

L'usage de capteurs embarqués et de smartphones dans la recherche environnement – santé

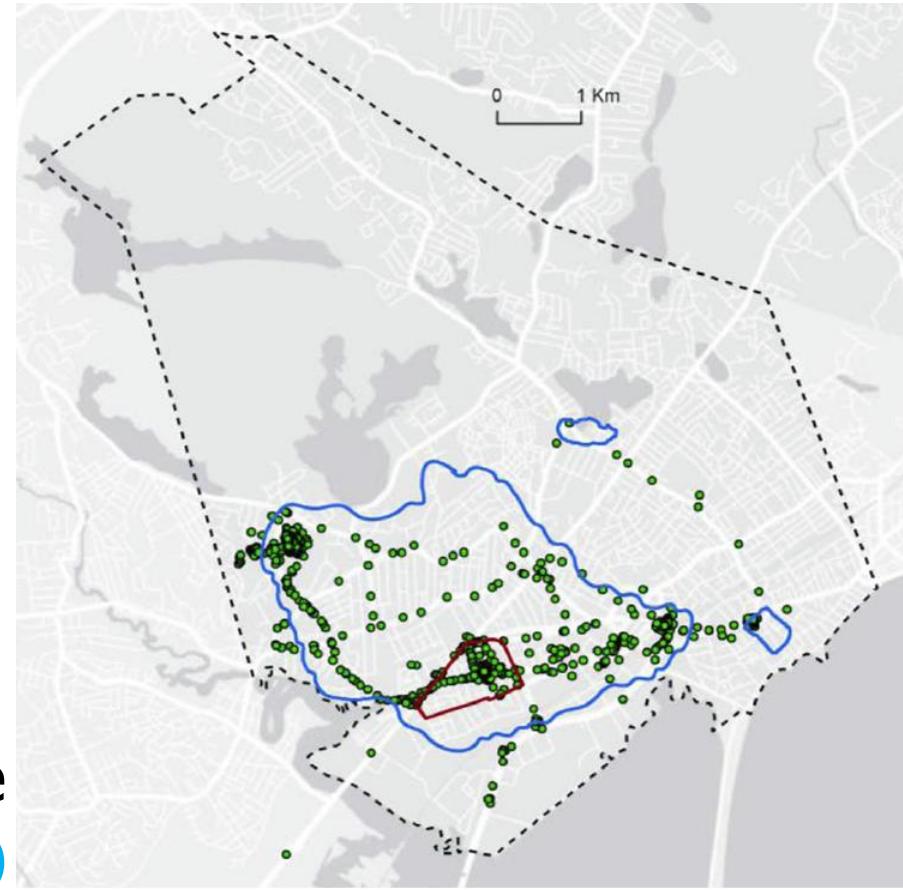
**Colloque « Intelligence Artificielle et santé :
approches interdisciplinaires »**

Basile Chaix
UMR-S 1136
Inserm – Sorbonne Université

Protocoles basés sur les GPS (1)

Détermination du quartier à partir de GPS

- 32 adolescents américains ont porté un GPS et un accéléromètre 2 semaines
- Les points GPS (vert) ont permis de comparer le quartier rapporté par les adolescents (bleu) au quartier administratif (rouge)
- Les sujets passaient plus de temps dans les quartiers rapportés (80%) que dans les quartiers administratifs (58%)
- Ils y pratiquaient plus d'activité physique (14,7 mn contre 9,5 mn) (idem après ajustement sur la taille des quartiers)

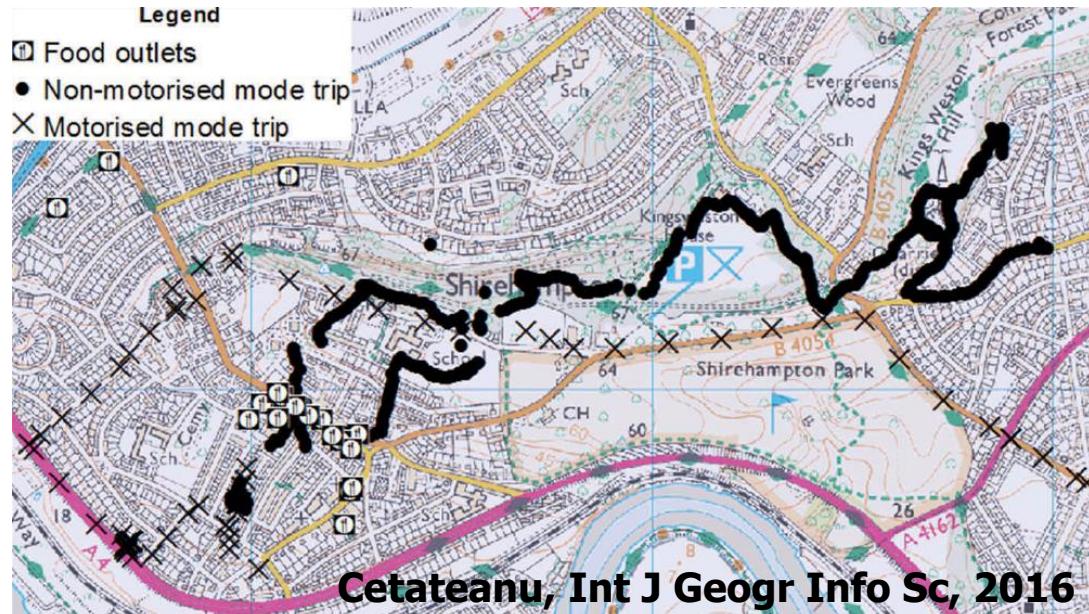


Protocoles basés sur les GPS (2)

Appréhender l'exposition à l'environnement

Durant les déplacements motorisés, les contacts avec l'environnement sont réduits

- Algorithmes non-supervisés pour distinguer les déplacements motorisés et non-motorisés
- Accord de 88% sur le mode dans un échantillon de déplacements classés manuellement
- « L'exposition non-motorisée à l'environnement alimentaire » n'était pas très différente pour ces enfants urbains



Protocoles basés sur les GPS (3)

Recours au GPS pour mesurer le comportement

- 135 enfants de 8-14 ans aux USA; GPS pendant 7 jours.
- Utilisation des données GPS pour mesurer le comportement par croisement avec SIG: **>15 mn dans un parc sur 7 jours**
- Distance au parc le plus proche depuis le domicile
- L'utilisation d'un parc était 4 fois plus importante quand la distance du logement au parc le plus proche diminuait de 100m, après ajustement

Predictor variables	Extended neighborhood park use (0: ≤ 15 minutes park use, 1: > 15 minutes within park)		
	Fully adjusted models		
	Single predictor model ^a	Single predictor model ^b	Multi- predictor model ^b
Park distance ^c (unit=100 m)	2.96 (1.47, 5.95)	4.11 (1.66, 10.18)	4.06 (1.61, 10.24)
Park greenness ^d (comparing 25th to 75th percentile)	1.31 (0.70, 2.46)	1.63 (0.72, 3.68)	2.12 (0.61, 7.31)
Park area ^e	1.00 (0.99, 1.00)	1.00 (0.99, 1.00)	0.99 (0.99, 1.00)
Number of parks ^e	1.36 (0.76, 2.43)	1.41 (0.66, 3.01)	1.18 (0.42, 3.30)

Vers des protocoles multicapteurs (1)



Détection de la posture



Accéléromètre

Comportement



Consommation de cigarettes

Enquête par smartphone



Caméra portable



Localisation



Récepteur GPS

Santé



Activité électrodermique
Température de la peau



Pression artérielle ambulatoire



Pression artérielle au repos



Spirométrie



Impédancemétrie pneumographique



Variabilité du rythme cardiaque



Electro-encéphalogramme

Expositions environnementales



Carbone suie



Particules, gaz



Bruit



Température Luminosité



Radio-fréquences

Tendances d'évolution

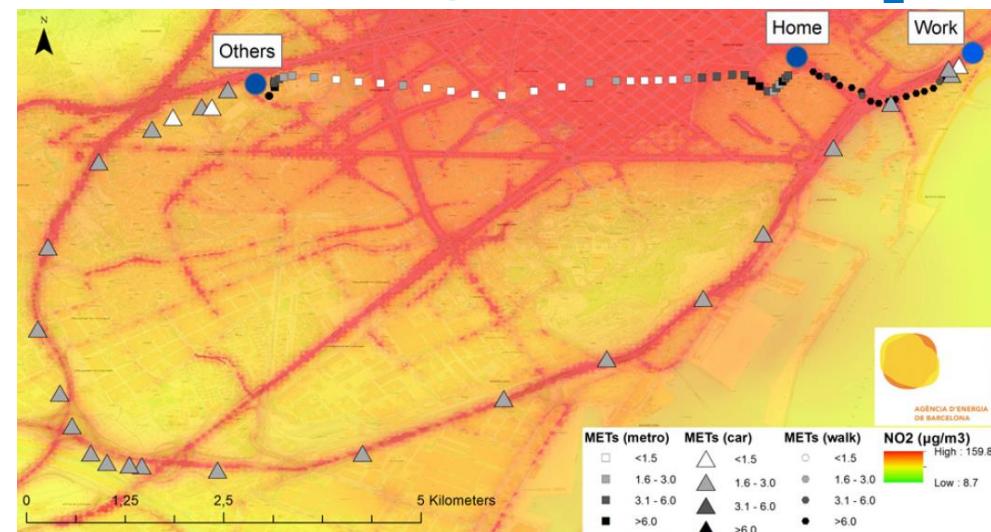
- boîtiers multicapteurs
- miniaturisation
- autonomie :
 - batterie
 - mémoire
- communication serveur

Vers des protocoles multicapteurs (2)

Mesure des expositions avec une combinaison de capteurs

Exposition à la pollution de l'air

- 36 participants à Barcelone avec GPS et accéléromètre
- Estimation des doses inhalées à partir de la localisation GPS et de la dépense énergétique
- L'activité de déplacement correspondait à 6% du temps de vie des participants mais à 11% de leur exposition au NO₂ et à 24% des doses inhalées
- La différence entre l'exposition moyenne au niveau de la trajectoire et celle au lieu de résidence peut aller jusqu'à 50 µg/m³



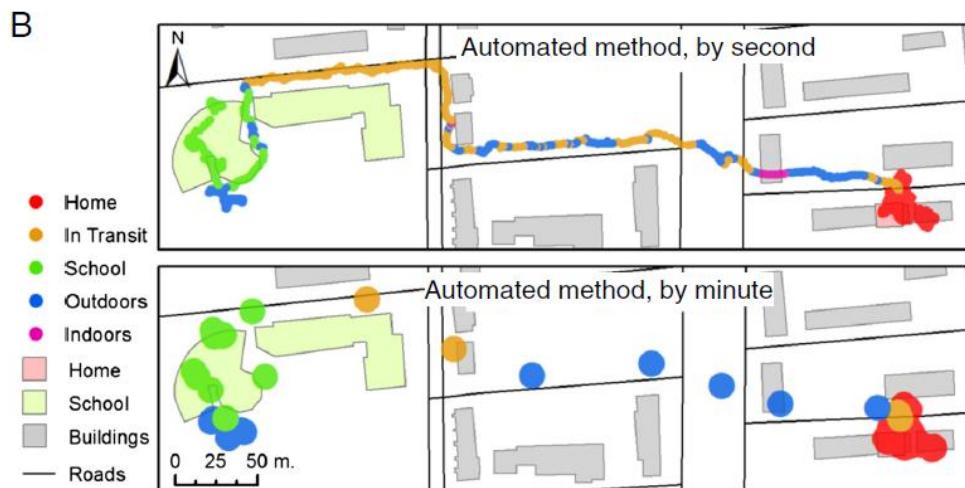
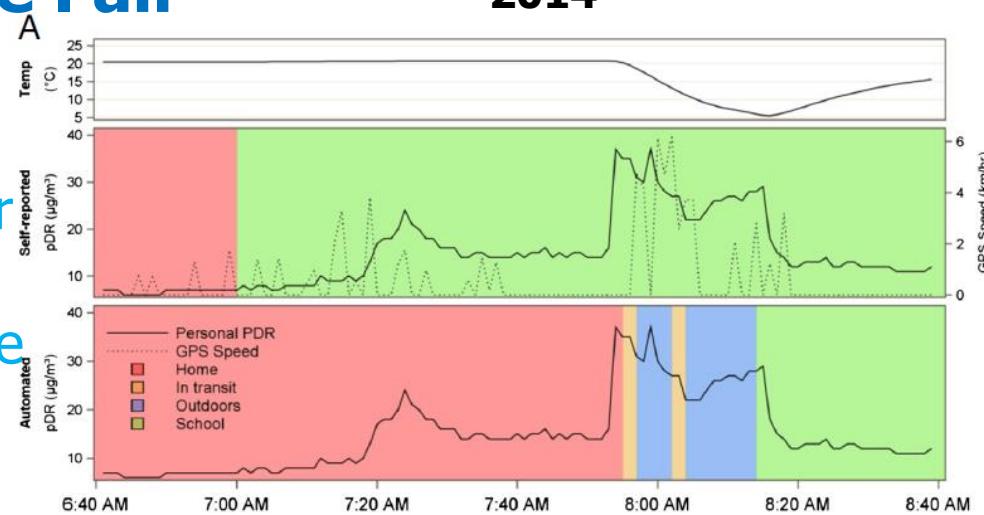
Vers des protocoles multicapteurs (3)

Mesure des expositions avec une combinaison de capteurs

Exposition à la pollution de l'air

- 54 enfants de Montréal
- Activité / localisation :
 - rapportée dans un journal pour chaque période de 30 minutes
 - classée automatiquement grâce aux données GPS et de température personnelle
- Mesure de l'exposition personnelle au PM_{2,5}
- L'exposition au PM_{2,5} pendant les déplacements était de 15,9 µg/m³ avec la classification automatique et de 6,8 µg/m³ avec le journal

Nethery,
Environmental Health
2014



L'importance des algorithmes de prédition (1)

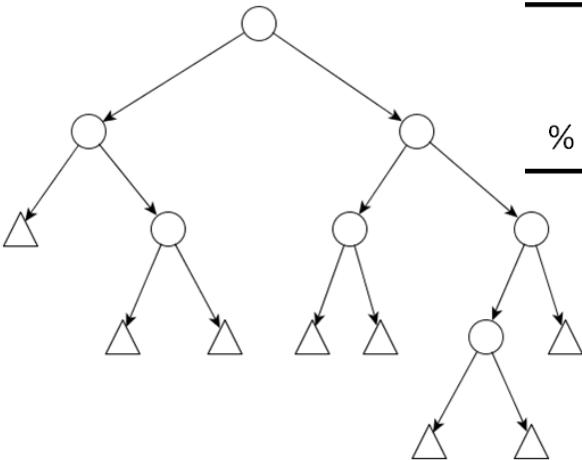
Apprentissage machine pour prédire des dimensions pertinentes à partir des données des capteurs

- Comportement de déplacement (déplacements, lieux visités, modes)
→ accéléromètre, récepteur GPS, rythme cardiaque
- Posture corporelle (assis, couché...) et activités (course, vélo...)
→ combinaisons d'accéléromètres, récepteur GPS, etc.
- Dépense énergétique
→ pédomètre, accéléromètre, baromètre, altimètre, récepteur GPS, gyroscope, magnétomètre, rythme cardiaque, activité électrodermale, température du corps
- Ventilation minute (→ doses inhalées de polluants de l'air)
→ type d'activités, accéléromètre, rythme cardiaque, rythme respiratoire
- Temps passé à l'extérieur
→ récepteur GPS, température extérieure
- Temps de sommeil, qualité du sommeil
→ accéléromètre, rythme cardiaque, activité électrodermale, électro encéphalogramme
- Humeur
→ rythme cardiaque, électro encéphalogramme, rythme respiratoire, activité électrodermale, analyse des paramètres faciaux

L'importance des algorithmes de prédition (2)

Prédition des modes de transport

- 4 catégories (marche, vélo, voiture, transports en commun)
- Basé sur des forêts aléatoires utilisant 170 prédicteurs (GPS, accélérométrie, SIG et variables d'enquête)



	Overall	Walking	Biking	Priv. Motor.	Public
% correct	90.0	95.3	54.0	89.7	82.8



Limite : les points de départ et d'arrivée doivent être connus a priori

Brondeel & Chaix. Med Sci Sports Exerc 2015.

- Nouvel algorithme tout-en-un détectant les déplacements et prédisant les modes : rythme cardiaque en +, fenêtres de 1 min, homogénéisation a posteriori

Taux de succès des prédictions :

91% pour les déplacements et lieux visités

80% pour les modes de transport

L'importance des algorithmes de prédition (3)

Transport et activité physique

RECORD GPS Study

7138 dépl.
229 participants
Accélérométrie
sur 7 jours

Prédiction de
l'activité physique
dans chaque
déplacement

Enquête Globale Transport (EGT)

82084 dépl.
21332
participants

Remplacement
probabiliste des
déplacements

Définition des
scénarios de
changement de
mode dans
l'enquête EGT

Plan de déplacement urbain d'Ile-de-France (2010→2020)

- augmentation de 12% du nombre de dépl. en transports en commun
- augmentation de 2,5% du nombre de dépl. en vélo

Activité physique moyenne liée au transport **19 mn par jour**
+1,9 mn par jour
Plan de déplacement urbain

	Faible instruction (pas de secondaire)	Instruction interm. (second., 2 ans univ.)	Instruction élevée (≥3 ans univ.)
Plan de dépl. urbain	+1,6 min	+1,9 min	+2,2 min

L'importance des algorithmes de prédition (4)

Etude RECORD

MultiCapteurs

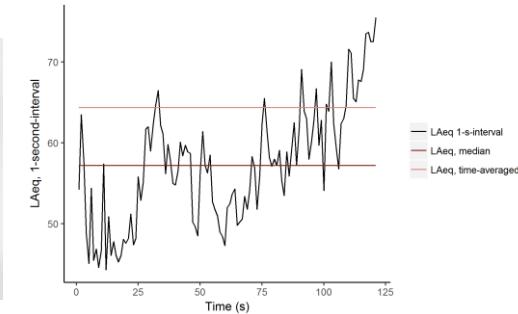
3729 segments
de déplacement
77 participants

Prédition de
l'exposition
personnelle au
bruit dans chaque
segment de dépl.

Enquête Globale

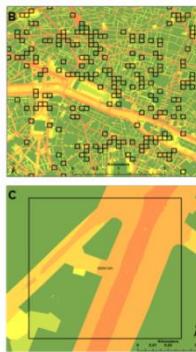
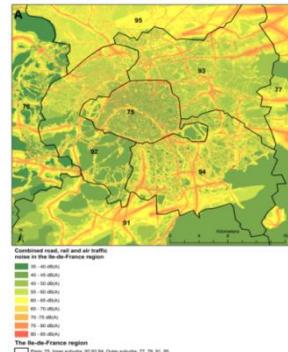
Transport (EGT)

207923 segments
de dépl.
18929 participants



Prédicteurs de l'exposition personnelle au bruit dans un modèle multiniveau

- Mode de transport
- Mois, jour et heure
- Distance parcourue
- % du carré de 100m au début et à la fin du segment avec >75 dB(A)



Prédiction de l'exposition personnelle au bruit avec des forêts aléatoires

R ² apprentissage		R ² test	
Moyenne	Etendue	Moyenne	Etendue
0,81	0,78; 0,85	-0,02	-0,15; 0,10

- Modèle de prédition non appliqué à EGT
→ Nécessité de renforcer notre modèle de prédition

Analyse par segments de vie / momentanée (1)

Approche classique	Approche momentanée par capteurs
Utilisation de données rapportées ou externes	Mesure objective par capteurs des expositions, comportements et états sanitaires
Analyses avec les individus comme unités statistiques	Analyses des segments d'observation des individus comme unités statistiques
Expositions statiques et uniformes liées aux quartiers de résidence	Evaluation des expositions momentanées dans les multiples contextes visités
Variables de santé globales valant pour une période étendue	Désagrégation spatio-temporelle des variables réponse (répétées à haute fréquence)
Analyses grossières du comportement	Comportements contextualisés dans leurs environnements immédiats
Données partiellement / totalement transversales	Analyse des séquences temporelles (ordonnancement des expositions, comportements et états de santé)
Analyse de régression standard biaisée par des facteurs de confusion individuels (préférences, etc.)	Analyses cas-croisé comparant chaque individu à lui-même
Analyse des facteurs individuels et environnementaux	Analyse des facteurs individuels, environnementaux et situationnels

Analyse par segments de vie / momentanée (2)

Exposition au carbone suie et réponse de la pression artérielle

- Etude MobiliSense erc

Exposition



Facteurs de confusion



Variable réponse



- 6772 mesures ambulatoires de tension artérielle, 245 participants

	Press. systolique Modèles mixtes β (IC 95%)	Press. diastolique Modèles mixtes β (IC 95%)	Press. systolique Modèles à effets fixes β (IC 95%)	Press. diastolique Modèles à effets fixes β (IC 95%)
Cinq minutes	0,57 (0,30; 0,83)	0,36 (0,14; 0,58)	0,42 (0,17; 0,67)	0,31 (0,09; 0,53)
Quinze minutes	0,47 (0,17; 0,78)	0,36 (0,12; 0,60)	0,38 (0,09; 0,67)	0,31 (0,07; 0,55)
Trente minutes	0,16 (-0,18; 0,49)	0,23 (-0,02; 0,48)	0,20 (-0,11; 0,51)	0,23 (-0,02; 0,48)
Une heure	-0,02 (-0,41; 0,38)	0,08 (-0,21; 0,37)	0,03 (-0,32; 0,38)	0,12 (-0,15; 0,39)

Modèles ajustés sur le bruit, l'activité physique, la température, l'humidité relative, le % de temps passé à la maison ou dans des transports motorisés, semaine vs. week-end, le niveau de vie du lieu de mesure, et la tendance à court terme

Modèles mixtes en plus ajustés sur la zone de résidence, l'âge, le sexe, le revenu par unité de consommation, le niveau d'instruction, le statut d'emploi, la consommation d'alcool, l'indice de masse corporelle, et le niveau de vie de la zone de résidence

Analyse par segments de vie / momentanée (3)

Cocktail de polluants et réponse de la pression artérielle

- 3319 mesures ambulatoires de pression artérielle pour 221 participants
- Un 6ème capteur :



- Polluants de l'air : NO_2 , NO, CO, O_3 , carbone suie et $\text{PM}_{2.5}$
- Quantile G-computation pour estimer l'effet de la mixture
- Effet correspondant à l'augmentation d'un quartile de la mixture

Bista & Chaix

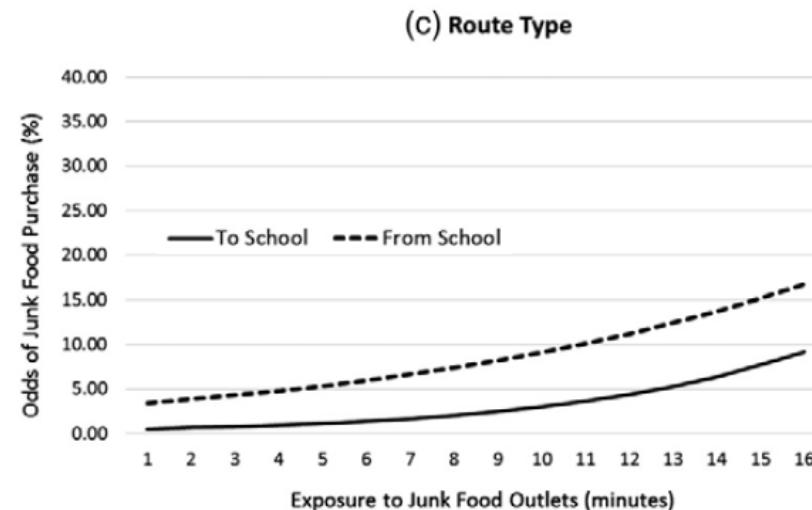
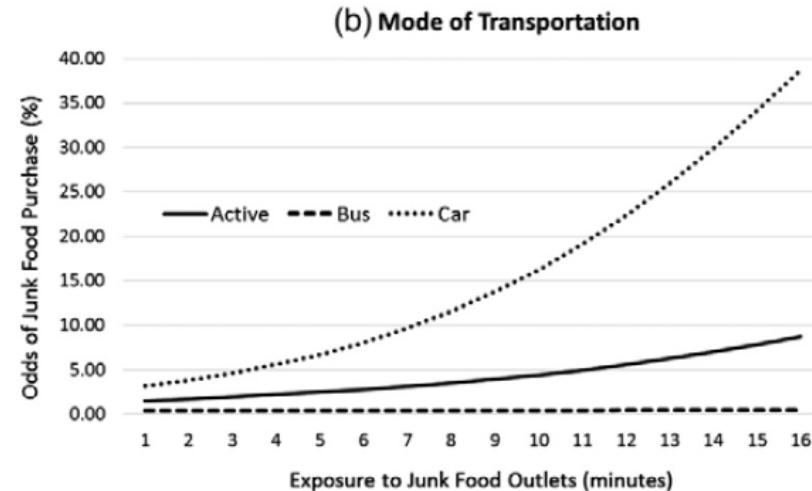
Polluants de l'air	Coeff. β (Systolique)	Mixture ψ (IC 95%) (Systolique)	Coeff. β (Diastolique)	Mixture ψ (95% CI) (Diastolique)
5 minutes				
NO_2	0,25		-0,03	
NO	1,23		0,34	
CO	-0,05	2,13 (0,99; 3,26)	-0,57	0,05 (-0,90; 1,01)
O_3	0,24		0,12	
BC	0,46		0,17	
15 minutes				
NO_2	0,26		-0,14	
NO	1,13		0,38	
CO	-0,08	2,09 (0,95; 3,23)	-0,65	-0,10 (-1,08; 0,89)
O_3	0,35		0,13	
BC	0,42		0,19	
30 minutes				
NO_2	0,21		-0,20	
NO	1,16		0,31	
CO	-0,28	1,76 (0,64; 2,88)	-0,76	-0,22 (-1,20; 0,75)
O_3	0,24		0,18	
BC	0,43		0,25	
1 heure				
NO_2	0,17		-0,29	
NO	1,14		0,46	
CO	-0,44	1,40 (0,31; 2,48)	-0,79	-0,46 (-1,40; 0,49)
O_3	0,23		0,13	
BC	0,30		0,03	

Modèles ajustés sur l'activité physique, la température, l'humidité relative, le % de temps passé à la maison ou dans des transports motorisés, semaine vs. week-end, le niveau de vie des lieux de résidence et de mesure, la zone de résidence, l'âge, le sexe, le revenu, le niveau d'instruction, le statut d'emploi, la consommation d'alcool, l'indice de masse corporelle

Analyse par segments de vie / momentanée (4)

Effets momentanés de l'environnement alimentaire

- 654 enfants de 9-13 ans
- Variable réponse du journal : achats alimentaires sur la route de l'école (allers vs. retours)
- Chemins à partir des données GPS
- Exposition : Minutes passées à 50m d'un établissement junk-food
- Expositions et achats intégrés au niveau déplacement ($n = 4588$)
- Résultat : Augmentation du risque d'acheter de la junk food dans les déplacements avec une durée d'exposition plus longue à des établissements junk-foods



L'évaluation écologique momentanée (1)

Les capteurs passifs ne permettent pas d'appréhender différentes dimensions

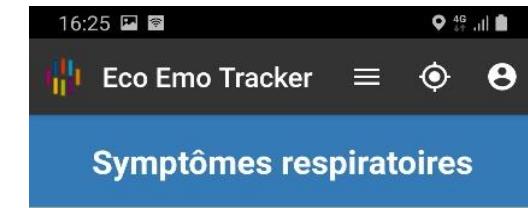
- perceptions de l'environnement, intentions, affects, comportements complexes, etc.

Evaluation écologique momentanée vs. méthodes traditionnelles

- momentanée plutôt que rétrospective
- écologique (in situ) plutôt que hors contexte

Echantillonnage de l'expérience

- pour améliorer la mesure et l'inférence causale
- utilité de sélectionner aléatoirement les moments d'enquête



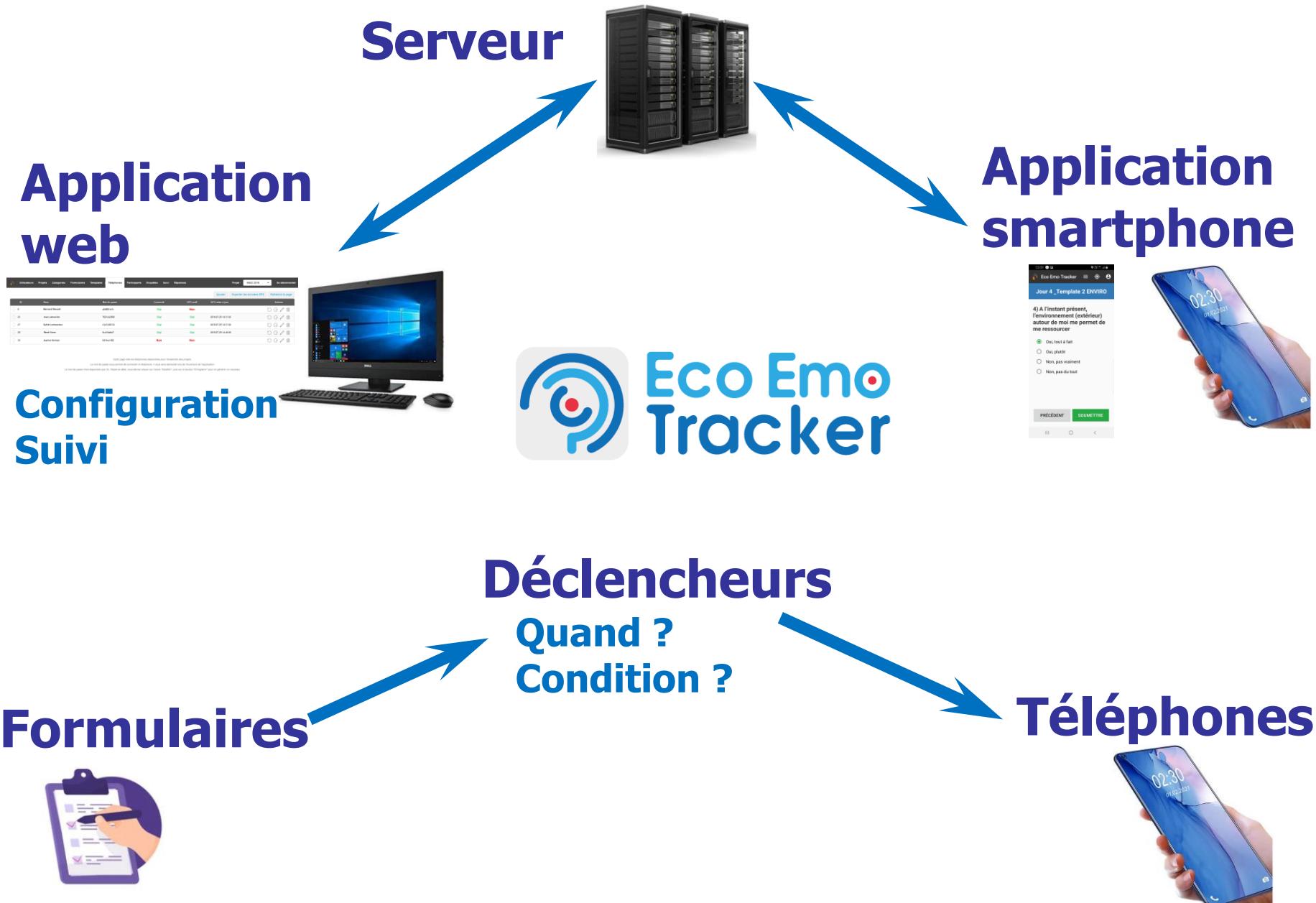
Q5. Au cours des deux dernières heures, avez-vous eu des sifflements dans la poitrine ?

- Pas du tout
- Un peu
- Moyennement
- Beaucoup

PRÉCÉDENT

SUIVANT

L'évaluation écologique momentanée (2)



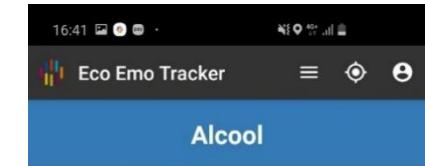
L'évaluation écologique momentanée (3)

Une variété de modalités de réponse

- Check boxes et radio buttons
- Valeur numérique
- Curseur (barre glissante)
- Texte libre
- Heure et/ou date
- Réponse audio
- Photo

Type de champ *

- Boutons radio
- Boutons radio
- Cases à cocher
- Slider
- Heure
- Date
- Date et heure
- Photo
- Son



Une variété de déclencheurs

- Disponible en permanence
- A heure fixe
- A heure aléatoire
- Le participant est à l'intérieur / l'extérieur
- Le participant arrive à / part d'un point ou d'une zone

Collecte passive d'informations

- données GPS
- déplacements et lieux visités (en cours)
- appareils Bluetooth à proximité (en projet)
- activité du smartphone (en projet)

Indiquez la date : 8 JANVIER 2020

SOUMETTRE

L'évaluation écologique momentanée (4)



Démarrage
9 heures
Temps aléatoire
+ 0–2 heures
Analyse sortie de zone
+ 0–4 heures

Formulaire * Healthy Form

Date de démarrage * 0 jours 9 heures 0 minutes

Durée d'affichage du formulaire * 0 jours 2 heures 0 minutes

Conditions de déclenchement

Heure aléatoire

Période 2 heures 0 minutes

Le participant sort d'une zone

Période 4 heures 0 minutes

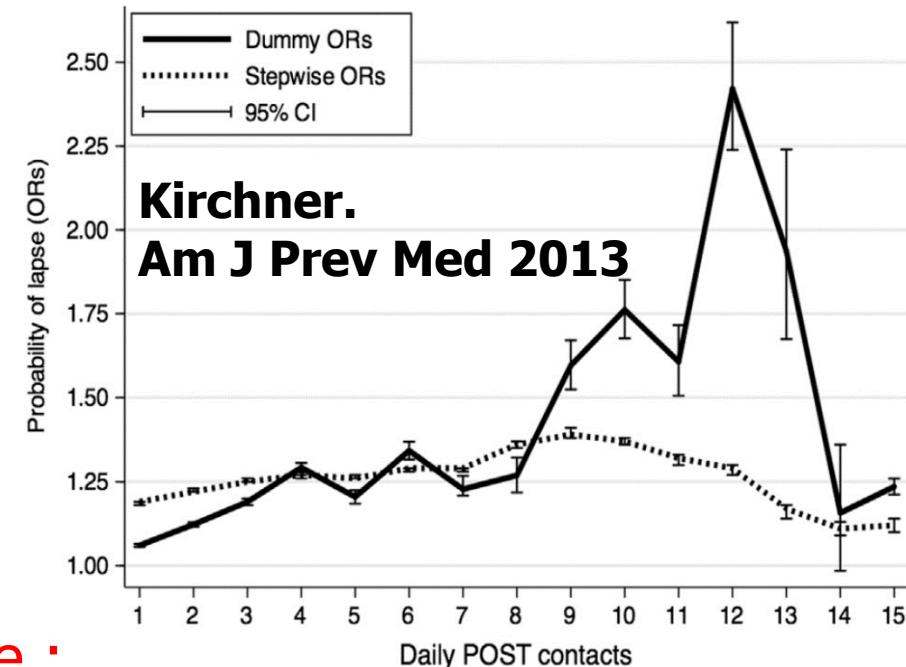
Nom Domicile

A map of a city area showing streets like Boulevard Voltaire, Avenue de la Nation, and Place de la Nation. A blue polygon highlights a residential area with buildings and green spaces. A blue dot marks a specific location within this area.

Eval. écologique momentanée géographique (1)

Bureaux de tabac et consommation de tabac

- 475 participants aux USA cherchant à arrêter de fumer
- Exposition à des bureaux de tabac à 30 m des points GPS (toutes les 15 min sur 1 mois)
- Consommation de tabac via une enquête électronique momentanée
- Le risque de rechuter un jour donné augmentait avec le nombre de contacts avec des bureaux de tabac (OR = 1,07, IC 95% : 1,06 – 1,08)



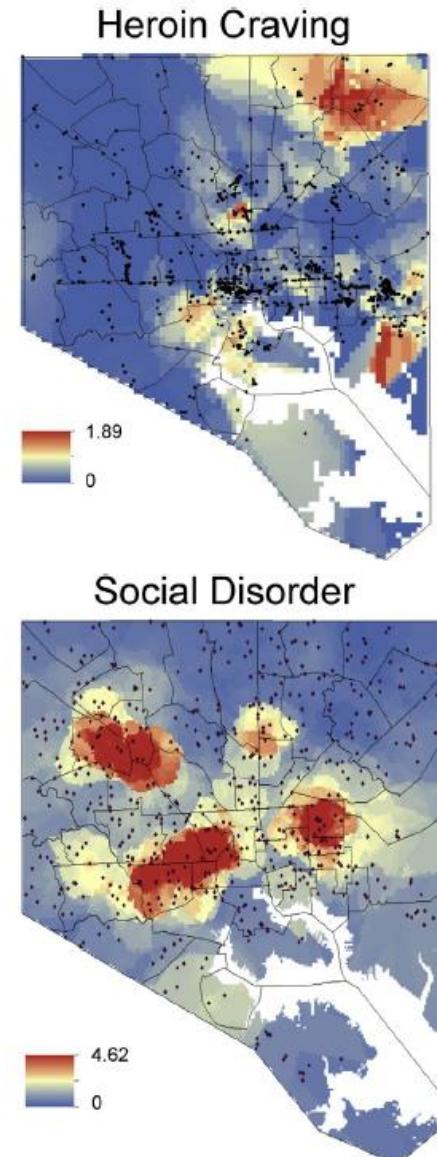
Attention, biais de mobilité sélective :

L'exposition à un tabac peut être une visite pour acheter du tabac.

Eval. écologique momentanée géographique (2)

« Désordre » et consommation de drogue

- 27 utilisateurs d'héroïne suivis pendant 16 semaines
- 3711 questionnaires smartphone sur l'humeur et l'envie de consommer de la drogue
- Mesure du désordre physique et social (audit) au lieu de résidence et au niveau des 12h de traces GPS précédent l'enquête
- Un niveau de « désordre social » élevé dans l'environnement était associé à une envie moindre de consommer de l'héroïne



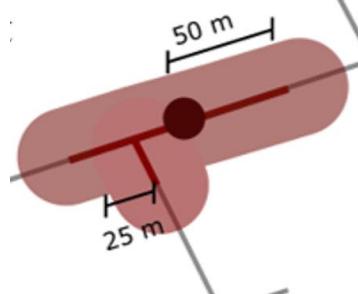
Eval. écologique momentanée géographique (3)

Etudes HANC et MINDMAP : 216 participants > 60 ans

- 4830 questionnaires sur 7 jours (22 / participant), 9689 questions
- Questionnaire de dépression CES-D
- Mesure des expositions environnementales dans les **2 heures avant chaque questionnaire**, à partir de 1 082 047 points GPS
- Distinction entre les points **extérieurs** et **intérieurs**

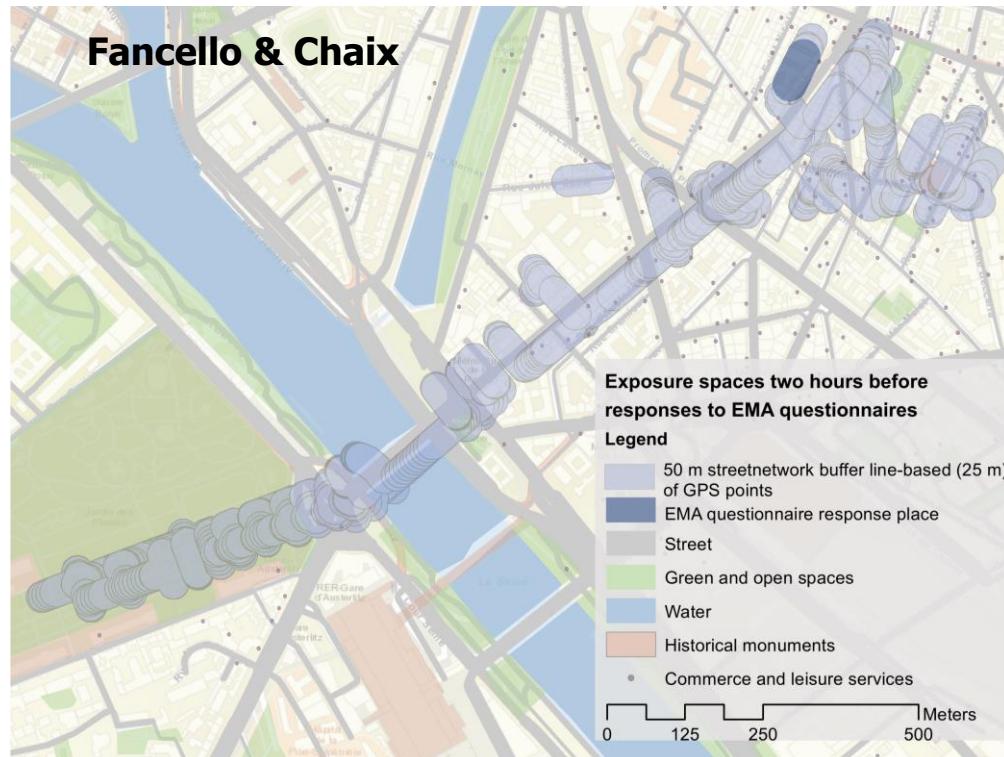
Pour chaque point

- Point GPS projeté sur le réseaux de rues
- Sélection du réseau de rues à 50 m
- Buffer de 25 m
- Classification du point



Un questionnaire et les points GPS des 2 heures précédentes

- Temps (en heures) d'exposition à des facteurs environnementaux spécifiques



→ Mesures d'exposition tenant compte de la durée

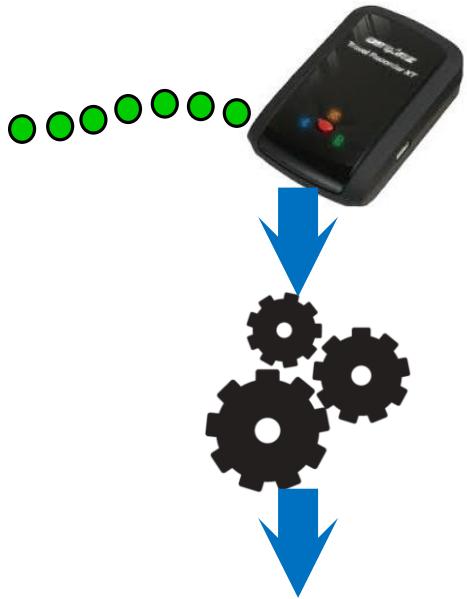
Eval. écologique momentanée géographique (4)

Analyse de 216 participants, 4830 questionnaires, 9689 questions

- Echelle 0–3, un score plus élevé signifie une meilleure santé mentale
- Effets aléatoires aux niveaux jour et individu
- Autocorrélation temporelle prise en compte
- Comparaison avec une analyse à effets fixes
- Unité d'exposition : 1 heure d'exposition

	Comparaison inter-personnes		Comparaison intra-personne	
	Tous les points les 2 dernières heures	Points extérieurs des 2 dernières heures	Tous les points les 2 dernières heures	Points extérieurs des 2 dernières heures
Espaces verts et ouverts				
Présence d'eau	0,19 (0,05 ; 0,34)	0,88 (0,15 ; 1,88)	0,18 (0,01 ; 0,30)	0,91 (0,32 ; 2,24)
Eléments architecturaux				
Services et culture	0,06 (0,00 ; 0,12)	0,19 (0,06 ; 0,32)	0,06 (-0,00 ; 0,11)	0,20 (0,07 ; 0,33)
Ouverture				
Chemins, sentiers		3,24 (0,22 ; 6,90)	0,26 (-0,01 ; 0,52)	3,01 (0,10 ; 6,35)
Pollution sonore		0,03 (0,00 ; 0,07)		
Trafic routier				
Densité de population				
Indice de vieillissement				
Revenus				

Une enquête de mobilité basée sur les GPS



Port du GPS pendant 7 jours

Traitement automatique des données GPS

- Segmentation des traces en trajets unimodaux et lieux visités
- Reconnaissance des lieux visités et des modes de transport

Jour de déplacement : samedi 25 mai 2013

Votre journal de déplacement en ligne

Num	Lieu	Mode de transport	Heure d'arrivée	Heure de départ	Durée (min)	Distance (km)	Véhicule moyen	Supprimer GPS
1	Ménage	Vélo - pousse-pousse	09:00	09:12	12	0,00	9,0	<input checked="" type="checkbox"/>
2		Vélo - pousse-pousse	09:17	09:20	3	1,98	26,7	<input type="checkbox"/>
3	Ménage	Horaire à pied	09:24	09:32	8	0,88	24,4	<input checked="" type="checkbox"/>
4	CONCERNANT AUGUSTIN	Vélo - pousse-pousse	09:34	09:42	8	0,77	16,2	<input checked="" type="checkbox"/>
5	CONCERNANT AUGUSTIN	Vélo - pousse-pousse	10:14	10:47	33	0,29	4,8	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Ménage	Vélo - pousse-pousse	11:27	12:27	59	1,83	11,3	<input checked="" type="checkbox"/>
7		Vélo - pousse-pousse	13:09	13:50	41	0,76	26,7	<input type="checkbox"/>
8		Vélo - pousse-pousse	13:51	14:56	65	1,07	41,6	<input type="checkbox"/>
9	Maison de retraite	Horaire à pied	14:19	15:17	58	0,94	13,4	<input checked="" type="checkbox"/>
10	CONCERNANT AUGUSTIN	Vélo - pousse-pousse	15:40	16:28	48	0,77	12,0	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Ménage	Vélo - pousse-pousse	16:13		29	0,92	9,2	<input checked="" type="checkbox"/>

Carte Google de vos déplacements

Enquête des participants

Activity schedule for p31 (June 12 2014)			
	Start	End	Activity / mode
A1	00:00	07:32	Residence
T1 - 1	07:32	07:38	Walk
T1 - 2	07:38	08:15	Metro
T1 - 3	08:15	08:26	Walk
A2	08:26	12:15	Work
T2	12:15	12:19	Walk
A3	12:19	12:53	Restaurant
T3 - 1	12:53	12:57	Walk
T3 - 2	12:57	13:14	Bus
T3 - 3	13:14	13:16	Walk
A4	13:16	13:29	Clothing store
T4 - 1	13:29	13:32	Walk
T4 - 2	13:32	13:48	Bus
T4 - 3	13:48	13:52	Walk
A5	13:52	18:01	Work
T5 - 1	18:01	18:10	Walk
T5 - 2	18:10	18:50	Metro
T5 - 3	18:50	18:55	Walk
A6	18:55	23:59	Residence

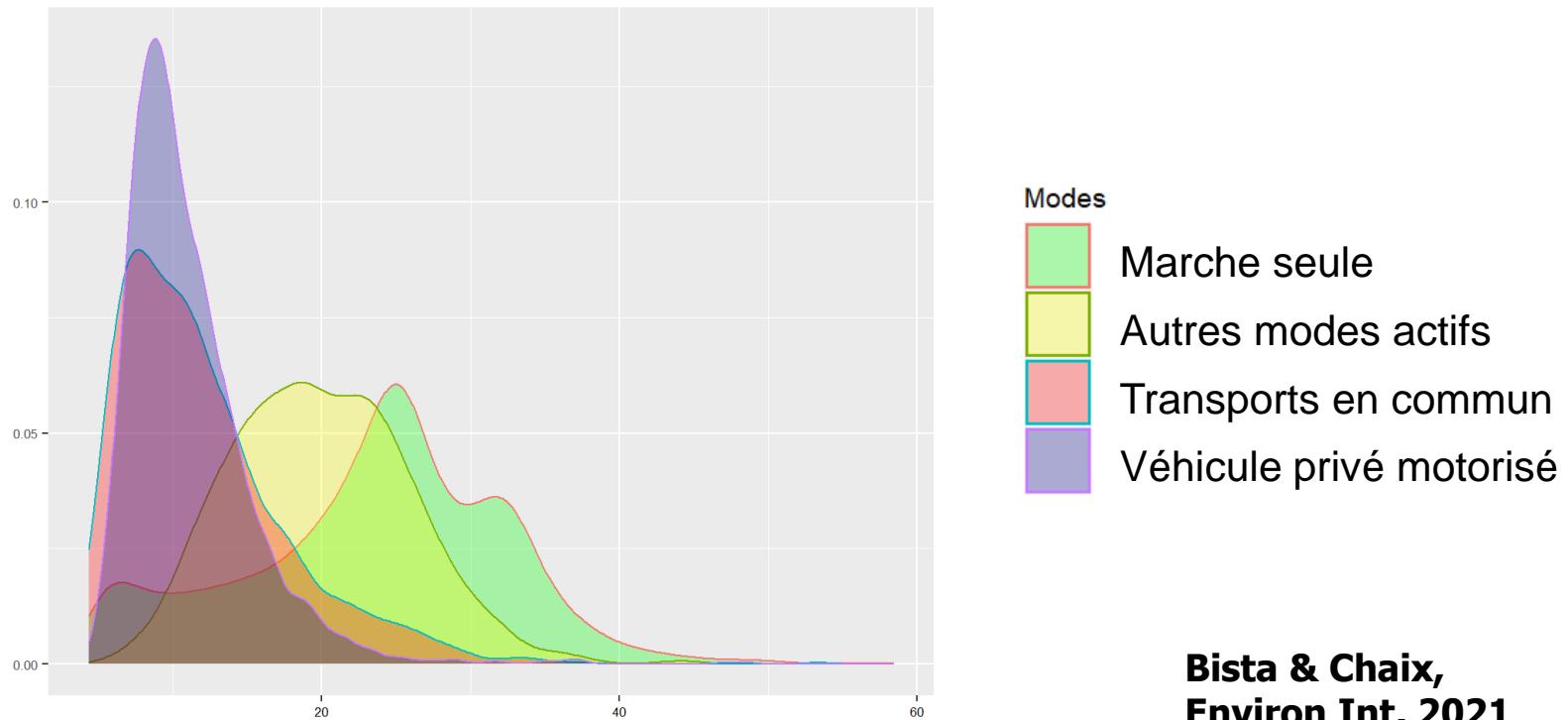
→ Budgets espace-temps permettant de contextualiser les données des autres capteurs

Enquête de mobilité : application (1)

Modes de transport et carbone suie, MobiliSense

- 7495 segments de déplacement (mode unique) de 283 participants
- Carbone suie évalué avec le moniteur portatif AE51
- Inhalation basée sur la ventilation minute prédite de l'accélérométrie
- Modèle multiniveau linéaire avec effet aléatoire au niveau individuel

Densité de la ventilation minute (L/mn) par mode de transport



Enquête de mobilité : application (2)

Modes de transport et carbone suie

	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Inhalation (μg pour 30 min)
Marche	Réf.	Réf.
Autres modes actifs	1.03 (0.68, 1.38) →	0.41 (0.25, 0.57)
Bus / car	1.41 (0.99, 1.83)	-0.33 (-0.53, -0.13)
Métro	3.08 (2.82, 3.34)	0.06 (-0.06, 0.18)
Train de banlieue	1.53 (1.20, 1.86)	-0.63 (-0.79, -0.47)
Tramway	0.01 (-0.74, 0.76)	-0.94 (-1.29, -0.59)
Voiture / moto (conducteur)	2.31 (2.10, 2.52)	-0.20 (-0.30, -0.10)
Voiture / moto (passager)	2.07 (1.73, 2.41)	-0.24 (-0.40, -0.08)

Modèle multiniveau linéaire avec effet aléatoire au niveau individuel

Ajustés sur la saison, le jour de la semaine, l'heure de la journée, et la concentration ambiante de $\text{PM}_{2.5}$ et de NO_2 au niveau de la trace GPS (stations Airparif)



Enquête de mobilité : application (3)

Modes de transport et bruit, MobiliSense

- 7800 segments de déplacement (mode unique) de 282 participants
- Niveau sonore évalué par bandes de fréquence avec le SV 104A
- Distinction entre le niveau sonore global et les niveaux pour les sons de fréquences basses, intermédiaires et élevées
- Modèle linéaire avec effet aléatoire au niveau individuel et autocorrélation temporelle

	LAEqT (global)	Basses fréquences	Hautes fréquences
Marche	Réf.	Réf.	Réf.
Autres modes actifs	3,5 (2,4, 4,6)	5,7 (4,6, 6,9)	3,6 (2,6, 4,6)
Bus / car	2,7 (1,4, 4,0)	8,7 (7,4, 10,0)	2,2 (1,0, 3,4)
Métro	5,5 (4,7, 6,3)	6,0 (5,2, 6,8)	4,1 (3,3, 4,8)
RER/TER/SNCF	4,0 (3,0, 5,1)	5,5 (4,4, 6,6)	1,4 (0,5, 2,4)
Tramway	2,3 (0,4, 4,2)	5,4 (3,4, 7,4)	-1,8 (-3,5, -0,1)
Voiture / moto (conducteur)	2,2 (1,6, 2,8)	9,6 (8,9, 10,2)	-0,6 (-1,2, -0,0)
Voiture / moto (passager)	-0,3 (-1,5, 0,9)	6,4 (5,2, 7,6)	-3,3 (-4,3, -2,2)

Modèles ajustés sur: jour de la semaine, heure de la journée, âge, sexe, être en couple, niveau d'instruction, statut d'emploi, et revenu du ménage

Fréquences basses et élevées : 20Hz-125Hz, 2,5kHz-20kHz

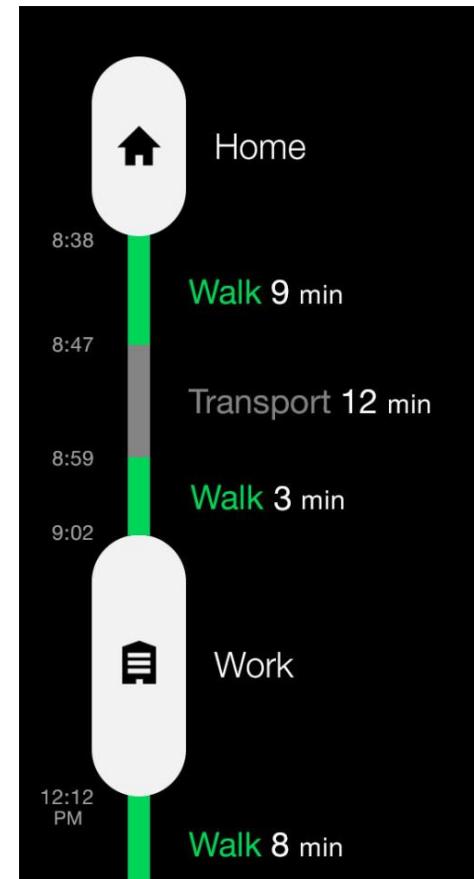
Détection smartphone des itinéraires (1)

Développement en cours d'une fonctionnalité de détection des itinéraires et lieux visités dans Eco Emo tracker

Dans le passé, nous avons utilisé l'application Moves...

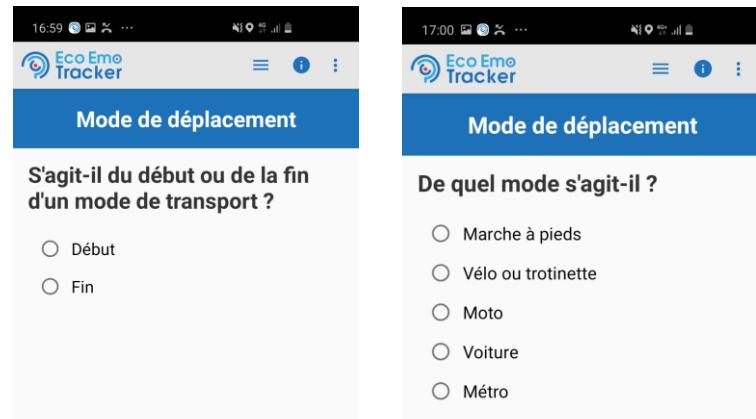
... nous avons développé une application questionnaire smartphone capable d'accéder aux données de Moves

... lorsque Moves a décidé d'interrompre définitivement ses services



Détection smartphone des itinéraires (2)

Constitution d'une base de données de déplacements (GPS, début-fin via une enquête) pour entraîner un algorithme



This screenshot shows the Eco Emo Tracker web application interface. At the top, there is a navigation bar with links for Utilisateurs, Projets, Categories, Formulaires, Templates, Téléphones, Participants, Enquêtes, Suivi, Réponses, Trajets (Trips), and Se déconnecter (Logout). A small French flag icon is also present.

The main area features a map of Paris with a green line representing a travel route. The route starts near the Bastille and ends at the Porte de Bagnolet. Several red dots mark specific points along the route. Below the map is a table showing travel data:

Date	Latitude	Longitude	Speed	Accuracy	Mode
06:03:13	48.8494848606	2.3948825765	1.0212	200	on_foot
06:03:18	48.8495572079	2.3945595895	0.9157	32	stop
06:03:24	48.8495564453	2.3945919524	0	24	on_foot
06:03:29	48.8495504215	2.3946334632	0	16	stop

Below this table is another table showing trip details:

Début	Fin	Points	Mode
06:03:13	06:03:24	48.849484860637,2.3948825764918 48.849557207874,2.3945595894864	on_foot
06:03:24	06:57:02	48.849556445287,2.3945919523681 48.8495504215,2.3946334632047	stop
06:57:02	06:57:17	48.849592210417,2.3945632440687 48.849768941725,2.3943095484551	on_foot
06:57:17	07:04:58	48.849762906296,2.3942916340872 48.84976565025,2.3943670757167	stop

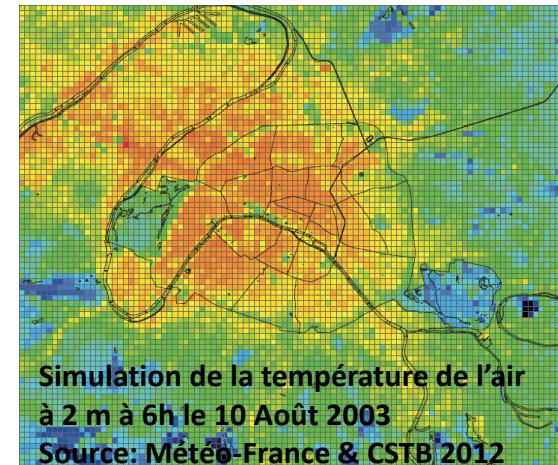
Objectif 1

Examiner comment des prédicteurs liés :

- à l'environnement extérieur
- au bâtiment et au logement de résidence
- aux situations et comportements

... affectent le stress thermique personnel

momentané lors des activités quotidiennes en période chaude



Objectif 2

Etudier les associations de tous ces déterminants et du stress thermique personnel momentané (comme médiateur) avec :

- la pression artérielle
 - la qualité du sommeil
 - l'inconfort thermique rapporté et le bien-être
- 200 participant : 1 éval. en avril-mai et 1 éval. en juin-sept.
 - Mesure au domicile et ambulatoire de l'indicateur universel de confort thermique (UTCI)



Conclusions

Quelques messages clés

- Nouvelle génération d'études environnement - santé :
 - suivi via de multiples capteurs et enquêtes smartphone
 - pré-traitements par algorithmes
 - expositions momentanées et mesures sanitaires répétées à haute fréquence
 - prise en compte de la structure spatio-temporelle des données
- Etude des effets à court terme à vocation mécanistique
- Interaction entre les facteurs individuels, environnementaux et situationnels
- Perspectives interventionnelles :
 - Interventions urbaines et environnementales
 - Interventions destinées à fournir à la bonne personne le bon niveau de soutien au bon moment et au bon endroit (JITAI, interventions écologiques momentanées)