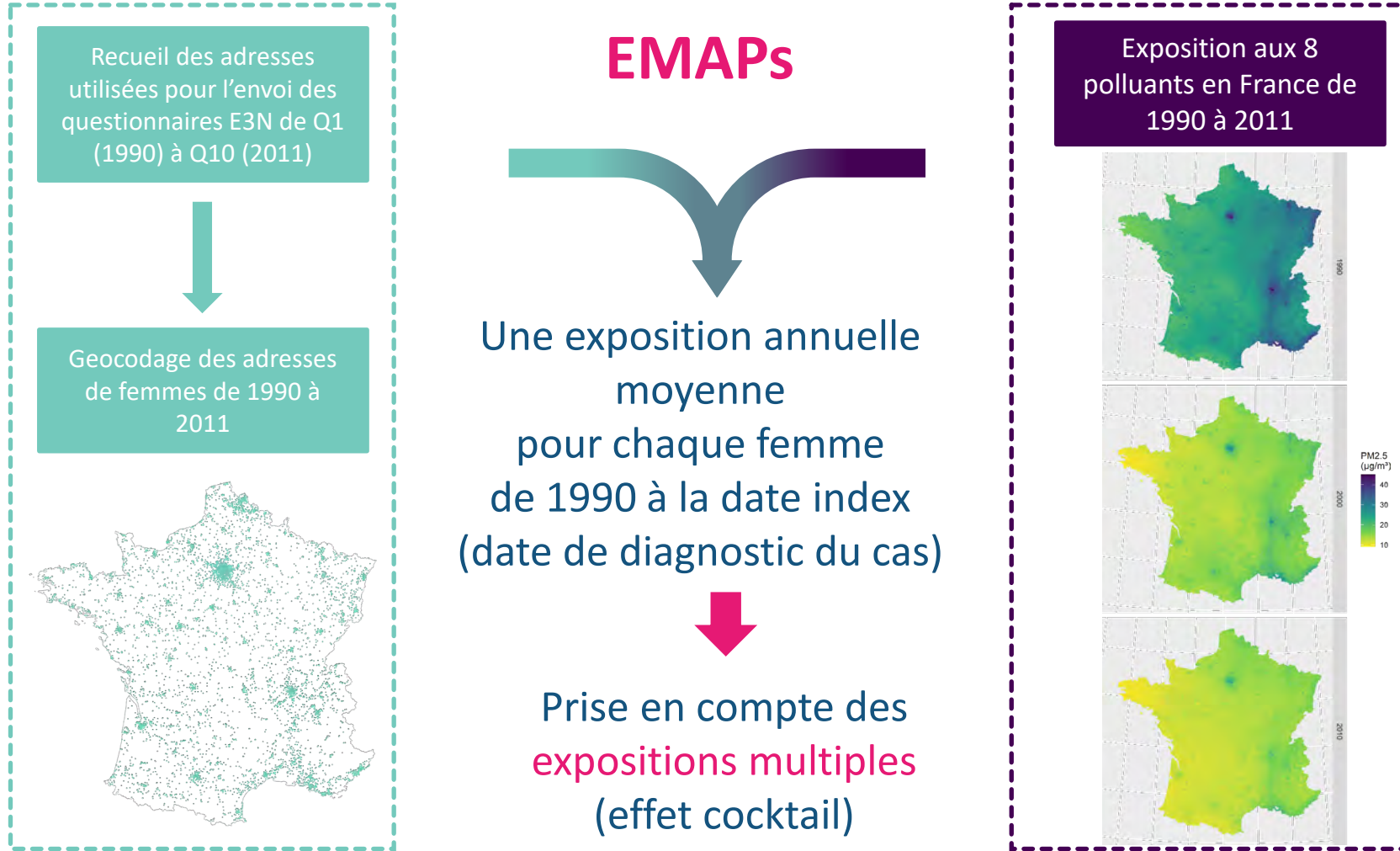
Une exposition annuelle moyenne pour chaque femme de 1990 à la date index (date de diagnostic du cas)



Financiers



Etude épidémiologique : méthodologie des expositions



Financiers



Etude épidémiologique : méthodologie des expositions

Adresses résidentielles et professionnelles
Trajets



Géocodage des adresses



Reconstruction des itinéraires



APoPCo



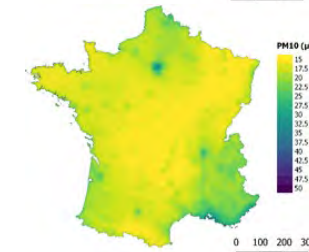
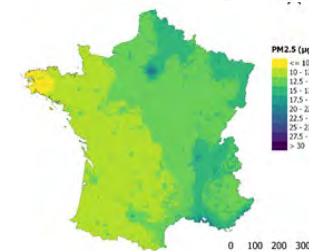
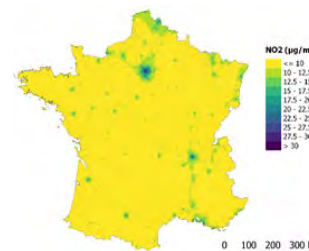
Estimation des concentrations annuelles moyennes pour chaque adresse et trajet 1990-2011



Exposition moyenne pour chaque femme de 1990 à la date index (diagnostic du cas) pondérée sur la proportion de temps passé

NO₂, PM_{2.5}, PM₁₀,
dioxines, cadmium,
benzo[a]pyrene, PCB

1990-2011



NO₂, PM_{2.5}, PM₁₀
Exposition en fonction du mode de transport



Estimation des concentrations pour chaque segment du réseau routier



Estimation des expositions en fonction du mode de transport (ratios spécifiques)



Considération de l'inhalation basée sur le mode de transport

Financiers



anses

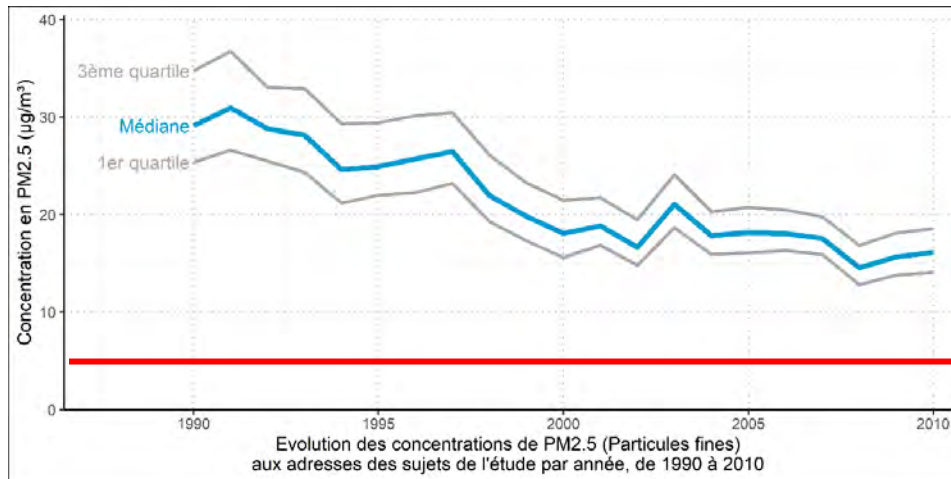
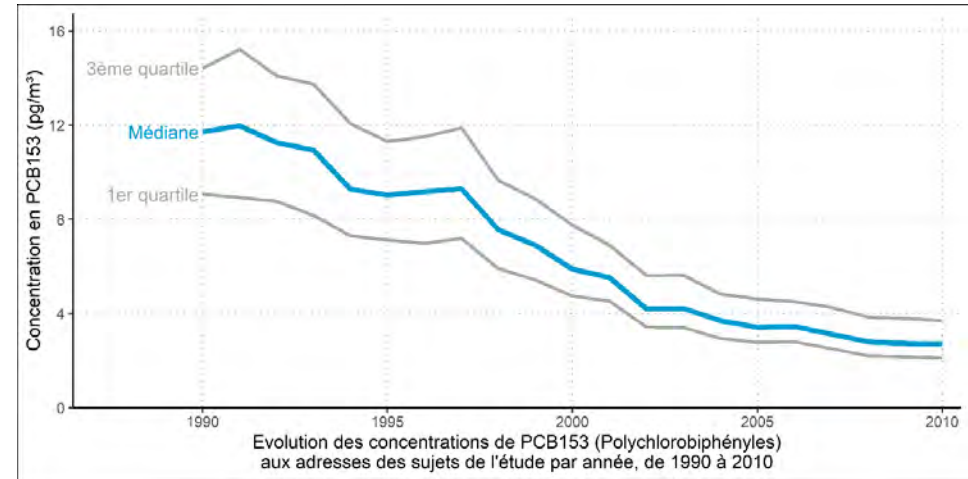
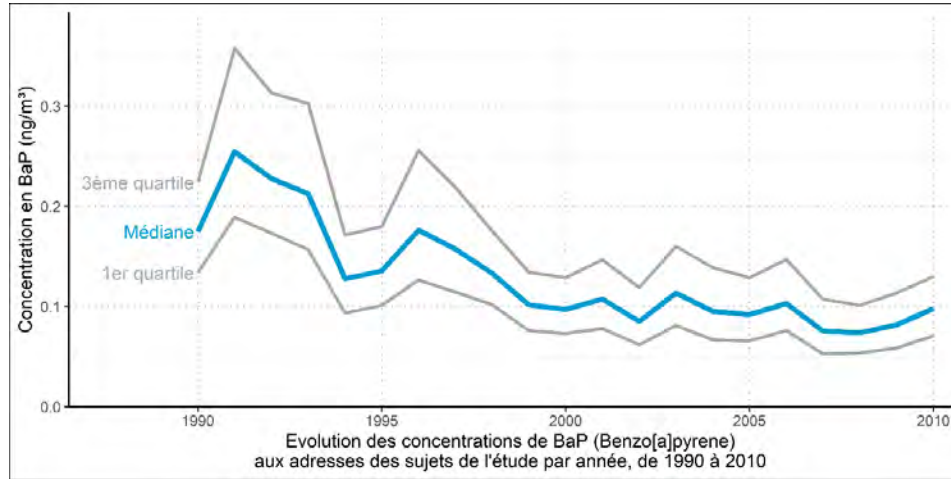
Fondation de France

LA LIQUE

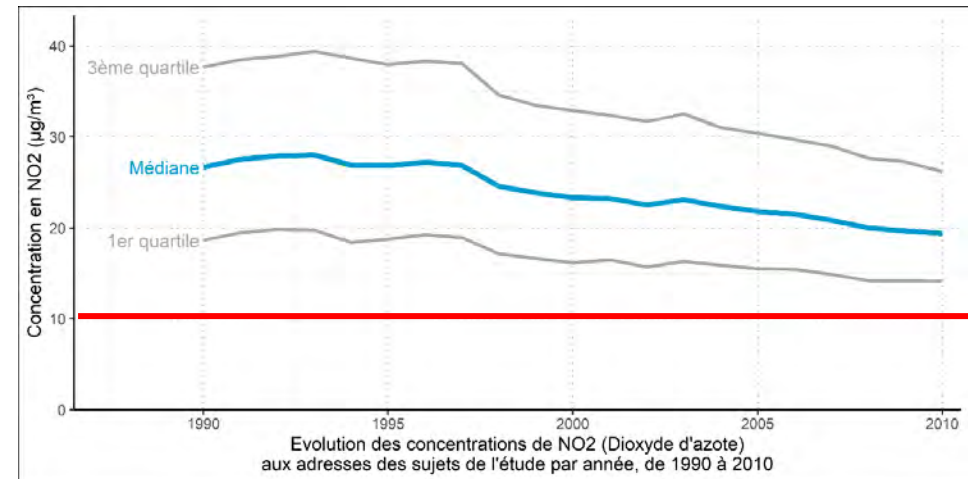
CONTRE LE CANCER



Etude épidémiologique : description des expositions



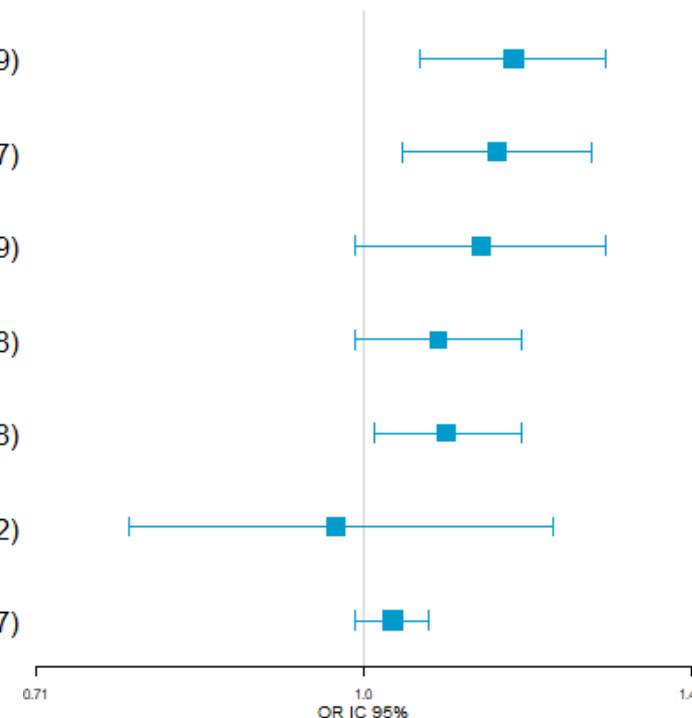
Seuils
OMS 2021





- Une **augmentation du risque de cancer du sein** a été observée ou suggérée pour **6 polluants**
- **Augmentation du risque** pour l'exposition simultanée aux 7 polluants (plusieurs méthodes statistiques)

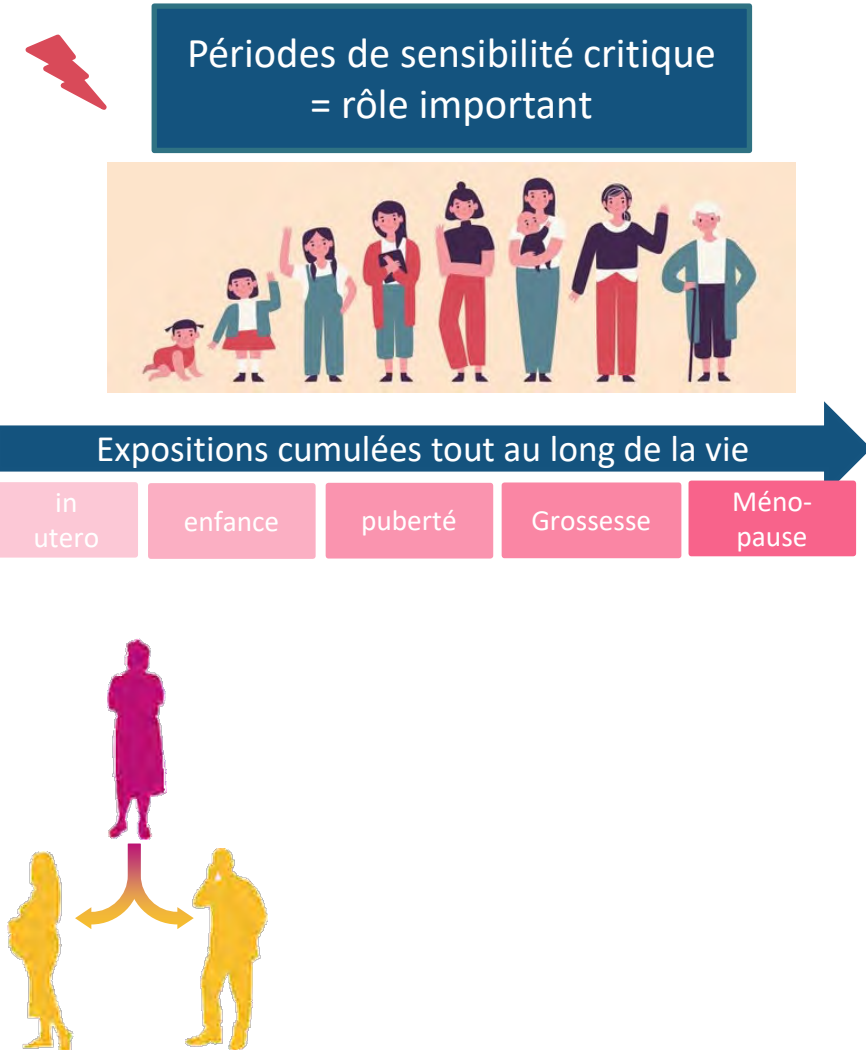
Polluants	incr.	OR (IC95%)
PCB153 (pg/m3)	55	1.17 (1.06-1.29)
BaP (ng/m3)	1.42	1.15 (1.04-1.27)
PM2.5 (µg/m3)	10	1.13 (0.99-1.29)
PM10 (µg/m3)	10	1.08 (0.99-1.18)
NO2 (µg/m3)	17.8	1.09 (1.01-1.18)
Cadmium (mg/m²)	5.47	0.97 (0.78-1.22)
Dioxines (µg-TEQ/m²)	14.47	1.03 (0.99-1.07)



Praud 2023, 2024 *in revision*
 Amadou 2021, 2022, 2023, 2024
 Giampiccolo 2024
 Desnavailles 2024
 Duboeuf 2024
 Ramel-Delobel 2024
 Deygas 2021
 Danjou 2019
 Coudon 2018, 2019

Perspectives de recherche

- Prise en compte des expositions « vie entière » => développement d'un indicateur des expositions à la pollution de l'air avant 1990 (entrée dans la cohorte)
- Prise en compte plus fine de la pollution (composés des PM)
- Utilisation des cartes de concentration en pollution pour d'autres pathologies de la génération 1 de cohorte
- Etude des effets de l'exposition à la pollution de l'air sur la génération 2 puis 3 de la cohorte E3N-Génération





BROUHAHA - Exposition au bruit des transports et risque de diabète de type 2 dans la cohorte E3N génération 1



Elodie FAURE

Géomaticienne, Equipe Exposome & Hérité

14 novembre 2024

Grand amphithéâtre MGEN



Les différents types de bruit considérés dans notre étude



Bruit issu du trafic
routier



Bruit issu du trafic
ferré

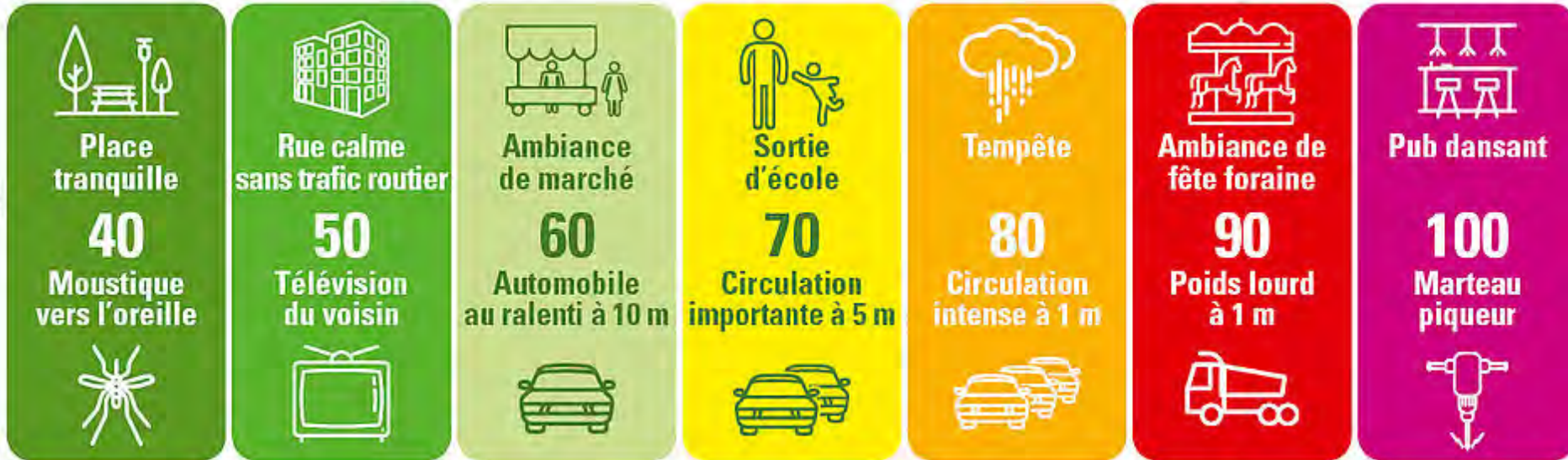


Bruit issu du trafic
aérien

Le bruit - unité de mesure

Bruits potentiellement «agréables»

Niveau sonore en décibel

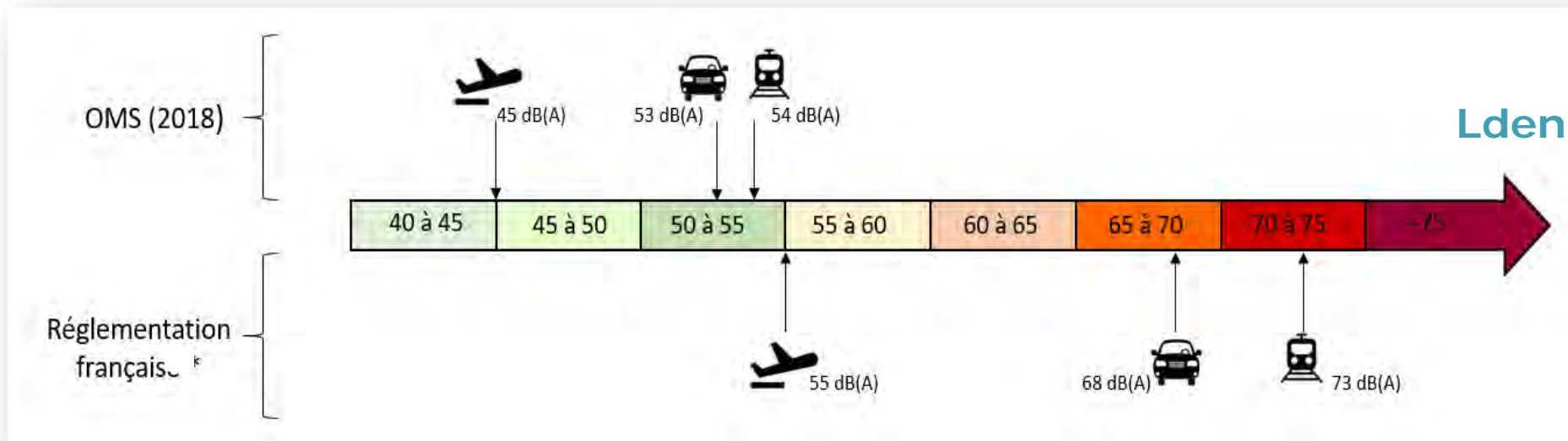


Bruits potentiellement «désagréables»

Lden (Level day-evening-night) : indicateur en décibel (dB) du niveau sonore moyen sur 24 heures

Ln (Level night) : indicateur en décibel (dB) du niveau sonore moyen sur la période nocturne (généralement de 22h à 6h)

Le bruit - contexte réglementaire



L'OMS considère qu'à des niveaux supérieurs à 40 dB(A) la nuit et à 45-54 dB(A) en journée, des effets extra-auditifs du bruit sont possibles:

- Troubles du sommeil
- Gêne
- Diabète de type 2
- Hypertension artérielle
- Maladie cardiovasculaire

1 Français sur 3, (~20 millions) déclare souffrir d'un trouble du sommeil lié au bruit

(Enquête TNS Healthcare/Institut national du sommeil et de la vigilance – 2006 citée dans Guide bruit et santé CIDB 2011)

Le diabète de type 2

Le diabète est une maladie chronique

Il correspond à un excès durable de la concentration de glucose dans le sang (hyperglycémie)

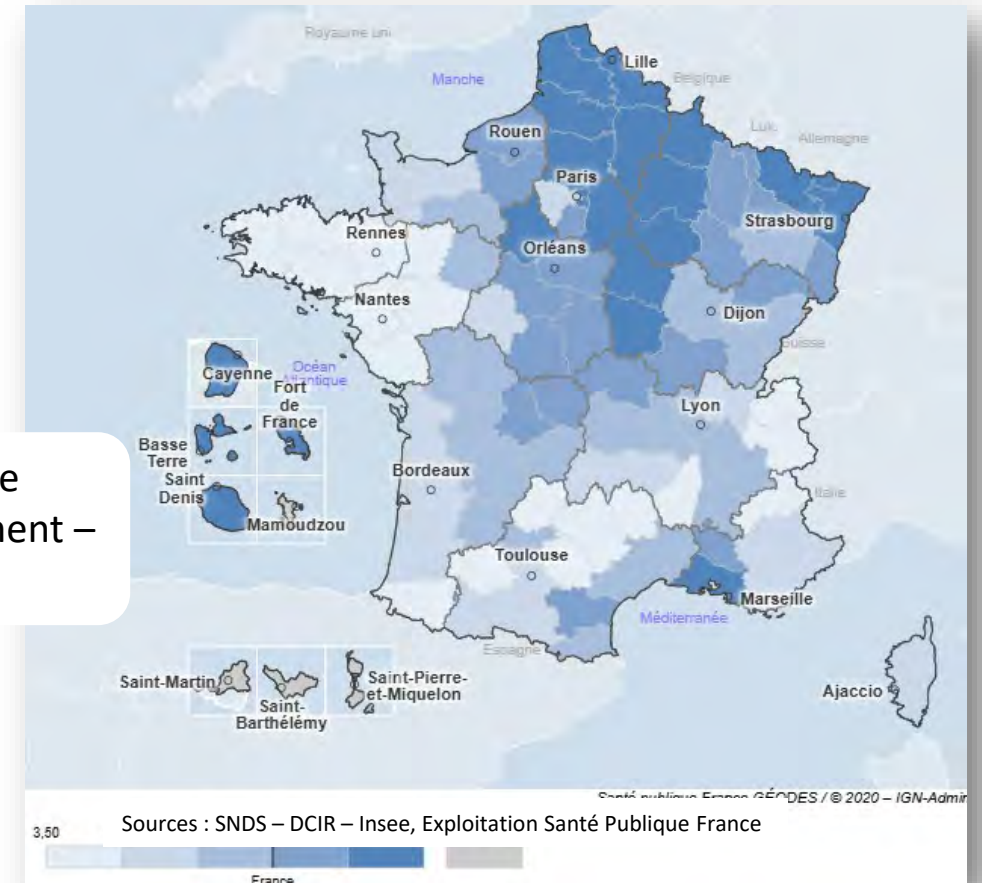
Quels facteurs de risques ?

- Âge
- Histoire familiale de diabète
- Hypertension artérielle
- Surpoids et obésité
- Mode de vie
 - Sédentarité, manque d'activité physique
 - Alimentation trop grasse et trop sucrée

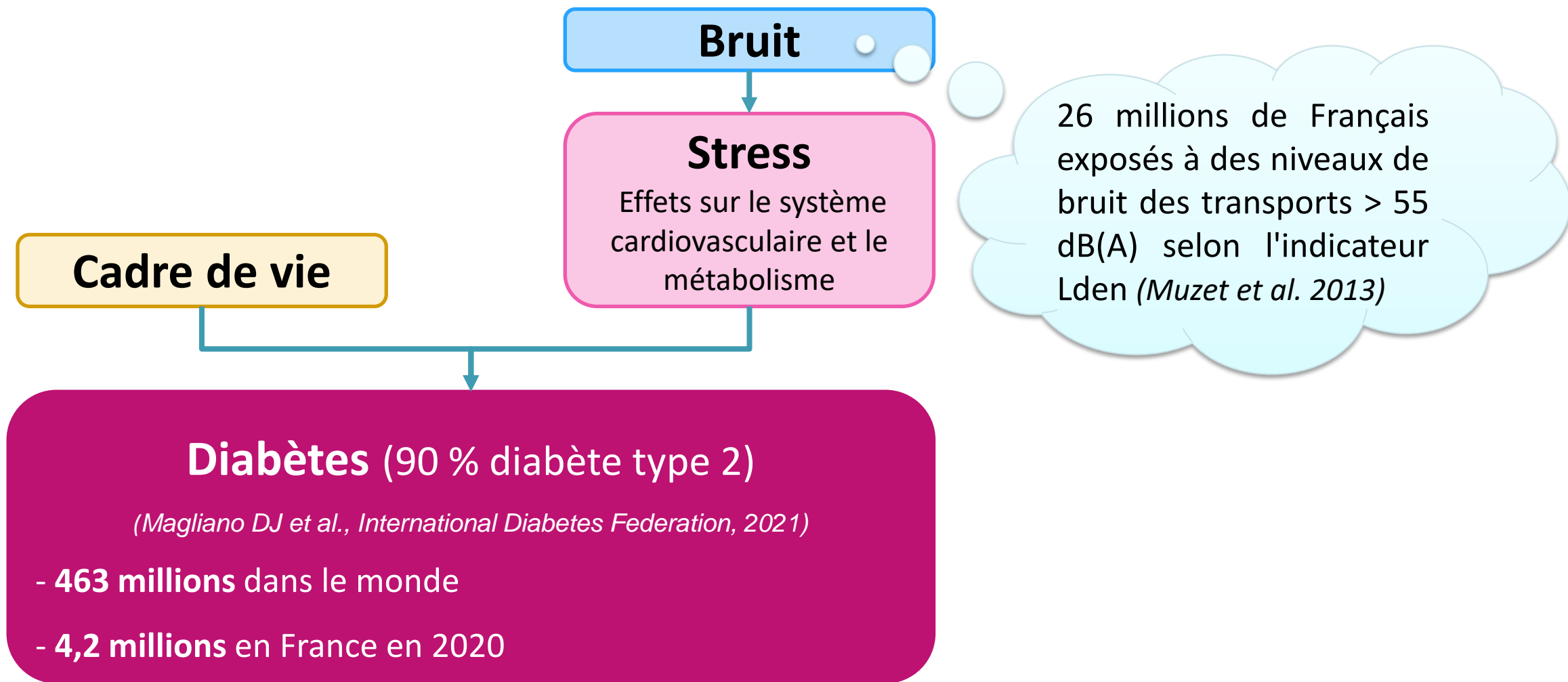
Quelques chiffres ...

En 2021, en France, 4.2 millions personnes avec un DT2 (Assurance Maladie)

Taux de prévalence standardisé de diabète traité pharmacologiquement – homme et femmes, 2022 (%) SPF



Contexte d'exposition au bruit des transports et risque de diabète



Etat de l'art bruit et diabète

- En 2018, le Bureau régional de l'OMS pour l'Europe a élaboré des lignes directrices sur le bruit environnemental
- Méta-analyse sur le bruit des transports et le diabète de type 2

Meta-analyses	Bruit trafic routier	Bruit trafic ferré	Bruit trafic aérien
Wu et al, 2023	✓		
Zare Sakhvidi et al. 2018	✓	✗	✓

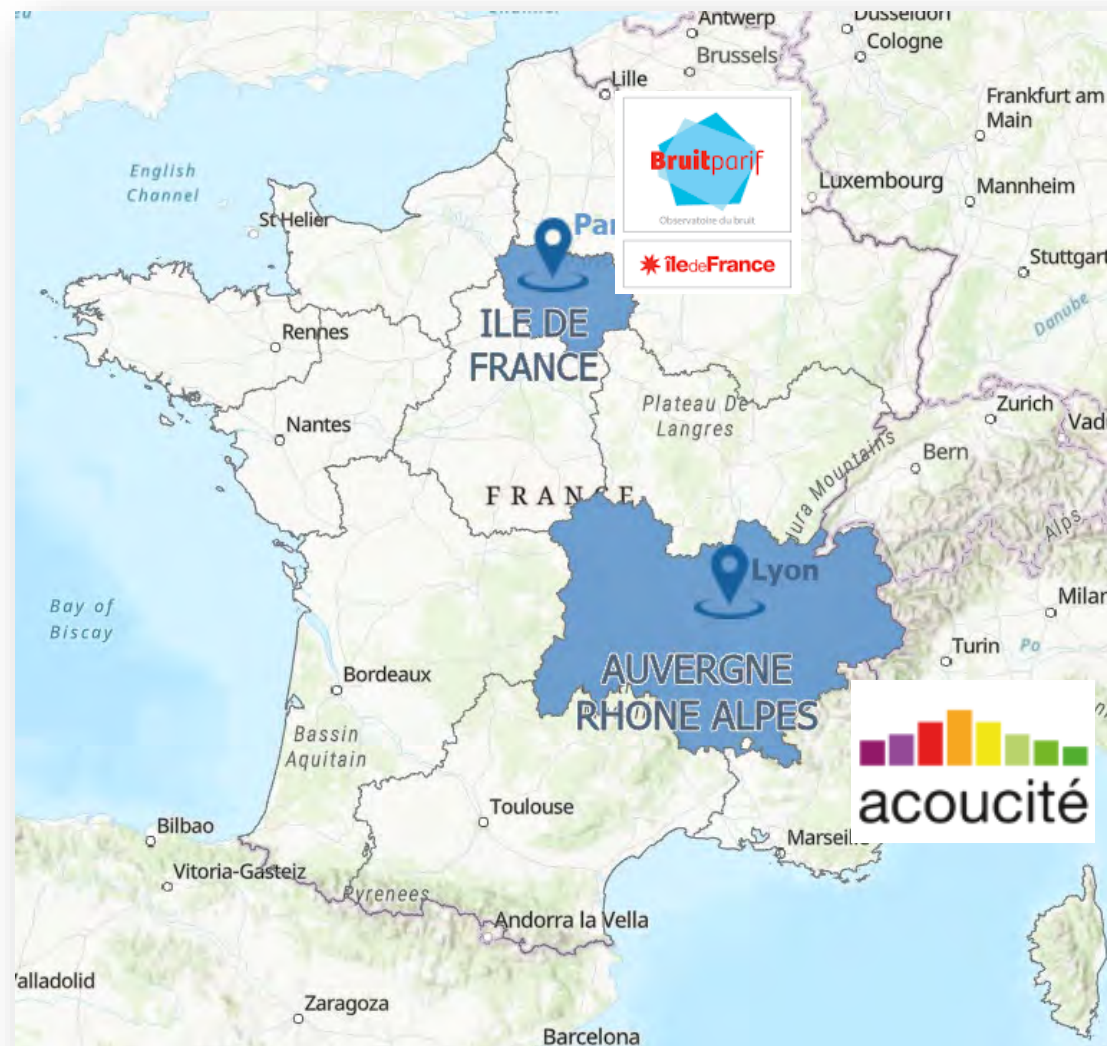
- Peu d'études en Europe et aucune étude en France ont été menées sur l'association entre l'exposition au bruit des transports et le risque de diabète de type 2.

Objectif étude BROUHAHA

Volet A : Evaluer l'association entre l'exposition au bruit des transports et le risque de diabète de type 2 dans la cohorte E3N génération 1

Méthode : population d'étude

- Cohorte E3N Génération 1
- Femmes ayant vécu pendant la période (2000-2014) en Île-de-France ou en Auvergne-Rhône-Alpes
- Cas d'incidents de diabète survenus au cours de la période d'étude

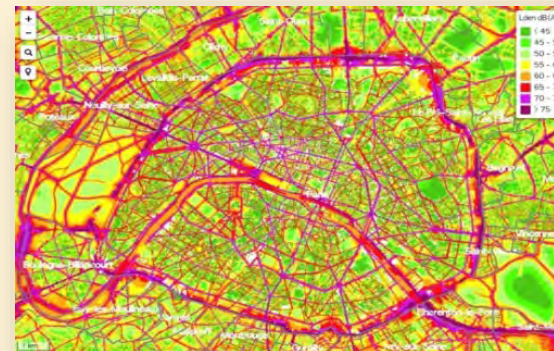


Estimation des expositions au bruit des transports

Localisation des participants aux études



Carte bruit des transports

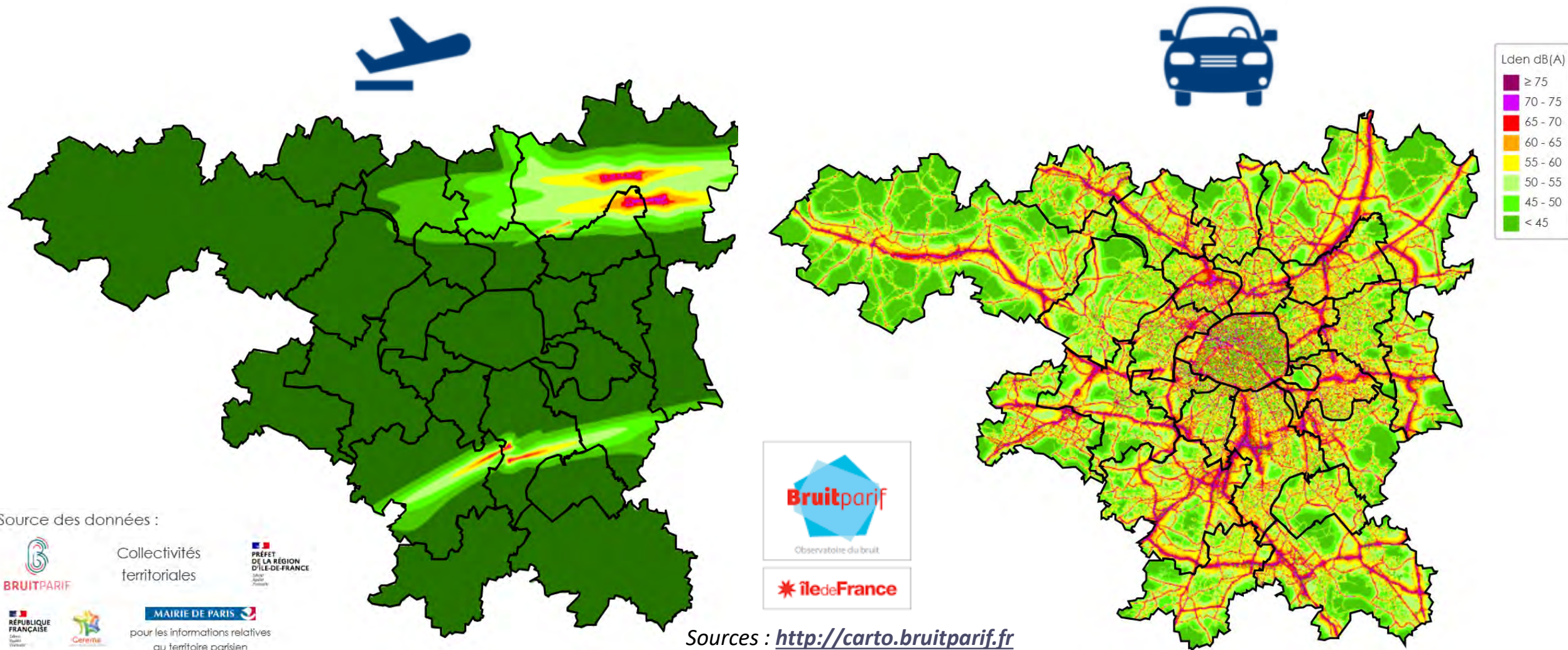


Evaluation de l'exposition moyenne au bruit par années, sur 15 ans

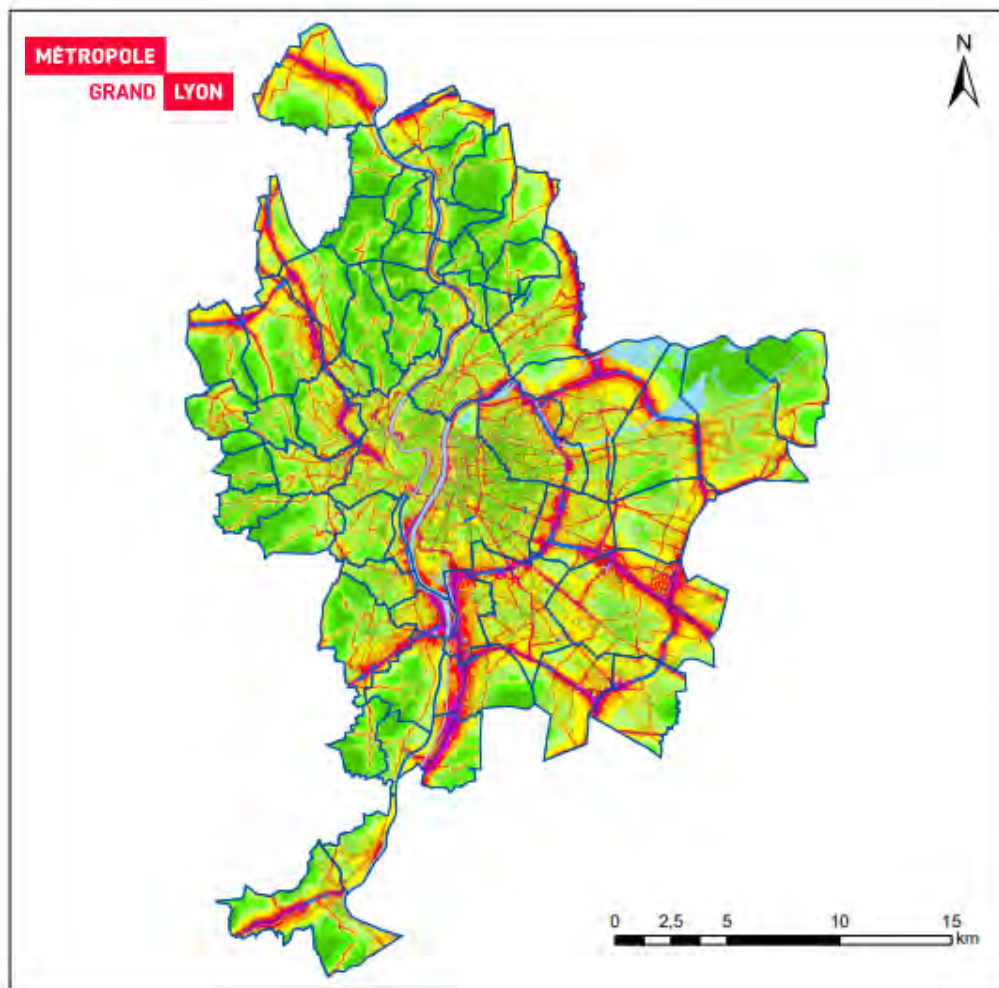


Les cartes de bruit utilisées – Ile de France

Cartes des niveaux sonores (Lden) sur une journée complète en Ile de France en 2022 (Carte de 4^{ème} échéance)



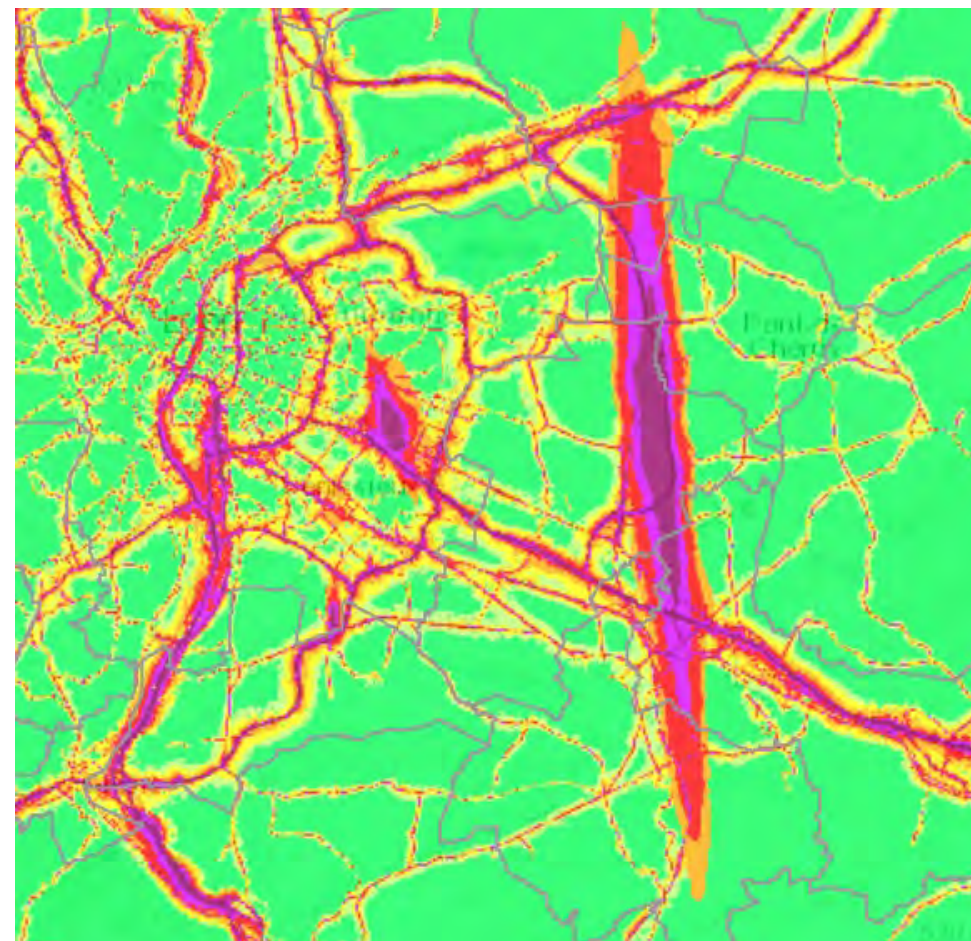
Cartographie du bruit routier sur la Métropole de Lyon (Lden) sur une journée complète
(Carte de 4^{ème} échéance)



Niveaux sonores



Cartes des niveaux sonores (Lden) sur une journée complète (Carte de 4^{ème} échéance)

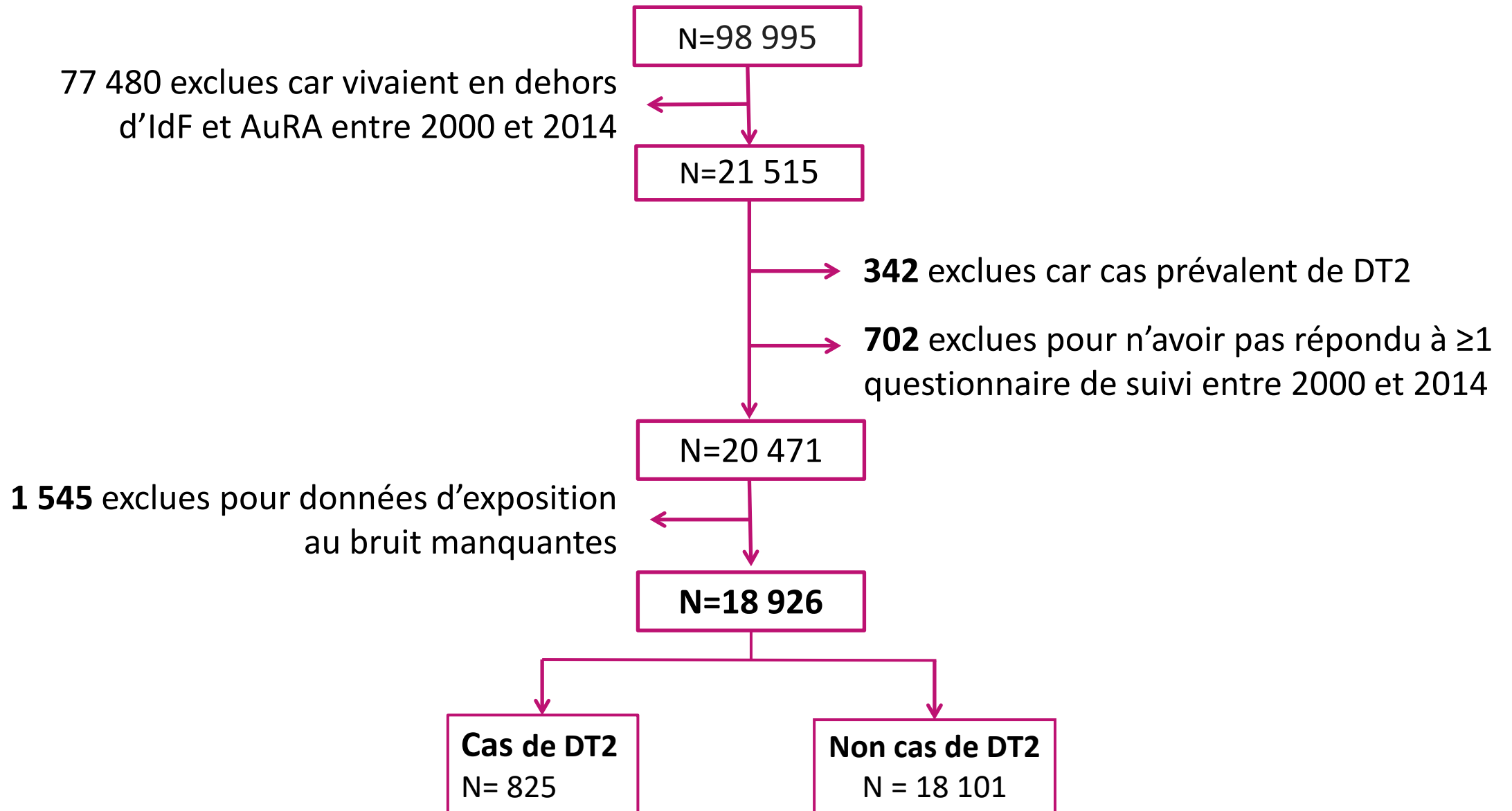


Estimation des associations, hazard ratio et intervalles de confiance (IC) à 95 % calculés pour chaque hausse de 10 dB(A) pour :

- Bruit du trafic routier
- Bruit ferroviaire
- Bruit aérien
- Expositions multiples

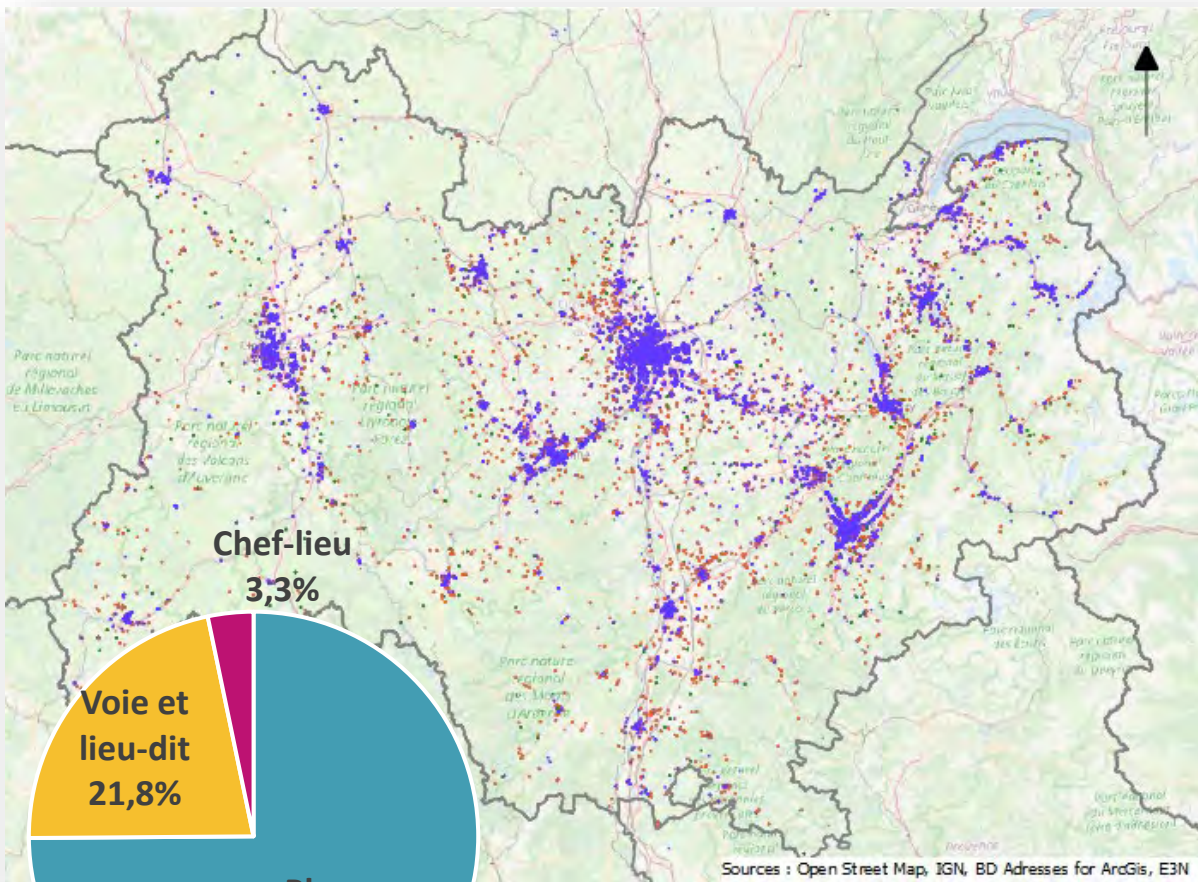
➔ **Modèles de Cox**, avec l'âge comme échelle temporelle

La population d'étude

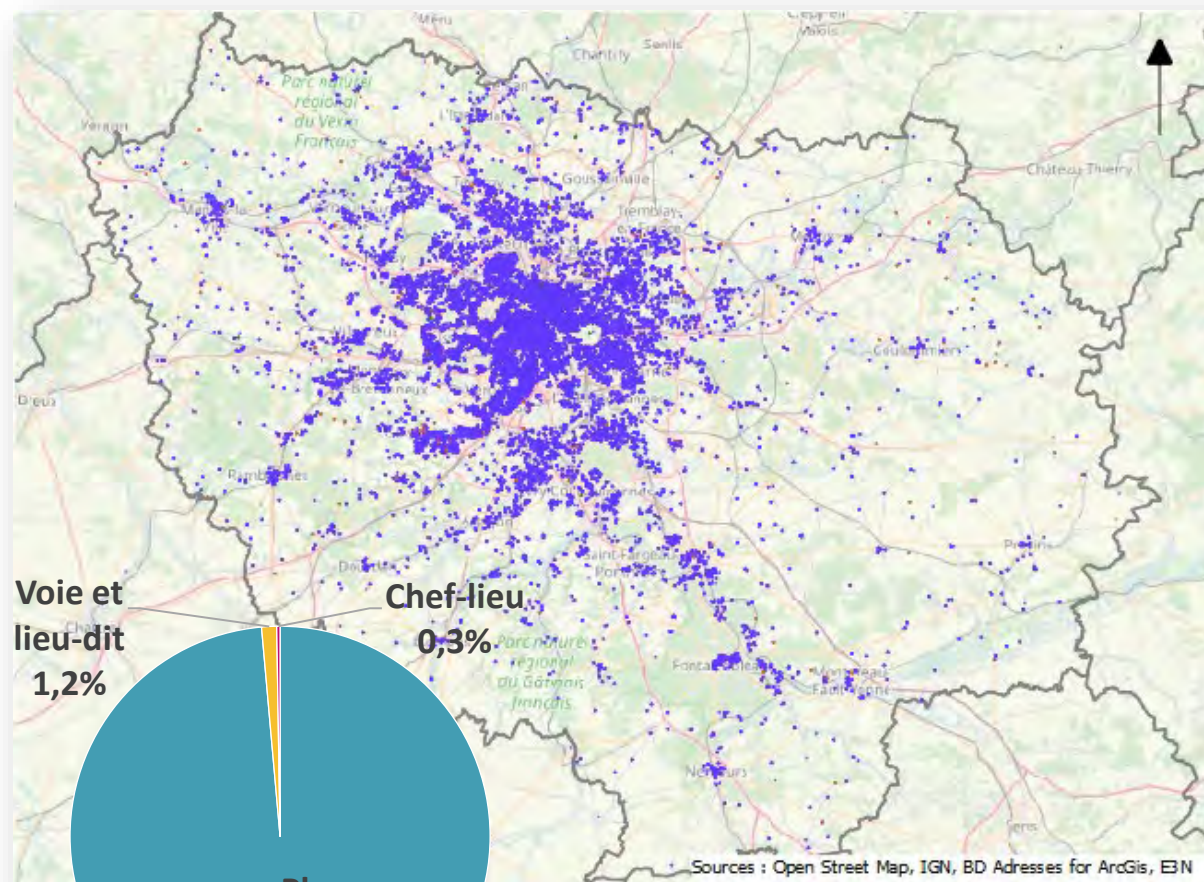


Localisation des participantes en Aura et IdF en 2000

Auvergne Rhône-Alpes



Ile de France



Résultats : Caractéristiques des participantes à baseline

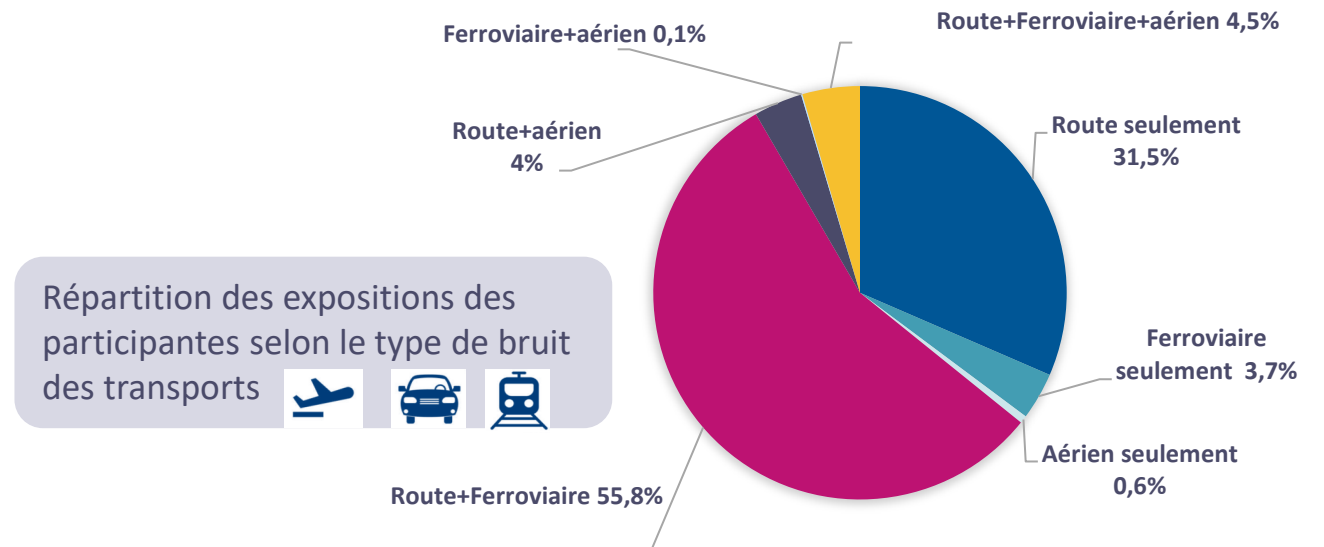
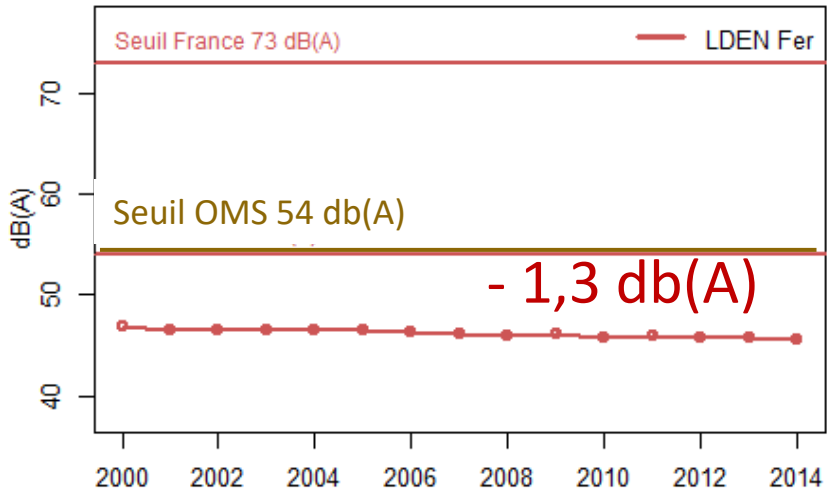
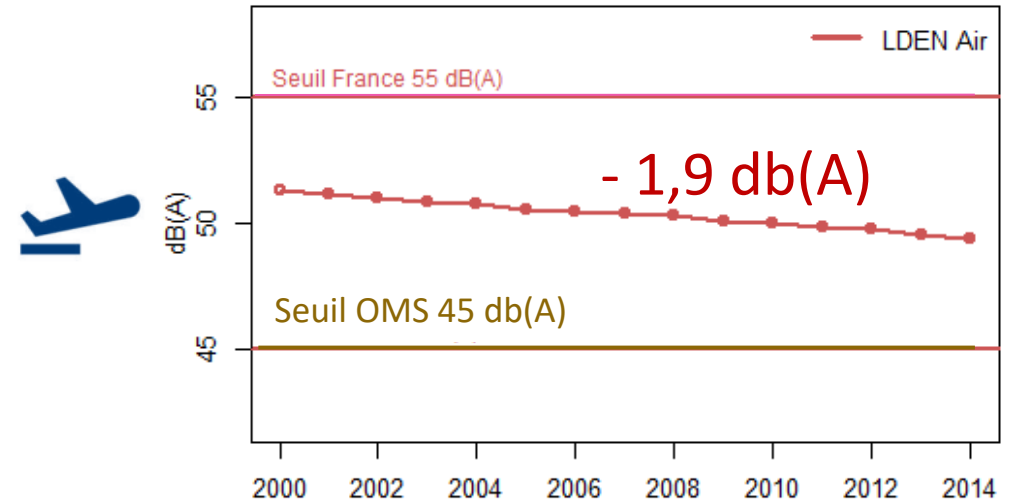
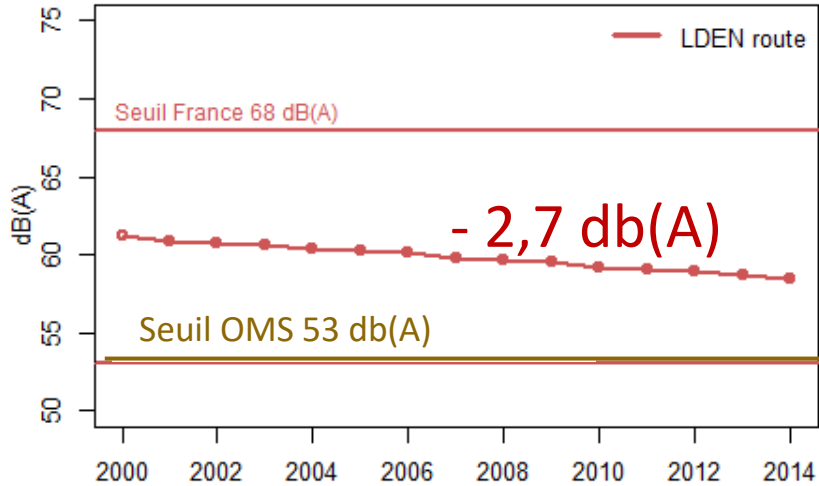
	Tous (N=19 245)	Non Cas DT2 (N=18 101)	Cas DT2 (N=825)
Age, moyenne (Moy) ± écart-type (ET), années	59,3 ± 6,3	59,2 ± 6,3	60,7 ± 6,6
Femmes habitant en Île-de-France	55,0 %	55,1 %	53,0 %
Education ≥ 3 ans université	46,2 %	46,6	38,2
Exposées au bruit du trafic routier, Lden à baseline	88,5 %	88,5	87,3
Lden trafic routier chez les femmes exposées, Moy ± ET, dB(A)	61,3 ± 7,3	61,3 ± 7,3	61,5 ± 7,4
Exposées au bruit du trafic ferré, Lden à baseline	56,9 %	56,9 %	56,4 %
Lden trafic ferré chez les femmes exposées, Moy ± ET, dB(A)	43,2 ± 9,6	43,3 ± 9,6	42,8 ± 9,3
Exposées au bruit du trafic aérien, Lden à baseline	7,7 %	7,7 %	7,3 %
Lden trafic aérien chez les femmes exposées, Moy ± ET, dB(A)	51,4 ± 5,0	51,3 ± 5,0	51,3 ± 4,9

Résultats : Caractéristiques des participantes à baseline

	Tous (N=19 245)	Non Cas DT2 (N=18 101)	Cas DT2 (N=825)
Antécédent de diabète chez au moins un parent (%)	8,1 %	7,8 %	16,0 %
Nombre d'année de suivi, Moy ± ET, années	12.8 (3.2)	13.1 (3.0)	7,5 (4,0)
Surpoids ou obésité (%)	25,1 %	23,6 %	56,8 %
Traitement hormonal post-ménopausique, (%)	60.0 %	60.2 %	55.4 %
Fumeuse (%)	10.2 %	10.2 %	10.7 %
Ancienne fumeuse (%)	35.6 %	35.7 %	34.7 %
Consommation alcool > 10 gr/jour (%)	29.1 %	29.1 %	28.6 %
Total activité physique (METs-h/semaine) (%)	74.5 (46.6)	74.5 (46.5)	75.3 (50.1)
Pollution au NO ₂ en µg/m ³ (ET)	35.6 (9.5)	35.6 (9.5)	35.0 (9.6)
Pollution au PM _{2,5} µg/m ³ (ET)	16.2 (4.9)	16.2 (4.9)	15.9 (4.9)

Description des expositions au bruit de la population E3N génération 1

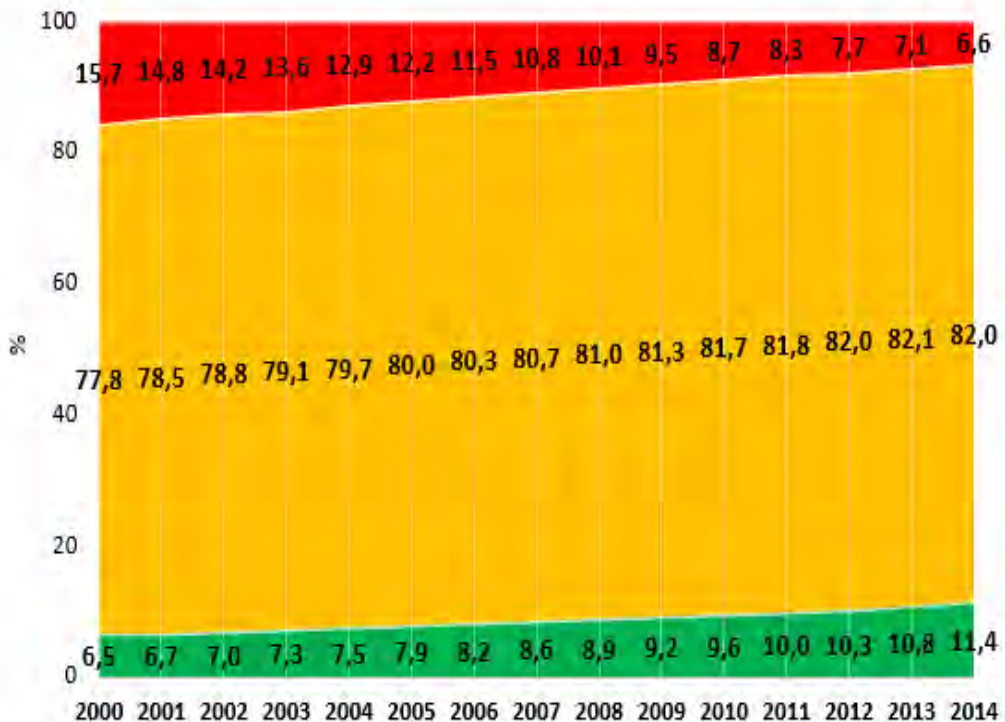
Approches spatiales



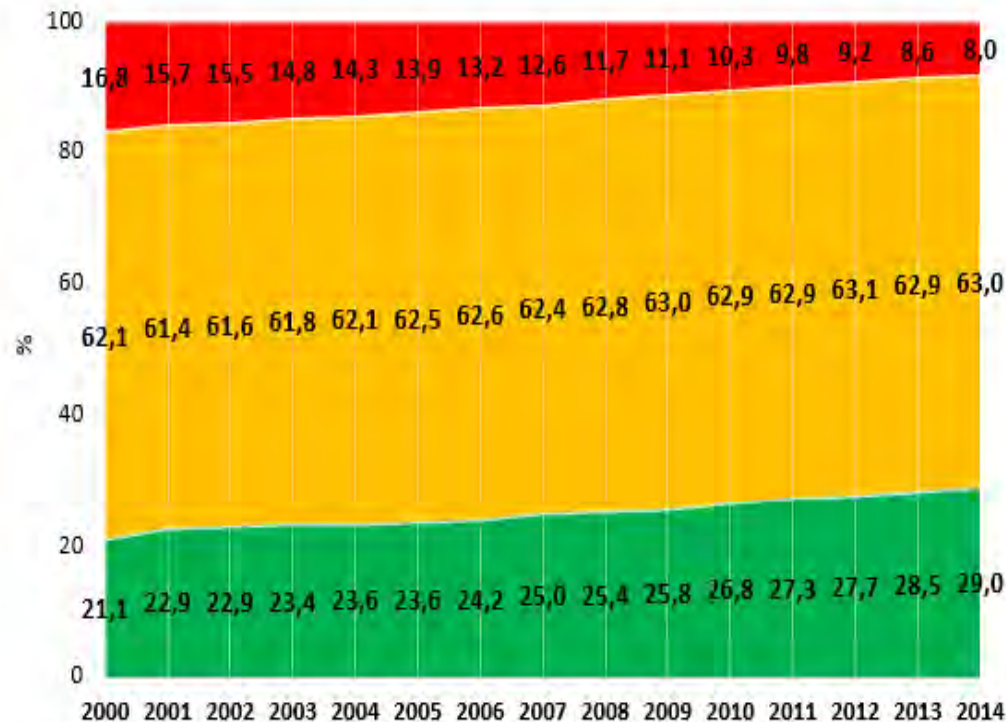
Description des expositions au bruit routier de la population E3N génération 1



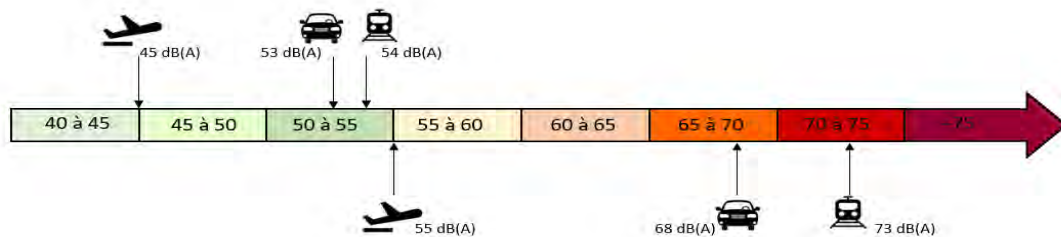
Ile de France



Auvergne –Rhône-Alpes



OMS (2018)



Réglementation française

■ > Valeurs limites française 68 dB(A)

■ Entre les recommandations de l'OMS et les valeurs limites françaises

■ < Recommandations OMS 53 dB(A)

Résultats : Exposition au bruit des transports et risque de DT2

Exposition au bruit	Model 1	Model 2	Model 3a	Model 3b
	HR (95% CI)	HR (95% CI)	HR (95% CI)	HR (95% CI)
L_{den} (per 10 dB(A) increase)				
Bruit routier L_{den}	0.99 (0.92; 1.06)	1.08 (1.00; 1.18)	1.14 (1.04; 1.26)	1.10 (1.01; 1.20)
Bruit ferré L _{den}	0.95 (0.86; 1.04)	0.94 (0.85; 1.04)	0.94 (0.85; 1.04)	0.94 (0.85; 1.04)
Bruit aérien L _{den}	1.02 (0.86; 1.21)	0.96 (0.78; 1.17)	0.92 (0.75; 1.13)	0.94 (0.77; 1.16)
Multi-exposition L _{den}	0.96 (0.87; 1.05)	1.06 (0.95; 1.18)	1.13 (1.01; 1.27)	1.07 (0.96; 1.20)
L_n (per 10 dB(A) increase)				
Bruit routier L_n	1.00 (0.91; 1.09)	1.12 (1.01; 1.25)	1.21 (1.07; 1.36)	1.15 (1.03; 1.28)
Bruit ferré L _n	0.90 (0.78; 1.03)	0.89 (0.76; 1.03)	0.88 (0.76; 1.03)	0.88 (0.76; 1.03)
Bruit aérien L _n	1.12 (0.79; 1.58)	1.00 (0.67; 1.49)	0.97 (0.64; 1.47)	0.98 (0.65; 1.48)

M1: Adjustment for region and age (as the time-scale)



M2: M1+ family history of diabetes, educational level, smoking status, alcohol consumption, total physical activity (METs-h/week) (Q1, Q2, Q3, Q4), BMI, postmenopausal hormone therapy and western pattern score

M3a: M2 + NO₂ pollution (Q1, Q2, Q3, Q4)


M3b: M2 + PM_{2.5} pollution (Q1, Q2, Q3, Q4)

Discussion





  10 dB(A) L_{den} et L_n étaient associés à un taux d'incidence de diabète de type 2 plus élevé


L_{den}

 2 méta-analyses (*Wu et al. 2023, Liu et al. 2023*) et étude de cohorte (*Sørensen et al, 2023*)



L_n

 *Shin et al, 2020*
 *Ohlwein et al, 2019*



 entre exposition au bruit du trafic ferré et DT2 (L_{den} et L_n)

L_{den}

 *Sørensen et al. 2013, Eze et al. 2017, Roswall et al. 2018* + 4 études de cohorte
 *Thacher et al. 2021*



L_n

BROUHAHA est la première étude à considérer L_n seulement



 entre exposition au bruit du trafic aérien et DT2 (L_{den} et L_n)

L_{den}

 *Eriksson et al. 2014 et Eze et al. 2017*
 *Thacher et al. 2021*

L_n

 *Dimakopoulou et al. 2017*

Discussion

Forces

- + La plus grande étude épidémiologique à ce jour en France qui a examiné l'impact à long terme de l'exposition au bruit des transports sur l'incidence du DT2
- + Les différentes sources de bruit (trafic routier, ferroviaire ou aérien) ont été distinguées
- + Facteurs individuels de risque détaillés des participantes
- + L'intégration de l'histoire résidentielle dans le calcul de l'exposition au bruit
- + Cas de DT2 identifiés à partir de la base médico-administrative MGEN



Limites

Manque d'informations sur les caractéristiques individuelles : capacité auditive, temps passé à la maison, emplacement de la chambre, expositions professionnelles et intérieures, habitudes de sommeil et durée du sommeil

Volet B :

- Etude pilote avec des outils connectés pour évaluer l'effet du bruit sur des marqueurs cardio-métaboliques (montres, tensiomètres connectés, capteur de glycémie, dosimètre, application sur les prises alimentaires...)
- Participants volontaires de la génération 2
- Experience sur une semaine

➔ Lancement décembre 2024

Partenaires et financeurs : Merci !

Partenaires

Université G. Eiffel – Bron, France



Acoucité – Lyon, France



Bruitparif – Paris, France



Financeurs

BROUHAHA est financé par la **Fondation de France**

Fondation
de
France

E3N-Génération est soutenue par :

- Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Mutuelle Générale de l'Éducation Nationale, Institut Gustave Roussy, la Ligue contre le Cancer et l'Université Paris Saclay
- Agence nationale de la recherche dans le cadre du Programme d'investissements d'avenir et le ministère français de l'Enseignement supérieur et de la Recherche

Merci aux participants de la cohorte E3N générations

A l'équipe de E3N-Génération et mes collègues rapprochés 😊



Merci



Elodie.faure@gustaveroussy.fr
