



Apport méthodologique et technique au projet citoyen de mesure sur la qualité de l'air ambassad'air



2018 Master 2 SIGAT

Travail réalisé par la promotion 2017/2018 du Master 2 SIGAT (Université Rennes 2)



ALCALA JIMENEZ Tamara

LE SAINT Théo

BERTHOUMIEUX Simon

MEHINTO Lucas

BOUQUET Mégane

MINARET Thibault

DENAT Lucie

MOREAU Kévin

DJIENSI Narcisse

OLIETE Inès

GRISSAULT Adèle

RUBERTE Thomas

FRIN Benjamin

WOLDEHANA Hervé

Remerciements

Les étudiants remercient la Maison de la Consommation et de l'Environnement pour avoir sollicité le Master SIGAT dans le cadre d'un atelier professionnel. Nous avons apprécié l'opportunité de pouvoir apporter nos savoir-faire et notre regard critique dans un projet intéressant tel qu'Ambassad'Air.

Nous souhaitons remercier tout particulièrement M. Jacques Le Letty, représentant du projet Ambassad'Air, pour son écoute, ses conseils et sa disponibilité tout au long de ce projet. Nous remercions également, l'association Gulliver, ainsi qu'Adrien Roland, assistant Ambassad'Air, en service civique à la MCE.

Un dernier remerciement s'adresse aux membres de l'équipe pédagogique du Master SIGAT pour leurs conseils et pour nous avoir mis dans les meilleures dispositions pour la réalisation de cet atelier.

Sommaire

Introduction	6
Le capteur AirBeam	7
Présentation du capteur	7
Comparatif de l'interface AirCasting	8
Qualité du capteur	9
Qualité spatiale	9
Qualité de la mesure	9
Exploitation des données : de la récolte à la valorisation	10
Capture individuelle et autonome	11
Introduction	11
Des questionnements citoyens multiples...	12
Comment répondre aux attentes diverses?	12
Quelques pré-requis à la production automatisée de rapports individualisés	13
Les cas d'utilisation individuels du capteur	14
Cas d'utilisation 1 : session de capture mobile unique	14
Protocole de collecte	14
Chaîne de traitement	14
Modes de rendu	15
Cas d'utilisation 2 : session de capture fixe unique	17
Chaîne de traitement	17
Modes de rendu	17
Cas d'utilisation 3 : Observation longue mobile, recevoir un résumé de mon exposition au quotidien	19
Cas d'utilisation 4 : Observation longue fixe, recevoir un résumé de mon exposition au quotidien	21
Protocole de collecte	21
Chaîne de traitement	22
Modes de rendu	22
Cas d'utilisation 5 : Recherche de trajet optimal	23
Protocole de collecte	23
Chaîne de traitements	24
Modes de rendu	24
De la collecte individuelle vers la valorisation collective	25
Quelle articulation entre collecte individuelle et projet collaboratif?	25
Proposition de missions de collecte collectives	26
Vers la constitution d'une base de données collaborative riche	27
Pourquoi qualifier la donnée ?	27
Comment faire?	27
Conclusion	28

Capture Collective Fixe Longue	29
Introduction	29
Les divers cadres d'utilisation	30
Participation d'un collectif volontaire	30
Mise en place d'un projet de capture citoyenne fixe de longue durée	30
Cadrage de la mesure	31
La capture linéaire	32
La capture verticale	33
La capture de zone	33
Diagramme Synoptique des traitements des données collectées	35
Valorisation de la donnée capturée	35
Différents modes de visualisation selon les besoins	35
Visualisation d'une capture verticale	36
Un Graphics Interchange Format comme mode de visualisation spatio-temporel	37
Un second rendu spatio-temporel à l'aide de l'outil Carto.com	38
Quelques graphiques complémentaires	39
Conclusion	40
Capture collective fixe et dirigée	41
Introduction	41
Fiches de protocoles	42
Qu'est-ce qui motive le choix du lieu ?	42
Qu'est-ce qui motive le choix des horaires ?	43
Qu'est-ce qui motive le choix de la durée de capture ?	44
Synthèse du protocole	44
Structuration de la donnée	45
Cas d'utilisation et valorisation des résultats	46
Perspectives	49
Conclusion	51
Capture collective mobile semi-dirigée : captopartie	52
Introduction	52
Questionnements et choix opérés	52
Protocoles	53
Différents cas d'utilisation	53
Commun à tous les cas d'usage :	54
Détermination de la zone d'étude et du cas d'usage	54
Préparation des données pour la récolte	54
Quelques pré-requis organisationnels sont communs à tous les cas d'usage :	55
Différenciation des cas d'utilisation	56
Cas 1 : capture collective en lieu fermé	56
Cas 2 : capture collective en réseau	57
Chaîne de traitements :	58

La captopartie en chiffres	61
Carto.com - Cartes Spatio-temporelles	63
Story map - Narration interactive	64
Pistes d'amélioration	64
Conclusion	65
Conclusion générale	67
Annexes	68
Bibliographie	84

Introduction

La qualité de l'air, intérieur comme extérieur, peut être impactée par des polluants naturels ou liés à l'activité humaine. Une mauvaise qualité de l'air peut nuire à la santé des individus. Au regard des objectifs fixés par la réglementation européenne, la qualité de l'air à Rennes est mauvaise. La commune est ciblée par un contentieux européen depuis février 2013.

Le projet Ambassad'Air est un projet ambitieux construit avec le citoyen pour le citoyen. Ce projet est une expérimentation portée depuis 2016 par la Maison de la Consommation et de l'Environnement (MCE). Il vise à sensibiliser les citoyens rennais sur les enjeux de la qualité de l'air. L'initiative associe des citoyens volontaires dans la collecte de données sur la qualité de l'air par le biais de la mesure de particules fines.

La première saison de capture est terminée, les données ont été récoltées de manière libre par les utilisateurs en termes de mode de capture, de durée et de fréquence de participation à la collecte. De toutes ces captures, il en résulte plus de sept millions de mesures géolocalisées.

L'objectif de la valorisation de toutes ces données est un travail essentiel dans ce projet. Elle permet de communiquer des résultats et d'établir un échange avec les citoyens à propos de la qualité de l'air. Par ailleurs la définition de cadres méthodologiques permet de poser des règles similaires pour tous les utilisateurs et de récolter des données de façon homogène et de faciliter le travail de valorisation de la capture par la suite. Afin de mobiliser et d'exploiter au mieux les capteurs Airbeam, actuellement utilisés, quatre usages distincts sont proposés :

- **Capture individuelle et autonome** : proposer une méthodologie afin de simplifier l'analyse et la valorisation de données collectées de façon individuelle.
- **Capture collective fixe longue** : mobilisation d'un groupe de citoyens volontaires sur un espace défini et une durée fixée afin d'observer les variations de niveau de concentration de particules fines dans le temps.
- **Capture collective fixe et dirigée** : comparer et analyser le niveau de concentration de particules fines sur des lieux semblables.
- **Capture collective mobile et dirigée** : proposer une méthodologie pour capturer de la donnée par un groupe de citoyens à une échelle restreinte.

Ces différents cas d'utilisation mobilisent divers protocoles, ont des modalités de collecte distinctes, différentes échelles d'analyse et se destinent à des publics variés. Ils visent à apporter des clés lorsque des volontaires souhaitent s'investir et participer au projet Ambassad'Air.

A partir d'une réflexion sur les usagers et leurs besoins, ce document expose et décrit les différents cadres d'utilisation de capture de qualité de l'air.

Le capteur AirBeam

Présentation du capteur

Dans le cadre du projet Ambassad'Air, le **capteur Airbeam** est mobilisé pour mesurer les particules de pollution PM2.5. Ce capteur Airbeam s'inscrit dans la lignée des nouveaux appareils appelés «enviro-trackers» (« traceurs d'environnement »), (Wired, 2014).

Etant un **capteur mobile**, il est particulièrement adapté à la capture citoyenne. Il fonctionne conjointement avec un *smartphone* via l'application **Aircasting** (Android), installée au préalable. Il mesure d'autres informations comme la température, le bruit et l'humidité.



Capteurs Airbeam et application Aircasting

Comparatif de l'interface AirCasting

	Application android AirCasting	Application android NoiseCapture	Web AirCasting	Web Noise-Planet
Interface	Onglets pour la mesure, les graphes et la carte	Onglets pour la mesure, la description, les résultats, l'historique, la carte, la calibration, l'aide et sur l'information de NoiseCapture	Onglets comme Home, About, Maps, Blog et Donate. Dans l'onglet 'maps' il y a l'option de choisir le type de donnée à visualiser (fixe ou mobile), le paramètre (particules fines, température..), le lieu et l'utilisateur	Onglets comme Accueil, Projet, NoiseCapture, NoiseModelling, Cartes, Données et Contact. Dans l'onglet 'cartes' il y a l'option de visualiser les dernières mesures partagées, celle d'un lieu et les statistiques
Maniabilité	Intuitif et simple à utiliser	Intuitif et simple à utiliser	Information moins ordonnée car il existe moins d'onglets, moins intuitif mais pas difficile à utiliser	Information plus ordonnée dans les onglets, donc plus intuitif et simple à utiliser
Enregistrement de la donnée	Ajout par l'utilisateur du nom du fichier	Ajout par l'utilisateur du nom du fichier et possibilité de décrire la donnée en apportant des images et des tags fixés comme les conditions de la mesure (intérieur et climat) et la source prédominante (voix, trafic, travail...) qui rend la donnée plus complète	-	-
Visualisation de la donnée	Visualisation en direct des mesures, de la cartographie (seuils inclus), des statistiques (moyenne) et des graphes temporels	Visualisation en direct des mesures, de la cartographie (seuils inclus), des statistiques comme la valeur minimum, moyenne, maximum et total et des graphes temporels et statistiques	Visualisation d'un jeu de données à la fois. Visualisation du parcours et des données par carroyage (couleurs selon seuils). Sélection de la zone et du paramètre à visualiser (particules fines, température...). Visualisation des graphes et des valeurs d'une zone concrète	Visualisation de tous les jeux de données. Visualisation des données par carroyage (couleurs selon seuils). Sélection de la zone à visualiser. Visualisation des graphes et des valeurs d'une zone concrète
Téléchargement de la donnée	Possibilité d'envoyer la donnée par email	Possibilité de télécharger et d'envoyer la donnée à travers de plusieurs plateformes	Possibilité de télécharger toutes les données, mais il n'y a pas l'option de sélectionner un seul jeu de donnée à télécharger	Possibilité de télécharger les données par pays
Exemple de visuel				

Qualité du capteur

Qualité spatiale

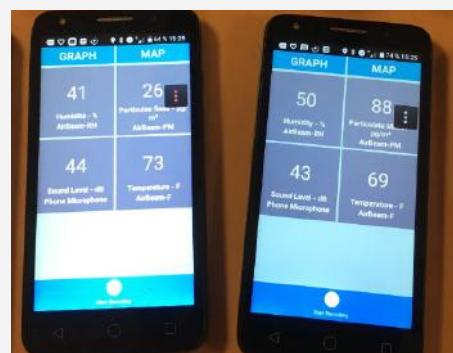
Le capteur mesure des **données géolocalisées** grâce au **GPS du smartphone**.

La **qualité spatiale** des données récoltées dépend de la **qualité du signal GPS**. La précision de la géolocalisation est variable selon l'environnement de la capture. En milieu urbain, la qualité spatiale peut perdre en précision dans les "couloirs" d'immeubles hauts, ou à proximité d'arbres hauts qui gênent la réception du signal GPS.

Le tracé GPS issu des captures peut ainsi présenter des irrégularités spatiales. Dans le cas où ces irrégularités posent problème, il est possible de recourir à certains traitements permettant de lisser les inexactitudes (par exemple des distances tampon).

Qualité de la mesure

Lors d'expérimentations, il a été observer que la qualité de la mesure de la pollution de l'air varie d'un capteur à l'autre comme illustré ci-contre. Ce défaut de mesure induit un biais majeur dans toutes les analyses et cartographies qui ont pu être produites. Actuellement, il n'est pas possible d'avoir une confiance totale en la mesure produite par les capteurs AirBeam.



De plus, il est important de rappeler que le **PM 2.5 reste un indicateur relativement peu pertinent pour mesurer la qualité de l'air** et notamment la pollution de l'air. D'ordinaire, pour la mesure de la pollution, le dioxyde d'azote est utilisé. Il représente le polluant majeur dans l'air, produit par les moteurs à combustions et les centrales thermiques.

Il est donc possible que des particules fines ayant d'autres origines que celles provenant de l'automobile soient mesurées par ce capteur, comme la fumée de tabac et les poussières (chantiers, bouches d'aérations, pelouse tondu, etc.).

Lors des captures réalisées, le capteur avait tendance à s'emballer lorsqu'il se trouvait sur une zone "fumeurs". Certaines mesures semblaient **anormalement élevées** (capture proche d'une zone tondu loin d'un axe routier), en comparaison avec des mesures plutôt basses récoltées en bordure d'une route saturée en plein pic de pollution.

Exploitation des données : de la récolte à la valorisation

Le schéma ci-dessous tente de résumer une possibilité pour **optimiser le stockage et les traitements des données** dans le cadre du projet Ambassad'Air. Deux objectifs sont ici visés : **éviter la répétition de données** (stockage en base de données) et la **possibilité d'enrichir la donnée attributaire** par des valeurs choisies par l'utilisateur, et vérifiées par la MCE.

Il est ici question d'organiser une **méthode de nommage des fichiers** afin d'**automatiser des processus d'agrégation / intégration en base de données**.

Capture individuelle et autonome

Introduction

Ambassad'Air s'inscrit dans un nouveau paradigme où le citoyen, non plus seulement consommateur de technologies et de données, participe dans un cadre collaboratif à la construction de connaissances sur la ville et l'environnement. La mesure individuelle invite chacun à une prise de conscience et à une amélioration des représentations d'un phénomène pourtant invisible. Cette évolution est un enjeu majeur pour faire en parallèle évoluer les comportements et les pratiques (recherche d'un trajet moins pollué, etc.).

L'initiative porte plusieurs objectifs : "- *Développer l'expertise citoyenne à Rennes sur la qualité de l'air – Avoir des habitants force de proposition pour améliorer la qualité de l'air – Contribuer au changement des comportements pour l'ensemble des Rennais – ... en résumé, poser les conditions favorables à l'amélioration la qualité de l'air.*"

Notons l'aspect intégrateur du projet au sein duquel la participation peut prendre des formes variables. Les volontaires peuvent ainsi participer à l'initiative par préoccupation pour leur propre exposition aux particules fines, par curiosité intellectuelle et volonté de développer une expertise sur les technologies ou la thématique de la qualité de l'air, ou encore plus simplement de s'impliquer dans une démarche collective sur une thématique environnementale. **La capture individuelle et autonome** s'adresse donc aux citoyens, technophiles, sportifs, ou tout simplement soucieux de leur exposition quotidienne aux particules fines. Elle doit permettre aux volontaires de répondre aux questions qu'ils se posent, mais également de leur permettre une montée en compétence et une meilleure compréhension du phénomène.

La capture individuelle et autonome pourrait ainsi être un pan particulier du projet Ambassad'Air : entre la mesure pour soi, et pour le collectif.

Plusieurs questions guident donc ce travail:

- Quel est le **profil des contributeurs**? A quels questionnements, et donc **cas d'utilisation** des capteurs peuvent-ils s'intéresser?
- Comment envisager un **retour sur investissement** pour les volontaires?
- Comment valoriser les données produites pour aider le contributeur à **améliorer la compréhension du phénomène**, et à réellement **comprendre sa propre exposition**?
- Comment utiliser le cadre de la collecte individuelle pour produire une **donnée collective / collaborative** ?
- Comment dépasser le contexte de la mesure des PM2.5 pour imaginer un cadre plus global et effectif pour la collecte d'autres indicateurs?

Des questionnements citoyens multiples...

Comment répondre aux attentes diverses?

La capture individuelle et autonome s'adresse à des participants potentiellement très différents sociologiquement, et dont les questionnements peuvent varier au même titre que leurs motivations pour s'impliquer au sein du projet. Pourtant, il est important d'être en mesure de pouvoir les **guider dans leur utilisation du capteur**, mais aussi de leur **proposer un retour sur investissement** ainsi qu'un **résultat adapté à leurs attentes**.

Pour cela, nous pouvons imaginer plusieurs cas d'utilisation du capteur qui pourraient faciliter cette adaptation des résultats aux profils et désirs variés des contributeurs, tout en englobant une grande partie des questionnements possibles.

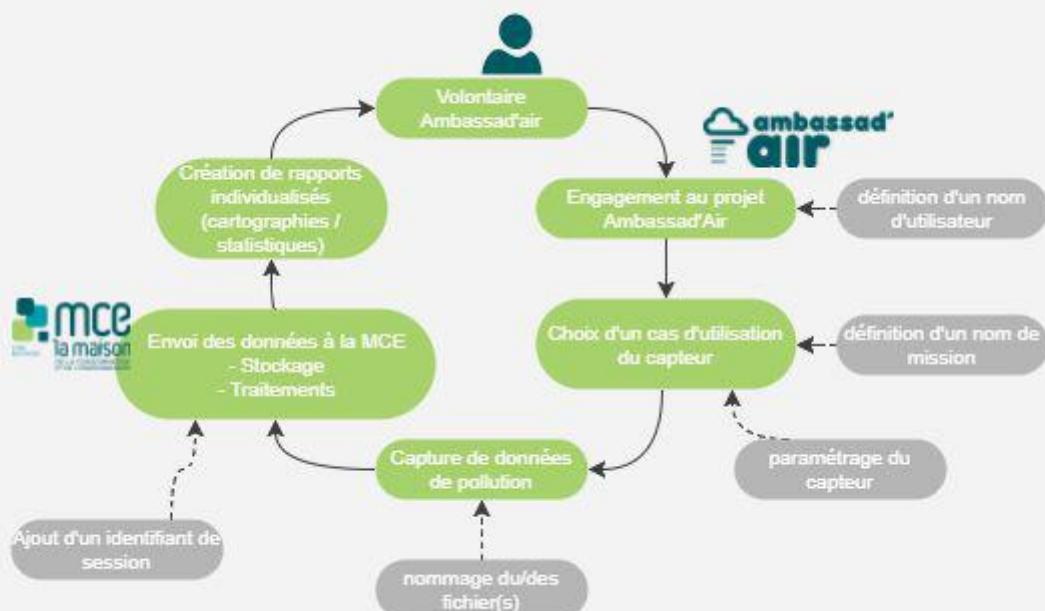
Cas d'utilisation du capteur	Exemple de questionnement citoyen
1 - Capture unique mobile <i>Mobile, outdoor</i>	> Je réalise des premiers essais avec le capteur. > Curiosité ponctuelle sur la pollution d'un trajet...
2- Capture unique fixe <i>Fixe, indoor ou outdoor</i>	> Je réalise des premiers essais avec le capteur. > Curiosité ponctuelle sur la pollution d'un lieu
3 - Observation mobile longue <i>Mobile, outdoor</i>	> Je souhaite connaître mon exposition aux particules fines au quotidien, et avoir conscience des lieux où je suis le plus exposé.
4 - Observation fixe longue <i>Fixe, indoor ou outdoor</i>	> Je souhaite connaître mon exposition aux particules fines au quotidien sur un lieu fixe (domicile, travail...)
5 - Recherche de trajet optimal <i>Mobile, outdoor</i>	> Je souhaite limiter mon exposition aux particules fines sur un trajet quotidien, et donc adapter mes pratiques spatiales en fonction de mon exposition à la pollution de l'air

Tous ces cas d'utilisations correspondent à des utilisations individuelles du capteur. Nous verrons dans une deuxième partie que la participation d'individus au projet Ambassad'Air peut également être motivée par le fait de participer à un projet collaboratif, ce qui amène à imaginer de nouveaux cas d'utilisations adaptés.

Quelques pré-requis à la production automatisée de rapports individualisés

En vue d'une potentielle automatisation de traitements, et étant donné que chaque cas d'utilisation peut faire l'objet de rendus différents, il s'agit de traduire les concepts accompagnant l'engagement d'un volontaire par des variables structurant une base de données; l'objectif étant de pouvoir identifier précisément chaque session de capture, son objectif, et le contributeur à l'origine de la session (**voir schéma “Exploitation des données : de la récolte à la valorisation” p9**)

- Premièrement, on pourrait donc imaginer la création d'**identifiants uniques** correspondant à **chaque volontaire** dès le début de la contribution, afin notamment d'être en mesure de retrouver facilement toutes les données captées par individu.
- De plus, **chaque cas d'utilisation** du capteur peut faire l'objet d'un nombre variable de sessions de capture. Ainsi, chaque cas d'utilisation devrait être associé à un **identifiant de “mission”** : chaque utilisateur pourrait avoir plusieurs missions correspondant chacune à des questions qu'il pourrait se poser.
- Lors du transfert des fichiers à la MCE, un script pourrait enfin permettre de créer un **identifiant unique de “session” de capture**. En effet, deux utilisateurs pourraient choisir deux fois le même identifiant pour des sessions différentes.



Ainsi, grâce à tous ces renseignements donnés notamment par le volontaire dans le nom du fichier, chaque session de capture pourrait être rattachée à un contributeur d'Ambassad'Air, mais également à un cas d'utilisation - ou mission - **et donc à un type de rendu attendu**. Ces informations permettront ensuite à la MCE d'engager des traitements adaptés et automatisés, pour donner un retour sur investissement intéressant au volontaire.

Les cas d'utilisation individuels du capteur

Cas d'utilisation 1 : session de capture mobile unique

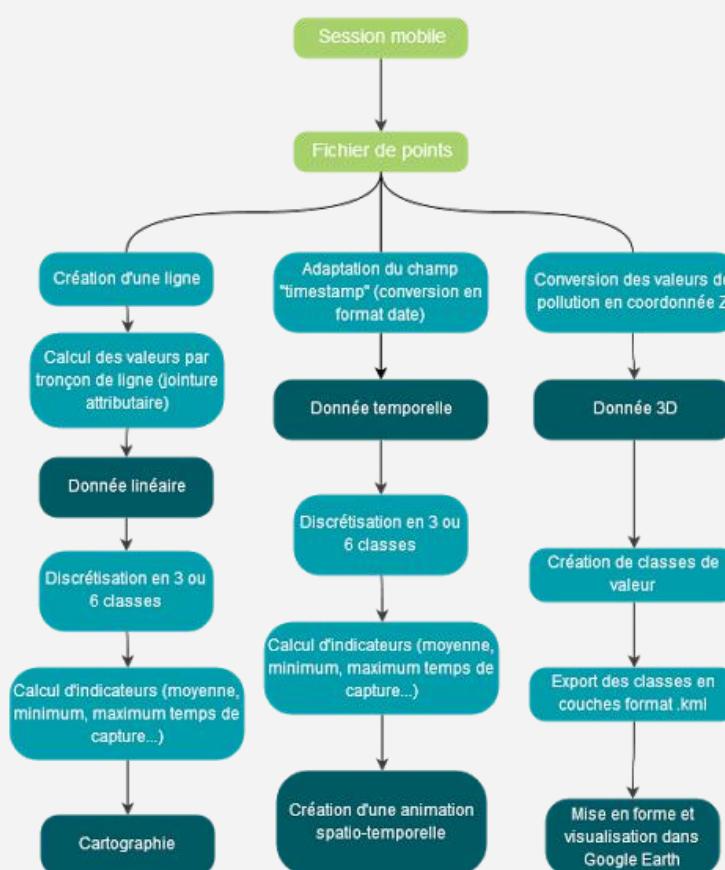
Mobile, outdoor

Ce cas d'utilisation du capteur peut répondre à des motivations multiples de la part du citoyen (premier essai du capteur, curiosité ponctuelle sur un espace / une situation particulière...). Ce cas d'utilisation relève d'une démarche libre et n'est pas effectué dans le cadre d'un protocole de collecte. Il est donc question de valoriser les données issues d'une session de capture individuelle, de façon à ce qu'elle puisse répondre à la curiosité immédiate du citoyen.

Protocole de collecte

Ce type de collecte de données relève d'une démarche libre. Ainsi, aucun protocole ne guide l'utilisateur, excepté le nommage du fichier:

id_volontaire#capture_unique#mobile_outdoor_velo_travail_#05012018.csv



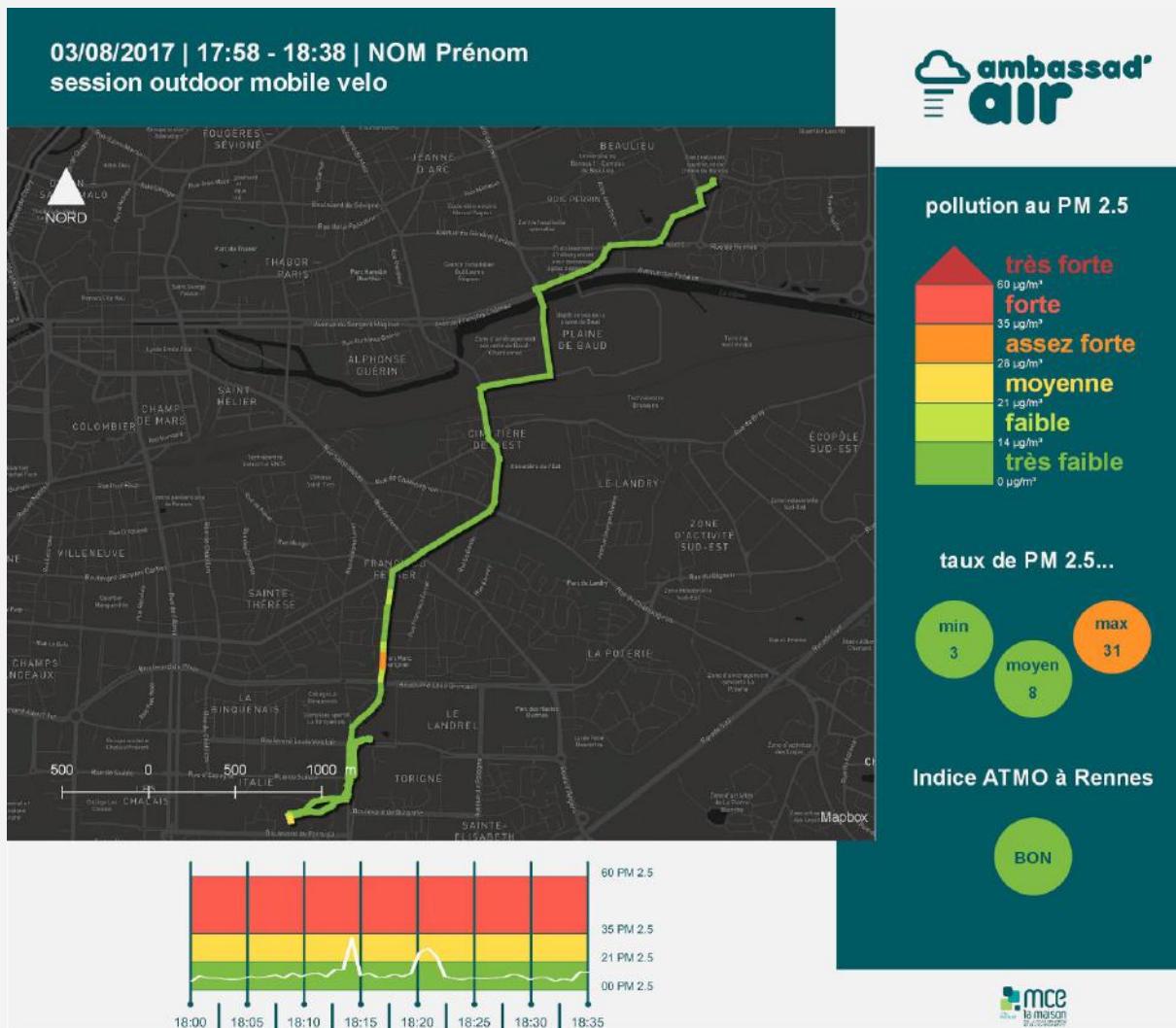
Chaîne de traitement

Cette chaîne de traitement présente les différents choix pouvant être réalisés à partir d'une session de capture mobile.

Il est ainsi possible de transformer les données ponctuelles en données linéaires, temporelle, ou 3D. Ces transformations entraînent la possibilité de créer des visualisations variées.

Modes de rendu

- Visualisation linéaire



Pour une session de capture mobile, la conversion des données GPS ponctuelles en données linéaires permet de rendre la visualisation plus attractive, et nécessite de réaliser une interpolation des données. La carte peut ainsi être complétée par une seconde visualisation graphique représentant l'évolution du taux de polluant en fonction de l'heure. Des indicateurs minimum, maximum, et moyenne complètent le panel d'informations pour fournir un rapport pouvant s'adapter aux différents profils, connaissances et attentes de contributeurs.

Enfin, il peut être intéressant de rajouter un indicateur institutionnel renvoyant à une mesure officielle de la qualité de l'air (ici indice ATMO), qui peut donner une vision plus globale pour relativiser les résultats obtenus.

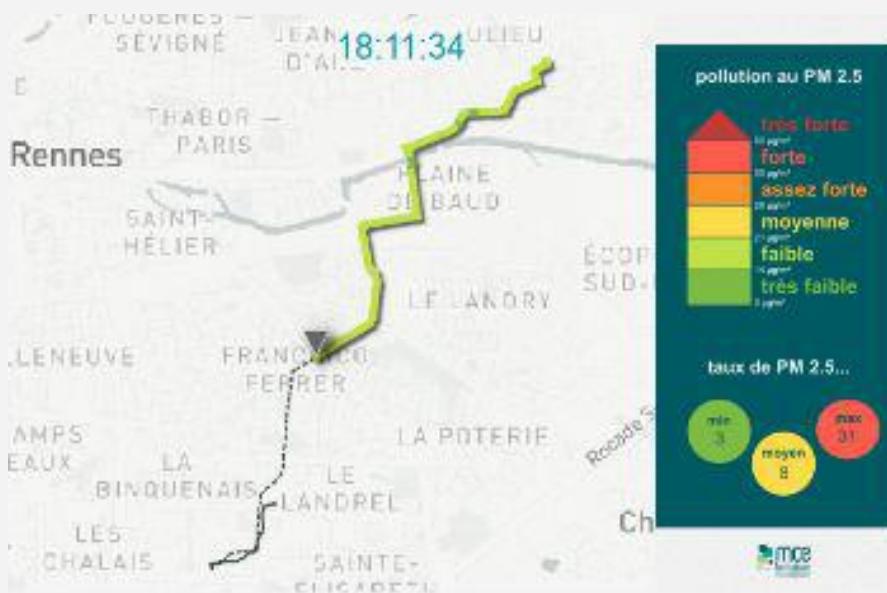
- Conversion des données en 3d

Les données issues des capteurs sont une succession de points GPS “valués”. Ainsi, la valeur s’ajoutant aux coordonnées X et Y (ici, les PM2.5) peut être envisagée comme une troisième dimension dans l'espace, et donc comme une coordonnée Z d'altitude.



- Visualisation spatio-temporelle

Les visualisations spatio-temporelles permettent d'ajouter une dimension temporelle à la carte statique, et ainsi donner l'impression de “revivre” le parcours effectué.



Perspective

Lors du trajet effectué dans le cadre de ce cas d'utilisation peuvent avoir lieu différents événements contextuels remarqués par le citoyen et pouvant influencer ou non des variations de concentration de PM2.5 (présence d'un bouchon, passage à côté d'un barbecue, ou de fumeurs etc.).

Cas d'utilisation 2 : session de capture fixe unique

Fixe indoor / outdoor

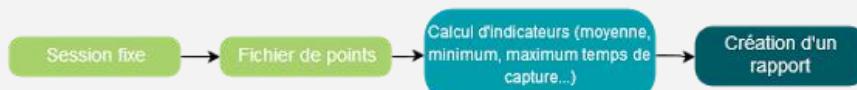
La session de capture unique fixe peut être utilisée afin de mettre en évidence une évolution de taux de polluant sur un lieu fixe. Elle peut répondre à des questionnements multiples (premier essai du capteur, curiosité sur l'évolution de PM2.5 dans une pièce, ...). Ce cas d'utilisation relève d'une démarche libre et n'est pas effectué dans le cadre d'un protocole de collecte. Il est donc question de valoriser les données issues d'une session de capture individuelle, de façon à ce qu'elle puisse répondre à la curiosité du citoyen.

Protocole de collecte

Ce type de collecte de données relève également d'une démarche libre. Ainsi, aucun protocole ne guide l'utilisateur, excepté le nommage du fichier (voir schéma p9 pour plus de compléments sur le nommage du fichier):

id_volontaire#capture_unique#fixe_indoor#05012018.csv

Chaîne de traitement



Modes de rendu

Le rendu associé à la capture fixe diffère sensiblement du rendu de capture mobile. Ici, l'objet principal est un graphique, complété par des moyennes par tranches horaires. Des indicateurs minimum, maximum, moyenne et la durée de capture viennent aussi compléter le rapport.

Comme précédemment (cas d'utilisation 1), l'avantage de ce type de représentation est de permettre de s'adapter à un public varié.

Perspectives

Des événements sensibles peuvent impacter le taux de PM2.5; afin de réellement se rendre compte de ses influences, ce type de rapport serait également un support intéressant pour rajouter des informations ponctuelles qui ont pu être observées lors de la session de capture.



session fixe indoor

participant : SIGAT 2018

lieu : RENNES 2, Bat. A, 007, Place du Recteur Henri Le Moal

date : 08/11/2017



temps de capture total : 07h03m02s

max. 46.10 PM 2.5 moyenne de PM 2.5 au cours de la capture
min. 8.04 PM 2.5 26.97 PM 2.5



moyenne de PM 2.5 / heure

15.58	26.44	33.45	26.50	32.29	29.21	25.33
PM 2.5						
10:28 à 11:28	11:28 à 12:28	12:28 à 13:28	13:28 à 14:28	14:28 à 15:28	15:28 à 16:28	16:28 à 17:28

Cas d'utilisation 3 : Observation longue mobile, recevoir un résumé de mon exposition au quotidien

Mobile, indoor / outdoor

Ce cas d'utilisation du capteur répond à l'intérêt de la part du citoyen de mieux connaître et comprendre son exposition quotidienne à la pollution de l'air. Il recevra donc à la fin un rapport lui permettant de mieux comprendre et connaître les lieux / trajets / situations au cours desquelles il est le plus exposé.

Protocole de collecte

Le participant prend la mesure sur plusieurs jours et trajets. Ainsi, il peut être complexe d'interpréter a posteriori les différents résultats qui peuvent être influencés par des contextes variables. Il est par conséquent important de bien notifier dans le titre du fichier des éléments rappelant le contexte grâce à l'espace réservé aux tags. Ces tags pourront être ensuite réutilisés lors du rendu pour recontextualiser la session de capture.

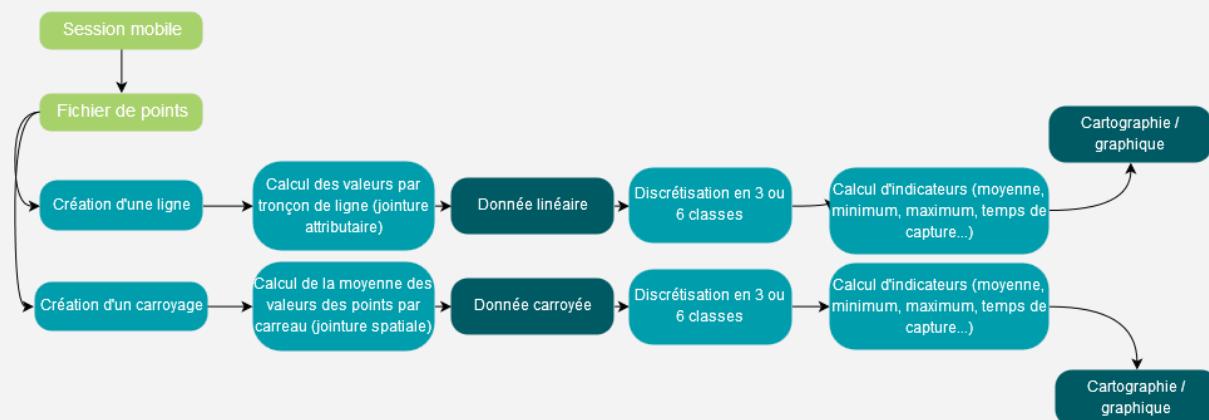
Exemple de nommage de fichier :

`id_volontaire#observation_longue#mobile_outdoor_pied_#05012018.csv`

Perspective

Lors du nommage de fichier, il est intéressant d'ajouter des tags qui décrivent la session de capture afin de réaliser des analyses thématiques. Par exemple évaluer la qualité de l'air des sessions selon l'environnement (outdoor ou indoor), le mode de déplacement (à pied, à vélo...), de l'activité réalisée pendant la capture de la donnée (lors du trajet au travail, pendant la réalisation de sport...)...

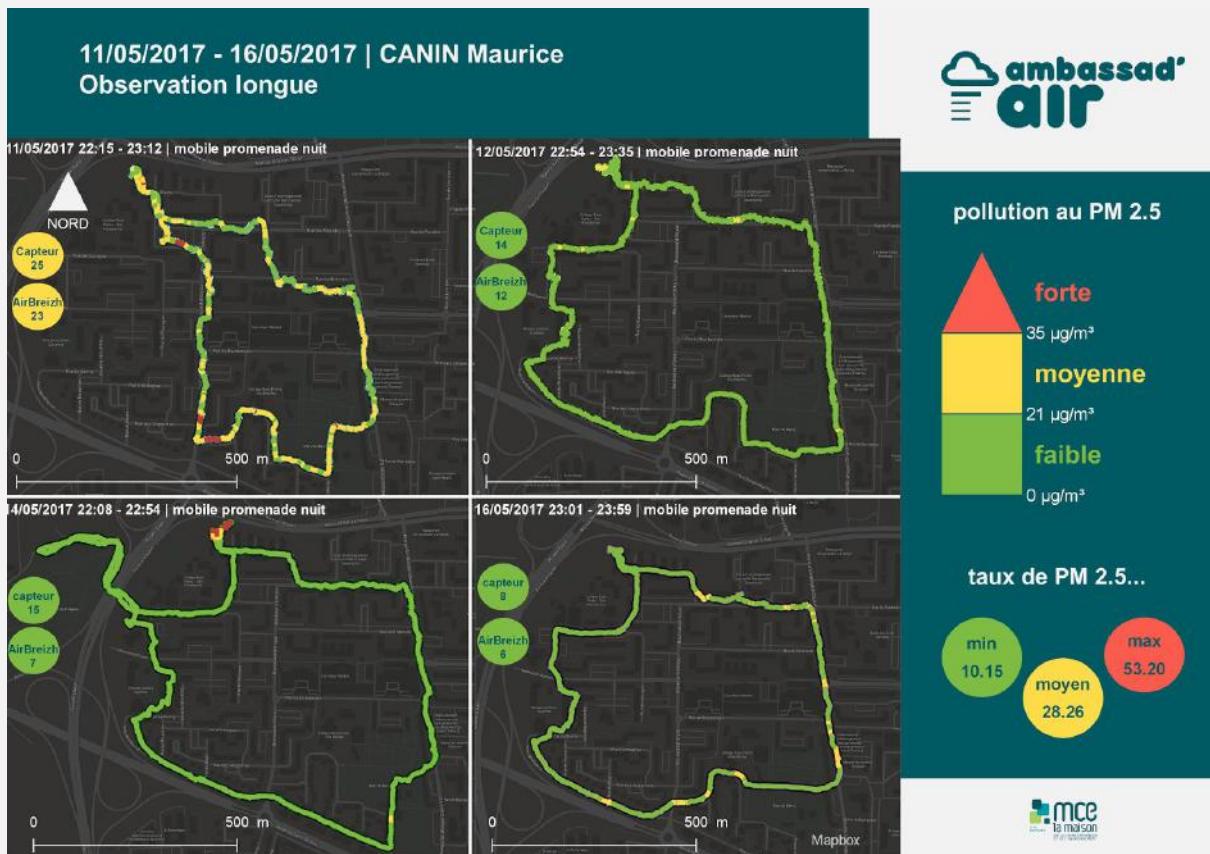
Chaîne de traitement



Modes de rendu

- **Visualisation linéaire**

La visualisation linéaire permet de représenter l'itinéraire suivi par l'utilisateur lors de la capture, ainsi qu'observer la qualité de l'air du trajet. Les tags issus de la session de capture peuvent être repris dans le titre des sessions pour qualifier la session de capture.



- **Visualisation par carroyage**

Cependant, le linéaire peut avoir des limites dans des situations où le volontaire effectue des arrêts lors de son trajet. La visualisation par carroyage recoupe les valeurs des données contenues dans le carreau, et tout comme la linéaire, elle permet de suivre le trajet réalisé ainsi que son exposition aux particules fines. Par contre, la donnée nécessite d'être transformée pour obtenir une valeur par carroyage, étant la moyenne des valeurs par carreau.

Ce mode de visualisation trouve donc notamment son avantage sur des trajets avec arrêts plus ou moins longs, car il gomme l'effet brouillon qui peut être lié au mode de visualisation linéaire en créant des moyennes par carreau.



Sur cet exemple, l'effet de hachures permet de pallier à l'effet d'extrapolation lié au carroyage. Chaque carreau se voit en effet attribuer un nombre variable de point. Lorsqu'un certain seuil (ici 20 points par carreau) n'est pas atteint, le carreau n'apparaît pas avec un remplissage plein, mais avec des hachures.

Perspective

Grâce au principe de tags, il est de plus possible de réaliser des rapports qui montreraient des moyennes d'exposition par activité, ou encore par type de lieux fréquentés. Ainsi, il serait possible de donner du sens à une multitude de sessions de capture réalisées dans des contextes différents (indoor, outdoor, promenade, ...) **en agrégeant les données par tags renseignés dans le titre.**

Cas d'utilisation 4 : Observation longue fixe, recevoir un résumé de mon exposition au quotidien

fixe outdoor indoor

Ce cas d'utilisation permet au citoyen de connaître son exposition à la pollution sur un lieu fixe (intérieur ou extérieur), sur des périodes longues de plusieurs jours. Le participant recevrait ainsi un rapport lui permettant de comprendre les moments durant lesquels il serait le plus exposé, et ainsi adopter des stratégies pour diminuer les risques sur sa santé.

Protocole de collecte

Il s'agit donc pour le participant de prendre de la mesure sur plusieurs jours et au même endroit. Dans ce cas là, un protocole doit être appliqué afin de cadrer l'intégrité de la donnée récolté :

Exemple de nommage du fichier :

id002#observation_longue#fixe_indoor_domicile#11032017.csv

Chaîne de traitement



Modes de rendu

Le mode de rendu de ce cas d'utilisation se rapproche du mode de rendu de la session de capture fixe unique.



rappor fixe indoor

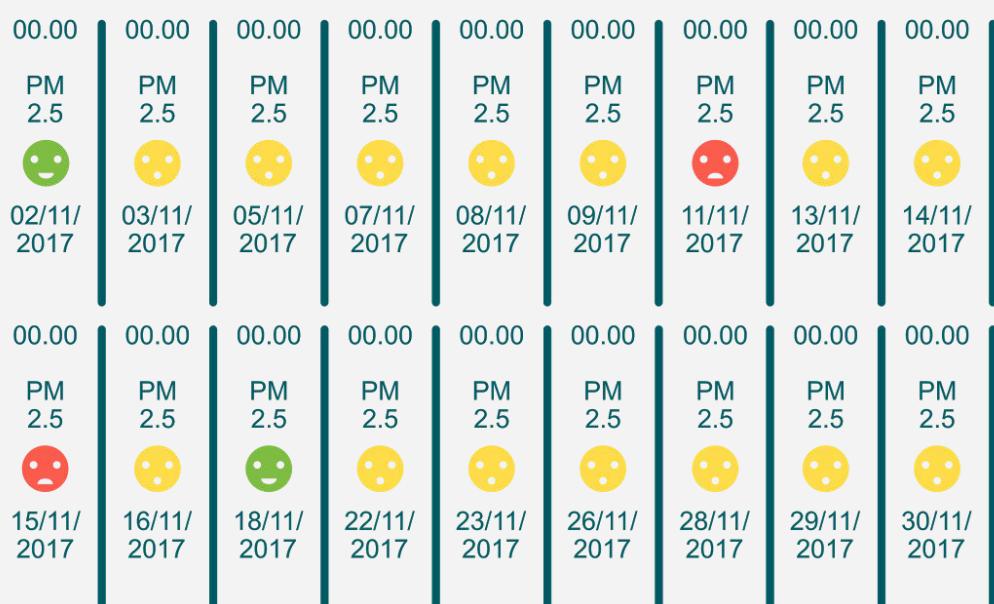
participant : SIGAT 2018

lieu : RENNES 2, Bat. A, 007, Place du Recteur Henri Le Moal

date : 02/12/2017

temps de capture total : **126h33m12s**

moyenne de PM 2.5 / session



Cas d'utilisation 5 : Recherche de trajet optimal

mobile outdoor

Ici, le cas d'utilisation du capteur est organisé et répond à une volonté exprimée par le participant de connaître la pollution de l'air entre un point a et un point b, sur un trajet régulier (ex. domicile-travail). En prenant la mesure tout en variant les chemins empruntés, il apportera des données qui permettront par la suite de lui proposer le meilleur trajet, c'est-à-dire l'itinéraire le moins pollué en fonction des captures qu'il aura effectuées.

Protocole de collecte

Pour que les données soient exploitables il faut respecter certains critères :

- en amont de la collecte, le citoyen devra premièrement définir un lieu d'arrivée et un lieu de départ qu'il devra garder pour chaque collecte ;
- prendre la mesure aux mêmes horaires (par exemple de 8h à 9h) - la comparaison de la pollution de lieux à des dates différentes étant un exercice déjà assez approximatif, il nous paraît nécessaire de garder une horaire fixe afin de conserver les mêmes configurations (ex. trafic) entre les différents jours ;
- il y a deux étapes de capture :
 - premièrement, le participant devra changer son itinéraire (par exemple prévoir 5 captures, chacune prenant une ou plusieurs rues n'ayant pas été prises lors d'une précédente session) ;
 - Toujours en prenant notre exemple, ces 5 captures devront être répétées, dans la mesure du possible, une seconde fois, cela permettant d'éviter ou du moins d'amoindrir par la suite des mesures qui se pourraient être exceptionnelles la première fois.
- il est conseillé d'éviter de capturer les jours de mauvais temps (afin d'éviter un phénomène de lessivage).

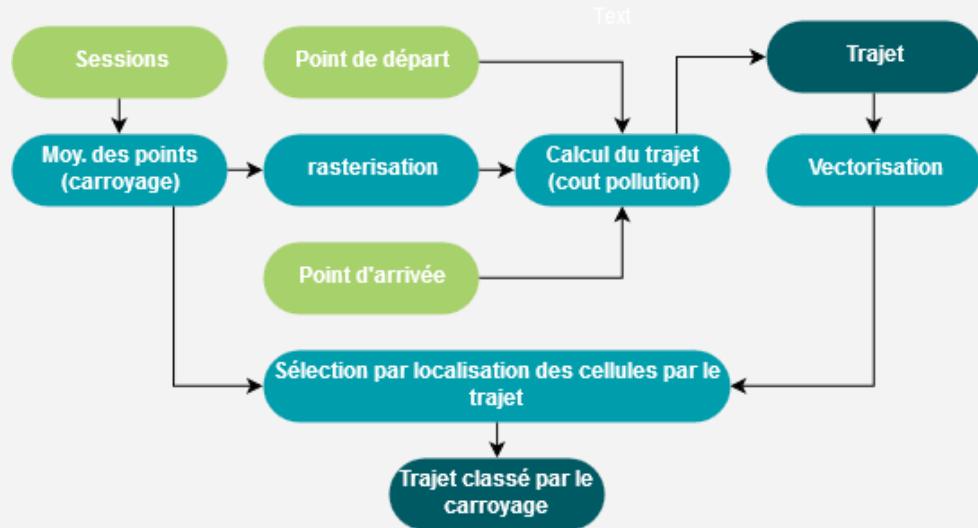
Exemple de nommage du fichier :

id002#trajet_optimal#mobile_outdoor_vélo_#11032017.csv

Perspectives

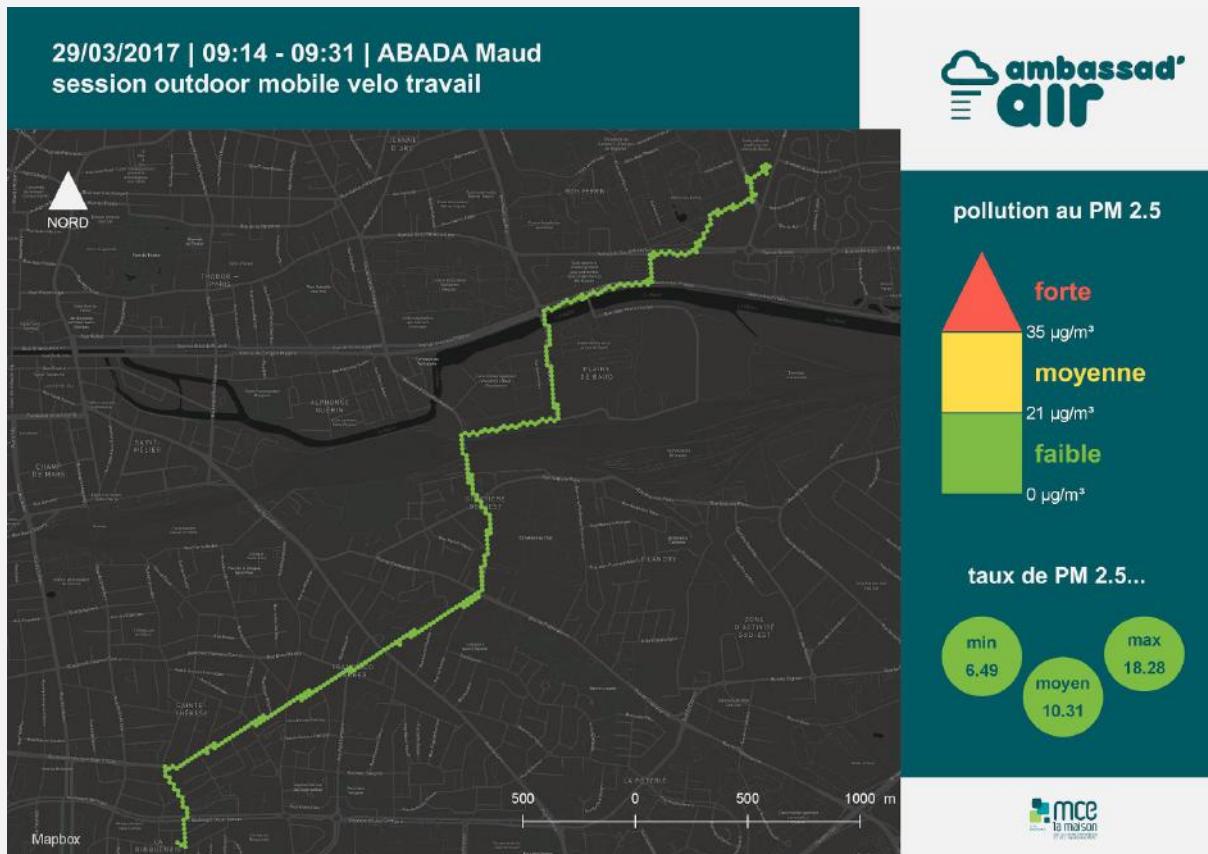
Il pourrait être intéressant d'utiliser des données collaboratives, prises par d'autres personnes au même moment, afin de compléter et de réduire le nombre de mesures que le participant aurait à prendre.

Chaîne de traitements



Modes de rendu

- Visualisation par carroyage

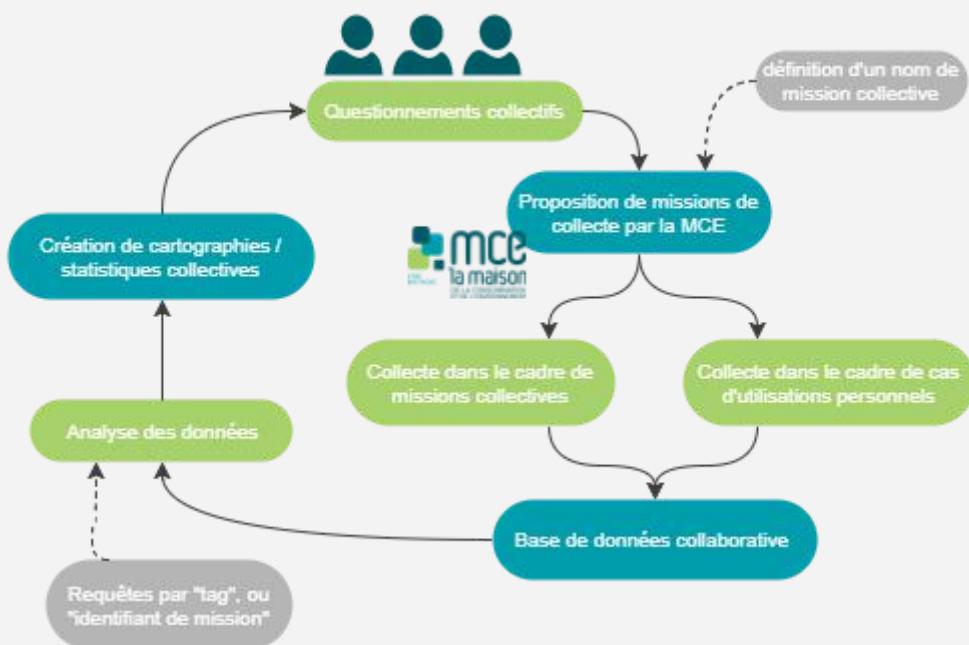


De la collecte individuelle vers la valorisation collective

Quelle articulation entre collecte individuelle et projet collaboratif?

Si une ambition d'Ambassad'Air pourrait être de permettre aux participants de comprendre leur exposition personnelle à la pollution, la participation à ce projet peut également être **motivée par l'envie de participer à un projet collectif**, et ainsi répondre à des questionnements dépassant le cadre individuel. De plus, si les dispositifs de mesure traditionnels composés de petits réseaux de capteurs permettent de modéliser de manière fine les répartitions spatiales de polluants, l'utilisation d'un nombre plus important de micro-capteurs permet quant à elle de se placer à l'échelle de l'individu et de prendre en compte ses propres trajectoires.

L'exposition au PM2.5 ou à tout autre polluant est un phénomène complexe à étudier, et dont la variété des facteurs explicatifs peut rendre la donnée difficile à interpréter. Autrement dit, il est intéressant de contribuer à la constitution d'une base collaborative des expositions personnelles, mais il est d'autant plus intéressant de **rendre cette base valorisable**.



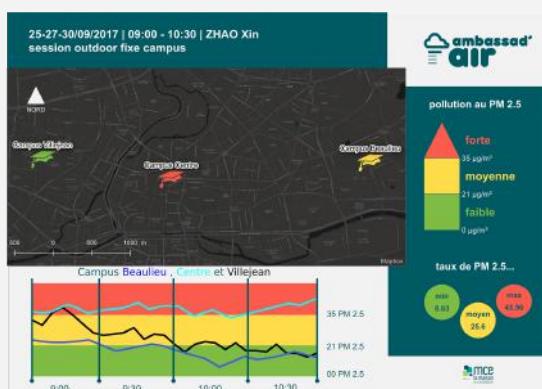
Cette volonté de créer de la donnée valorisable peut notamment se traduire de plusieurs manières : premièrement la possibilité d'**enrichir la donnée en qualifiant les sessions de capture** pour permettre la création d'une **base de données collaborative des expositions individuelles**, mais également le fait de **guider la collecte de données par des protocoles collectifs**.

Proposition de missions de collecte collectives

Dans une perspective de **Iudification**, la MCE peut être à l'origine de protocoles de collecte collectifs. Il s'agit alors de guider les contributeurs qui sont principalement intéressés par le fait de participer à un projet collaboratif, en leur proposant des missions / défis simples à l'image des initiatives prises lors de la deuxième session de capture.

Dans cet esprit, on peut imaginer en perspectives d'autres cas d'utilisation du capteur mobilisables par des individus intéressés par la collecte de données avec des objectifs collectifs. La **définition d'un nom de mission** - utilisé dans chaque session de capture en lien avec ce cas d'utilisation - serait alors un moyen intéressant afin de pouvoir facilement retrouver l'ensemble des données ayant un lien avec la mission proposée.

1 - Comparaisons de lieux

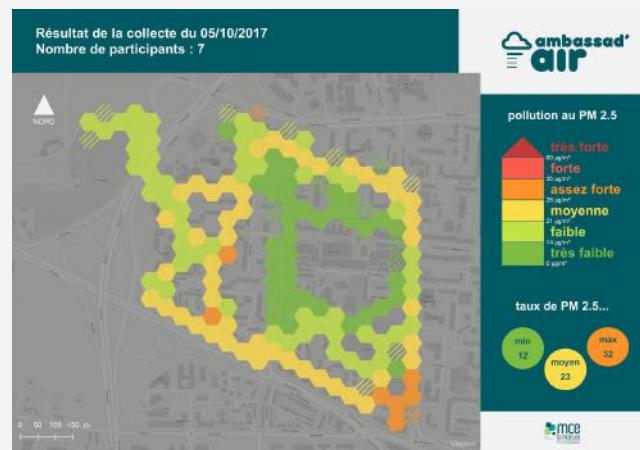


La comparaison de lieux peut aussi bien être proposée par la MCE que par des contributeurs s'organisant entre eux. On imagine par exemple des parents soucieux de la santé de leur enfant ayant l'habitude de fréquenter des aires de jeux, qui décident alors de comparer à la même heure plusieurs aires de jeu, ou encore des étudiants dans des campus différents, qui souhaitent comparer leur exposition sur une journée.

2 - Organisation d'événements sous forme de jeux / concours

Les premières expériences menées dans le cadre d'Ambassad'Air ont montré la faible représentativité spatiale des données récoltées. Ainsi, cette **recherche de couverture spatiale** peut être un exemple de protocole de collecte guidant les volontaires.

Son objectif serait alors, par exemple dans une logique de jeu de conquête d'espace, de cartographier la plus grande étendue possible jusque là non cartographiée dans une fenêtre de temps prédéfinie.



Vers la constitution d'une base de données collaborative riche

Pourquoi qualifier la donnée ?

- Certaines sessions de collecte ne sont pas comparables dans une même analyse (indoor/outdoor).
- Avoir des données attributaires sur les conditions de capture de la donnée permet de réaliser des analyses plus pointues sur des thèmes précis (ex : analyse des trajets domicile-travail, influence de la météo,...)

Comment faire?

Le titre du fichier peut être considéré comme un vecteur d'information intéressant (voir partie BDD : nommage du fichier). L'écriture de tags dans le titre permettrait à l'utilisateur de qualifier sa session de capture par des conditions environnementales (météo, environnement), son type d'activité etc. Ces tags se structurerait sous forme de "clé/valeur" (voir schéma de valorisation de la donnée).

Il s'agit alors de **trouver un équilibre entre liberté** laissée à l'utilisateur dans le choix de ses mots-clés, et la **nécessité d'harmonisation** que peuvent dicter les questionnements collectifs. On peut pour cela imaginer une **liste de mots-clés principaux qui pourrait être fournie aux volontaires** afin de les guider dans le nommage de leur fichier de capture :

	clés	valeurs
tags pouvant être renseignés par l'utilisateur	environnement	"indoor" - "outdoor"
	mouvement	"mobile" - "fixe"
	mode de déplacement	"vélo" - "pied" - ...
	météo	"soleil" - "pluie" - "vent" - ...
	lieu	"domicile" - "travail" - "parc" - "rue" - "batiment public" - "ecole"- ...
Attributs pouvant être renseignés automatiquement	activité	"sport" - "promenade" - "travail"- ...
	Nom du capteur	"AirBeam" - ...
	Date de capture	"21-05-2017" - ...
	Jour de capture	"Lundi" - "Mardi" - "Mercredi" - ...

Bien sûr, la liste n'est pas exhaustive et peut être complétée par le volontaire selon le besoin. Ce tableau montre également des attributs qui pourraient être ajoutés automatiquement (ces derniers étant écrits dans le fichier).

Perspective : le développement d'une application adaptée permettrait à l'utilisateur de "cocher" des tags préconfigurés, limitant ainsi les erreurs de saisie possibles etc.

Conclusion

La capture individuelle et autonome est particulièrement adaptée au format de l'initiative Ambassad'Air. La difficulté réside dans le nombre considérable d'attentes et questionnements envisageables, et qui entraînent chacun des rendus et visualisations nombreux. Le regroupement en cas d'utilisation et la structuration du nom des fichiers de session permettraient de poser des bases en vue d'une future **automatisation des traitements**.

Finalement, la **constitution d'une base de données collaborative des expositions individuelles** peut aussi être un objectif dérivé intéressant de la capture individuelle. Avec l'utilisation du titre du fichier de session comme vecteur d'information (tags...), il serait possible de créer une donnée valorisable, et offrir un retour collectif aux contributeurs, et ainsi une seconde valeur ajoutée à des sessions de captures dont l'objectif était initialement individuel.

Capture Collective Fixe Longue

Introduction

Un protocole de mesure de données fixe permet d'établir un schéma à suivre afin d'harmoniser, d'avoir des données davantage cohérentes. Il permet de poser un cadre d'utilisation qui sera similaire entre les utilisateurs.

La capture collective fixe longue est un mode de capture particulier pouvant être réalisé avec le capteur Airbeam. Elle a pour objectif **d'observer les variations** de niveau de particules fines (PM2.5) **dans le temps**.

Pourquoi une mesure dans le temps ? Le niveau de particules fines n'est pas homogène tout au long de la journée. En effet, les particules fines sont des particules atmosphériques principalement issues de l'activité humaine (trafic routier, chauffage, chantiers etc.). Au cours d'une journée l'activité humaine varie (domicile, travail etc.) ce qui entraîne des variations de niveau de particules fines dans l'atmosphère. Il peut être intéressant pour un groupe de citoyens de connaître au cours d'une journée, à quel point lui, sa famille, ses voisins, ses amis sont exposés aux particules fines depuis sa résidence.

La capture collective fixe longue mobilise un groupe d'individus ayant un lieu d'étude, que ce soit un bâtiment, une rue, un lotissement, comme point commun. **Mobiliser un collectif** constitué **sur un même territoire** permet d'observer les divers niveaux de particules fines, mettre en exergue les expositions variables selon l'endroit où se trouvent les volontaires.

Ce mode de capture fixe et de longue durée s'applique davantage sur des territoires restreints car il fonctionne selon la dynamique du collectif.

Par ailleurs ce protocole explique le cadre d'une mesure fixe et longue de qualité de l'air mais il est également possible de l'appliquer pour d'autres mesures comme le bruit, la température, l'humidité etc.

Les divers cadres d'utilisation

Il est intéressant de connaître l'environnement dans lequel les individus vivent, de se poser quelques questions. *Dans quelle mesure les particules fines, qui ne représentent qu'un élément de pollution de l'air, peuvent avoir un impact sur la vie d'un Rennais ? Comment la mesure de ces particules fines varie-t-elle au cours d'une journée ? D'un mois ? D'une année ?* Avant de mettre en place un protocole de capture citoyenne, il est nécessaire de se demander *quels sont les besoins des citoyens concernant tel ou tel type de mesure ? Quels sont les intérêts pour les citoyens de mesurer la qualité de l'air ? Que cherchent-ils à savoir ?*

En ce qui concerne la capture collective fixe longue, **trois cadres d'utilisation** sont ressortis à partir des réponses à ces diverses questions : une capture linéaire, une capture verticale et une capture de zone. Le niveau de particules fines varie au cours de la journée selon différents facteurs, **l'intérêt principal** pour les citoyens est de **connaître le niveau auquel ils sont exposés** chaque jour, savoir dans quelle mesure l'air qu'ils respirent n'est pas de bonne qualité selon les critères définis au niveau européen.

Participation d'un collectif volontaire

Les individus souhaitant participer à la capture fixe longue, peuvent être motivés pour diverses raisons. Voici quelques exemples non exhaustifs concernant la mesure de particules fines :

- Ils vivent à proximité d'un trafic routier et souhaiteraient évaluer son impact sur l'air qu'ils respirent tous les jours.
- Ils vivent à proximité d'industries, d'une zone d'activité et souhaiteraient évaluer leur impact sur l'air qu'ils respirent.
- Ils vivent près d'un espace vert et souhaiteraient confirmer ou infirmer l'idée qu'ils ont de la qualité de l'air qu'ils respirent.
- Ils travaillent sur une place et souhaiteraient connaître la qualité de l'air environnante pour ses clients.

Réaliser une capture de données, quel que soit le type, correspond à un besoin. Pour des habitants, le premier besoin est **un besoin d'informations**, ils souhaitent connaître davantage l'environnement dans lequel ils vivent, eux et leur famille. Pour d'autres collectifs comme des commerçants, des associations par exemple, le besoin d'information peut être voulu pour un autre intérêt que l'unique besoin de connaissances, ils peuvent **souhaiter influencer, modifier leur quotidien**, leur environnement.

Mise en place d'un projet de capture citoyenne fixe de longue durée

Selon le groupe d'individus volontaires pour réaliser une capture fixe de longue durée, il est possible de proposer un protocole adapté à leur projet. Tout collectif souhaitant observer leur exposition aux particules fines peut réaliser une capture fixe.

Généralement un collectif voulant mener un tel projet, souhaite le réaliser sur un **territoire restreint**. En effet des volontaires qui se mobilisent dans un groupe pour mener un projet ont un souhait commun, ils partagent leur quotidien. La mesure avec ce type de protocole est une **mesure hyper local**. Réaliser une capture fixe longue à l'échelle d'un quartier ne serait pas adaptée, les volontaires ne se sentirait pas forcément proches les uns des autres. Il existe un risque qu'ils ne puissent pas se motiver ensemble comme ils ne partagent pas le même quotidien.

Des réunions seront organisées avant la capture pour informer les volontaires, leurs présenter le projet, leurs expliquer les fonctionnements de la capture et des outils mis à leur disposition.

Pendant la session de capture, il sera possible de contacter les volontaires pour répondre à leurs possibles questionnements, évaluer leurs difficultés et également essayer de relancer et motiver les participants qui auraient décidé d'arrêter la capture avant la fin prévue. Il est nécessaire de **créer un accompagnement** des participants **dans leur projet** pour qu'ils puissent avoir des résultats.

A la fin de la période de capture, une réunion de clôture sera organisée pour échanger sur l'expérience de chacun des volontaires sur ce projet. Un retour des résultats de la collecte sera également prévu auprès des volontaires afin de présenter les résultats sous forme cartographiques et graphiques de leur investissement et de discuter sur ce qu'ils en pensent ; en quoi ces résultats peuvent influencer pour la suite ?

Cadrage de la mesure

La **mesure** de la qualité de l'air doit être **rigoureuse et réglementée** pour l'ensemble des participants afin d'obtenir une homogénéité des résultats. Il s'agit d'un objectif et d'une participation commune pour la collecte des données. Pour mener un projet de manière rigoureuse, il est important que chaque participant doit être motivé et investi durant toute la période de la collecte. L'abandon d'un participant serait une faiblesse au projet.

Le cadrage de la mesure doit prendre en compte de nombreux paramètres : la période de capture, la durée et la fréquence de capture, l'utilisation du capteur etc.

Concernant la fréquence et la durée de cette capture, elle doit être réalisée sur **30 jours consécutifs**, les week-ends sont compris. Les volontaires devront réaliser **une session unique de mesure par jour entre 8h et 20h**. Ce créneau horaire permet d'englober les possibles effets dus à l'activité humaine et de s'accorder avec le rythme journalier des volontaires. La mise en place d'une période fixe permet de mettre en place une date de début et une date de fin commune pour tous les participants et ainsi harmoniser les résultats et pouvoir les comparer entre eux. Le choix de passer de 30 jours au lieu de soixante jours (période testée lors de la saison 1 d'Ambassad'Air) est de limiter les abandons ou la baisse de motivation des participants, tout en gardant une collecte sur le long terme. A la suite de

ces 30 jours, il sera possible de renouveler l'opération une seconde fois pour obtenir une comparaison entre les deux périodes.

Il est conseillé de mettre en marche l'appareil cinq minutes avant le début afin de ne pas commencer après 8h pour la collecte. Il est important que chaque participant mette en place son capteur tous les jours aux heures définies. Les données capturées avant 8h et après 20h seront supprimées lors de la phase d'exploitation.

Chaque participant sera **en possession d'un capteur et d'un téléphone** durant toute la période de la collecte. Afin de simplifier la capture pour les volontaires, ceux-ci devront placer les **capteurs à l'extérieur** mais ils devront être **protégés de la pluie** (par exemple sur un balcon, un rebord de fenêtre etc.). Les **téléphones portables** qui accompagnent les capteurs devront être **placés proches** de ceux-ci (distance de séparation maximale de 5 mètres) pour pouvoir enregistrer correctement la capture. La capture étant de longue durée, pour ne pas risquer de perdre toutes les données enregistrées par un défaut de batterie de la part du capteur ou du téléphone, il est conseillé de les laisser brancher sur secteur pendant la capture ou de penser à les recharger après chaque utilisation.

Durant la période de capture, le capteur sera programmé pour récolter **une donnée toutes les 15 minutes** qui correspondra au taux de particules fines dans l'air. L'intérêt de mesurer toutes les 15 minutes au lieu de chaque seconde est de diminuer la quantité de données récoltées et de permettre une rapidité des traitements pour la suite. Sur 30 jours, une donnée par seconde correspond à 1 296 000 données par capteur, contre 2 880 données avec une mesure tous les quarts d'heure, soit un gain de stockage important mais aussi un gain lors du traitement des données. Par ailleurs, pour une mesure fixe longue, une donnée par seconde n'est pas pertinent. A un endroit précis, la variation de taux de particules fines n'est pas continue, la valeur de particules fines ne sera pas différente d'une seconde à l'autre.

De plus, la mise en place d'une capture toutes les 15 minutes permet la **comparaison avec la donnée récoltée par Air Breizh**. Cette comparaison ne serait pas possible si la mesure n'était pas capturée au même moment.

Suite à la collecte de données effectuée à l'aide des participants, les résultats seront valorisés sous différentes formes cartographiques et graphiques selon le type de capture réalisé.

La capture linéaire

L'intérêt principal de cette capture est d'observer les variations de mesure de particules fines ou d'autres données **sur une distance fixée**, le long d'un axe (échelle horizontale).

Les volontaires à ce type de capture peuvent être des habitants d'une rue ou résidant le long de la Vilaine, des commerçants se trouvant à un croisement de rues fréquentées par exemple. Il existe divers cas d'applications possibles à la capture linéaire selon les personnes mobilisées. Que ce soit des habitants, des commerçants, la **capture n'a rien de contraignant** pour les volontaires puisqu'il leur suffit de placer le capteur et le téléphone sur une surface en extérieur protégée de la pluie et d'activer la capture le matin et de la clôturer le soir.

Afin d'obtenir une mesure précise à grande échelle, il est proposé de **placer un capteur tous les 100 mètres minimum**. Si cela n'est pas réalisable pour diverses raisons, comme par exemple le fait qu'il n'y ait pas de bâtiment, alors le capteur sera placé au bâtiment le plus proche. La distance des 100 mètres est fixée pour cadrer la distance entre les capteurs, essayer de cadrer la capture mais il est tout à fait possible de modifier cette distance s'il est plus pertinent d'éloigner les capteurs. Les capteurs peuvent également être **disposés de part et d'autre** de la rue, mais ils peuvent aussi être tous d'un même côté. Les particules fines ont une propriété de dispersion importante, il y aura donc très peu d'impact si un capteur ne se trouve pas du même côté de la rue que les autres.

La capture verticale



Un autre cadre d'utilisation à la capture collective fixe longue est la capture verticale. Cette mesure peut être effectuée sur **un immeuble à un ou plusieurs étages**. Étant donné que l'exposition aux particules fines se produit de façon continue, à travers les micro-environnements, l'idée est de montrer à l'aide d'une échelle verticale **si le niveau** de ces particules **varie selon la hauteur et les façades** d'un immeuble. Il serait intéressant par exemple, d'évaluer les écarts de la qualité de l'air au sein d'un même voisinage. Cette variation de mesure pourrait être due à la nature ou au type de voisinage auquel la façade du bâtiment est exposée.

Faire un projet de capture fixe verticale peut être envisageable pour la problématique de la qualité de l'air mais également pour une problématique d'exposition au bruit, à la variation de température etc.

Pour ce type de capture, **la fonction** du bâtiment **importe peu**, qu'il soit à vocation résidentielle ou administrative, la position des capteurs dépend essentiellement du collectif volontaire et de la hauteur du bâtiment dans lequel la mesure doit être effectuée. Les capteurs doivent être **disposés équitablement en fonction des niveaux et/ou des façades** du bâtiment. Par exemple, sur une tour de 20 étages et à quatre façades (principale, droite, gauche et arrière), les capteurs doivent être positionnés tous les quatre niveaux. À noter que le nombre de capteurs sur chaque façade est proportionnel au nombre de volontaires qui y sont installés.

La capture de zone

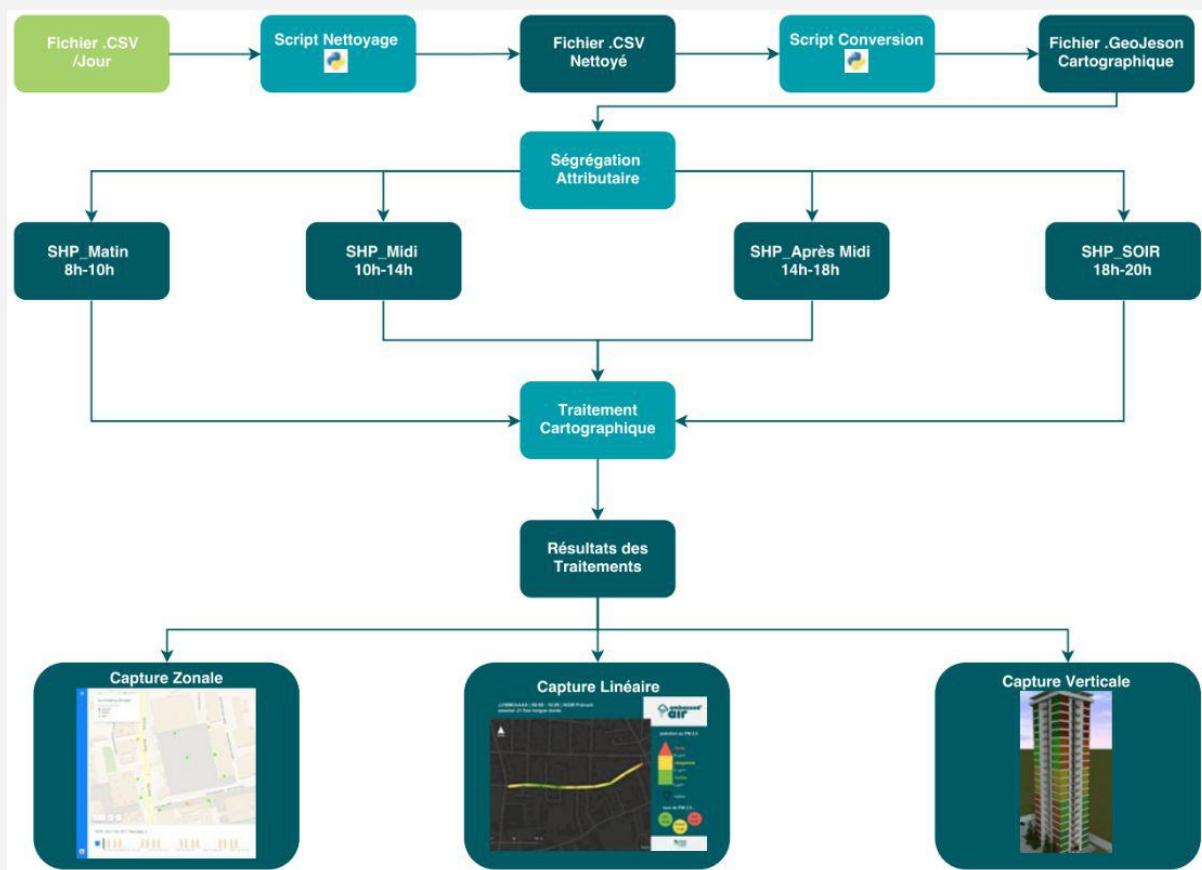
La capture de zone, quant à elle, a pour objectif de **mesurer** la qualité de l'air **sur un espace délimité** par les volontaires sur une période de 30 jours.

Cet espace peut être défini par exemple, par une place où chaque commerçant souhaite participer à une capture collective, ou bien par un lotissement regroupant plusieurs logements. L'espace de la zone de capture doit être **un espace restreint**, peu dispersé dans l'espace. En effet si la zone prend les limites d'un quartier, cela pose la contrainte de répartir des participants sur toute la zone d'étude, sauf que c'est un critère aléatoire, il dépend des volontaires mobilisés. La seconde contrainte est qu'une capture étendue nécessite un grand nombre de capteurs.

La participation à cette capture est libre mais les participants garantissent dans la mesure du possible à tenir leurs engagements sur toute la période du projet. Les volontaires doivent le plus possible être répartis de manière **uniforme sur le territoire** pour couvrir tout l'espace mais ce critère dépendra du nombre et de la répartition des volontaires.

Diagramme Synoptique des traitements des données collectées

Le schéma ci-dessous résume les traitements qui sont à effectuer pour aboutir à un résultat cartographique de l'un des trois cadres d'utilisation à la capture collective fixe longue.



Valorisation de la donnée capturée

Différents modes de visualisation selon les besoins

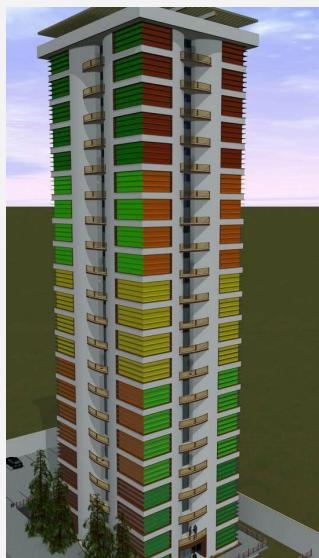
Il est important, une fois la capture réalisée, de penser aux différentes façons possibles de pouvoir **communiquer les résultats**. Les volontaires d'un projet de capture souhaitent un retour de leur mobilisation, il faut pouvoir leurs communiquer les résultats.

Selon le cadre d'utilisation mis en place, la visualisation cartographique proposée sera différente. Réalisant une capture de longue durée, il est toutefois non négligeable de penser à présenter des **résultats spatio-temporels**, c'est-à-dire de présenter des résultats qui prennent compte de la **notion de temps**. Les moyens de **visualisation** sont alors **dynamiques**.

Par ailleurs, les volontaires capturent de la donnée sur une importante tranche horaire (8h-20h) avec une mesure tous les quarts d'heure. En effet, une donnée toutes les 15 minutes représente au final beaucoup de données sur 30 jours. Afin de simplifier les résultats, **quatre tranches horaires** sont définies : 8h-10h, 10h-14h, 14h-18h et 18h-20h. La première et la dernière tranche horaire sont de plus courte durée pour **éviter de trop lisser les résultats**. En effet, sur ces deux créneaux il y a une accentuation du trafic routier expliqué par le trajet domicile-travail des individus. L'hypothèse est qu'il y a peut-être une concentration plus importante de particules fines, expliquée par ce nombre plus important de véhicules sur le réseau routier.

De plus, afin de rendre les résultats communicatifs et plus simple à comprendre, trois couleurs permettent de savoir la qualité de l'air lors de la capture. Ces trois couleurs (vert, jaune et rouge) permettent aux individus de savoir si l'air qu'ils respiraient était de bonne qualité, de qualité moyenne ou de mauvaise qualité.

Visualisation d'une capture verticale



Sur cette figure, il s'agit du modèle graphique **en 3D** présentant la capture verticale effectuée sur un immeuble à 20 étages. Sur ce résultat, il est possible d'observer une variation du niveau de particules fines par étage et suivant la façade du bâtiment.

La représentation en trois dimensions pour ce type de capture permet une visualisation de plusieurs façades d'un immeuble (nord, ouest par exemple) et de pouvoir les comparer. La cartographie en deux dimensions n'est pas pertinente dans le cas d'une capture verticale. En effet, elle ne permet pas de voir l'effet de hauteur du bâtiment et du coup il est impossible.

Perspectives

La visualisation en 3 dimensions est une méthode encore nouvelle et innovante dans le domaine du sig, elle reste très intéressante car elle permet de proposer une valorisation de l'information.

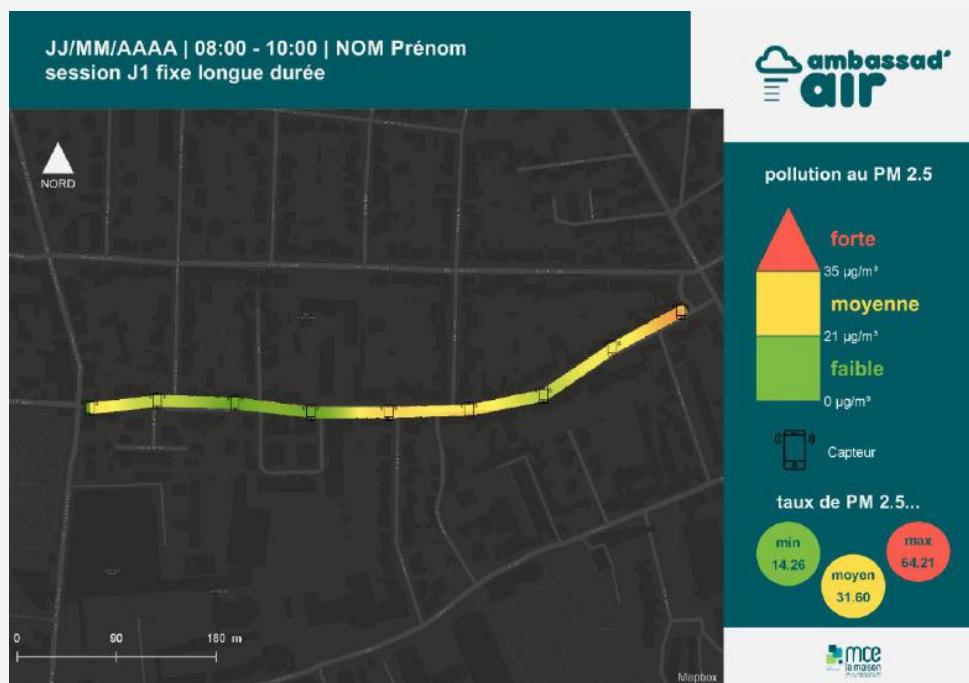
La représentation en 2 dimensions peut être aussi utilisé pour la capture verticale.

Un Graphics Interchange Format comme mode de visualisation spatio-temporel

Afin de prendre en compte la notion de temps dans un rendu visuel, un **GIF** peut être une première solution (voir exemple ci-dessous). Chaque image du GIF représente une tranche horaire, il y a quatre tranches horaires par jour. Pour chacune des tranches horaires, une moyenne des taux de particules fines par capteur est calculée.

L'**interpolation** est une méthode permettant de **lisser l'information** sur une carte. Cette méthode permet d'identifier la pollution sur toute la zone d'étude. Dans ce cas, il s'agit **seulement d'un effet visuel**, car l'interpolation nécessite davantage de capteurs sur la zone d'étude. Également l'analyse doit porter sur une surface non linéaire pour être réellement pertinente.

Quelques statistiques accompagnent la carte, ils correspondent au taux de particules fines minimum, moyen et maximal mesuré par jour de capture.



Exemple de visuel animé de capture linéaire

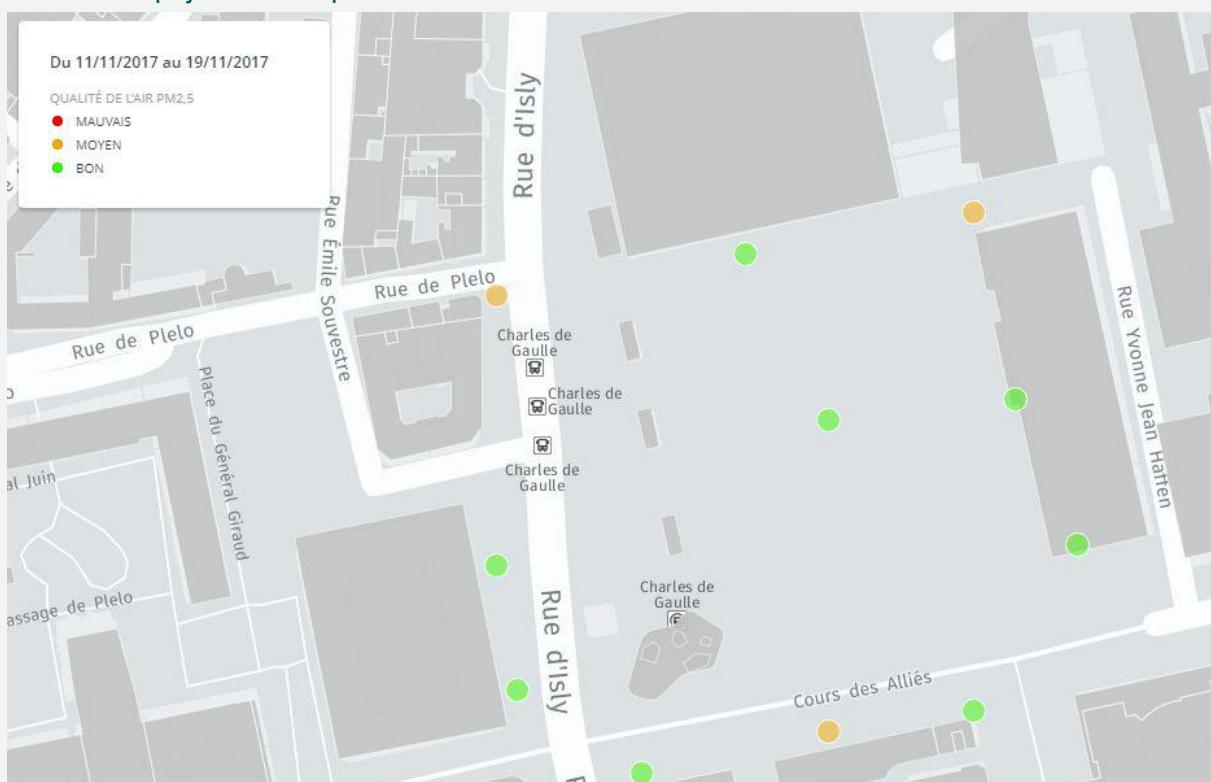
Perspectives

Un plus pour alimenter la carte serait l'information et la localisation des lieux où les pics de pollution sont présents sur la zone d'étude.

Le GIF reste une méthode alternative et manuelle comme représentation cartographique, il serait envisageable de s'orienter vers une automatisation pour un gain de temps.

Un second rendu spatio-temporel à l'aide de l'outil Carto.com

Le spatio-temporel est une forme de visualisation cartographique dans l'espace prenant compte le facteur temps. L'objectif de cette représentation cartographique dynamique est d'observer les variations de la qualité de l'air sur la période de capture. Chaque capteur est représenté selon un code couleur fonction de la mesure et cela pour chaque tranche horaire. La représentation est effectuée sous **Carto.com**, un site de cartographie en ligne mettant en forme la donnée et la partageant via un lien accessible au public. **Carto.com** permet de **dynamiser une cartographie** à partir d'un fichier .csv, .GeoJson ou d'un fichier .zip. Il se base sur le champ *TimeStamp* qui représente le temps et permet caractériser la fréquence d'animation du flux de données. Dans l'exemple ci-dessous, le rendu spatio-temporel est basé sur sept jours de capture.



Lien de la cartographie spatio-temporel

<https://benjaminfrin.carto.com/builder/d18dae77-1c68-427e-9e75-0e3f70eef45c/embed>

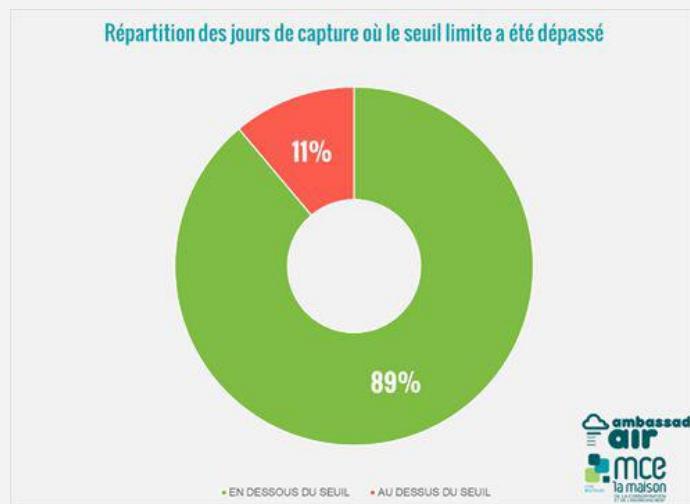
Perspectives

Afin d'approfondir la représentation cartographique, il est peut être intéressant d'intégrer la méthode de l'interpolation sur la zone d'étude dans l'analyse du spatio-temporel. De plus, un déroulement continu de l'information sous Carto serait plus agréable à la lecture, ceci nécessiterait l'intégration de la donnée brute récoltée sur le terrain et non une information par tranches horaires.

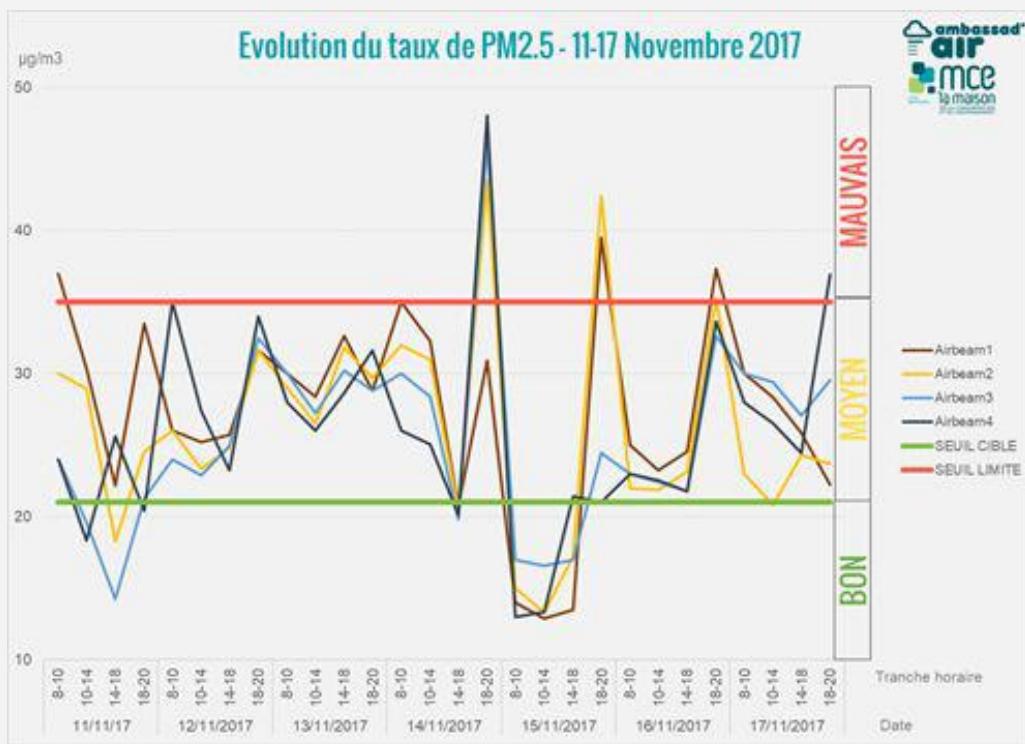
Quelques graphiques complémentaires

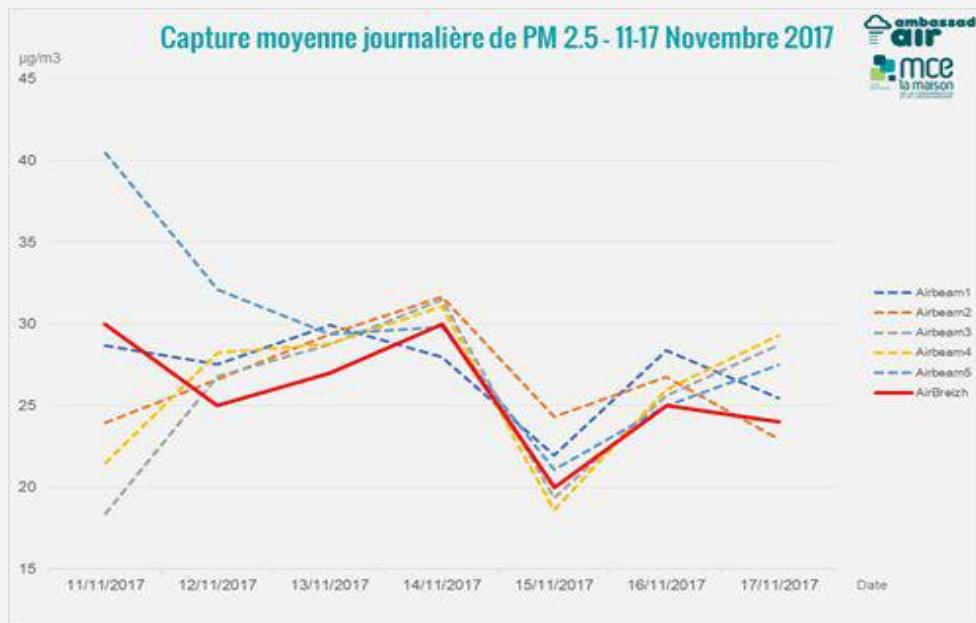
Afin d'être le plus communicatif possible, il est important de compléter un rendu cartographique à l'aide de **graphiques**. Ils ont pour but d'**apporter d'autres informations** à propos de la capture.

Un premier graphique consiste à informer sur le nombre de jours de capture où le seuil limite de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été dépassé, de manière synthétique. Il permet de connaître la **proportion de jours** sur toute la durée du projet, où il **y a eu un dépassement de seuil**, un risque d'impact sur la santé des individus.



Pour accompagner également les rendus d'un projet de capture, il est possible de représenter graphiquement les différentes mesures de particules fines selon les quatre tranches horaires définies. Ce graphique à l'avantage, en comparaison des cartes, d'avoir une **valeur quantitative** de la qualité de l'air. Il est toujours possible d'observer les trois classes de qualité de l'air selon que la mesure se trouve en dessous du seuil cible, entre le seuil cible et le seuil limite ou au-dessus du seuil limite. Ce graphique permet de **voir plus en détail l'évolution** des variations de mesure des particules fines.





Le dernier graphique proposé ci-dessous, porte sur l'évolution du taux de particules fines comparée avec une donnée mesurée par un organisme institutionnel. L'intérêt, cette fois-ci, est d'avoir un **point de comparaison de la donnée capturée** avec les capteurs. Cela permet de **savoir s'il y a eu un effet local** à un moment donné ou si cet effet, au contraire, se retrouvait ailleurs sur le territoire. Voir également si l'évolution de la donnée capturée suit la tendance de la donnée institutionnelle, permet d'avoir une idée sur la qualité du capteur. Si celui-ci ne suit pas la tendance de la donnée de comparaison, il est possible de supposer un risque de défaillance de fonctionnement de la part du capteur. L'exemple ci-dessous montre l'évolution d'une mesure moyenne journalière des particules fines mais il est également possible pour affiner l'analyse, d'observer cette évolution pour une journée.

Perspectives

Afin d'observer les effets ponctuels du niveau de particules fines, il est envisageable de réaliser des graphiques représentant la mesure pour chaque jour de capture. Les tranches horaires dans ce cas ne sont plus utiles, les données brutes sont davantage pertinentes.

Conclusion

La capture collective fixe est une méthode possible pour mesurer la qualité de l'air, elle s'intègre parfaitement dans le projet Ambassad'Air. Elle mobilise des **citoyens volontaires** qui souhaitent être **acteurs de leur environnement quotidien**, que ce soit pour la qualité de l'air ou pour toutes autres problématiques environnementales.

La mise en place de protocoles pour une capture collective est nécessaire pour une **collecte harmonisée et cohérente** entre tous les participants **sur un espace restreint**. La difficulté de ce projet est de **maintenir l'investissement du collectif** sur toute la durée de capture. Il ne peut être viable et porteur de solutions dans le futur sans la participation complète des volontaires.

Capture collective fixe et dirigée

Introduction

Le projet Ambassad'Air s'inscrit dans une démarche à la fois **participative et informative**. Pour cela, la **capture collective fixe et dirigée** permet d'apporter une méthode de capture la pollution de l'air aux **particules PM 2.5** qui répond à une ambition de **contre-pouvoir citoyen**.

Cette méthode de capture permet d'accompagner les personnes volontaires pour l'expérience dans leur **vie quotidienne** et dans les lieux qu'ils fréquentent au quotidien.

Nous sommes partis d'un postulat très simple pour développer cette méthode : quiconque est *a priori* intéressé par l'air que nous respirons au quotidien.

Existe-t-il des variations de la qualité de l'air d'un quartier à l'autre de la ville, ou bien également des variations au sein d'une même journée ? Certains lieux sont-ils plus exposés aux particules polluantes que d'autres ?

Pour illustrer ces questionnements et nous mettre dans la peau de citoyens capteurs de pollution, nous nous sommes basés sur un **exemple empirique** afin de tester les capteurs à notre disposition en conditions réelles et d'explorer la donnée générée par les séances de capture de pollution.

Pour ce faire, nous avons choisi d'orienter notre expérience-test à proximité directe d'**écoles primaires de la ville de Rennes**. Avec **3 capteurs** à notre disposition, nous avons effectué ce qui pourra servir d'échantillon à une capture de plus grande ampleur comprenant davantage de participants et sur une durée plus longue si souhaité.

Fiches de protocoles

Qu'est-ce qui motive le choix du lieu ?

Le projet Ambassade Air de capture citoyenne a pour but d'être représentatif des pratiques de la population. Ainsi, le choix des lieux de capture se justifie par les **habitudes de fréquentation des personnes**. A ce titre, le citoyen va être intéressé pour connaître la qualité de l'air dans des lieux qu'il fréquente au quotidien.

L'intérêt de ce protocole est de comparer des sites entre eux. Cela repose sur la définition de sites qui sont **comparables**. On peut donc s'atteler à chercher différents facteurs qui font que plusieurs sites répondent aux mêmes critères et donc se résoudre à prendre en compte des **sites ayant la même fonction**.

Cette idée de "fonction" considère que ces lieux peuvent accueillir ou concerner des populations qui trouvent un **intérêt commun** à la connaissance de la qualité de l'air sur ces sites et ainsi de mettre en exergue le fait que certains espaces puissent être défavorisés par rapport à d'autres. Pour illustrer cette fonction, on peut prendre l'exemple des terrains de sports. Il est légitime pour un (ou plusieurs) habitant de vouloir choisir un terrain **où la qualité de l'air est optimale** (surtout dans l'optique d'une activité physique/sportive). Cette comparaison peut donc avoir deux conséquences, une conséquence sur un choix individuel de l'habitant qui pourra décider de l'endroit où il préfère pratiquer un sport. Mais elle peut avoir des conséquences dans une dimension plus communautaire, dans laquelle les utilisateurs réguliers de ce terrain pourront alors être en mesure de savoir si la qualité de l'air au niveau du terrain est mauvaise, et donc dans le cadre d'une démarche citoyenne, **le faire savoir et espérer que cela soit pris en compte**. Grâce à cette réflexion, il est possible d'établir une liste non exhaustive de sites/lieux répondant à des fonctions identiques :

- les grandes places publiques
- les grandes rues et grandes avenues
- les zones industrielles/commerciales
- les parcs et jardins
- les établissements scolaires de tous niveaux
- les terrains de sport/stades

Ensuite, il peut être intéressant de considérer un **certain éloignement entre les sites**, en effet, plus deux sites sont proches, plus les valeurs auront tendance à être similaires. Cet aspect reste à examiner au cas par cas, si l'on décide de prendre un échantillon important de sites, il est évident que la probabilité que des sites soient proches les uns des autres est plus importante. Et si l'échantillon comporte peu de sites, on peut penser qu'il est plus pertinent de sélectionner des sites assez distants. Toutefois, chaque cas pouvant être différent, on peut imaginer deux sites proches dont l'un est impacté par un facteur particulier, la comparaison aura alors un sens. **Il est donc nécessaire d'identifier les sites en fonctions de l'objectif de l'étude.**

Enfin, il est nécessaire de poser certaines limites quant au choix de ces sites, il faut **s'assurer que l'étendue spatiale du site ne soit pas trop importante**, auquel cas la donnée ne sera pas représentative. Ce protocole étant basé sur un seul point de capture par site, il faut que ce point puisse **résumer la qualité de l'air du site**, il faut alors fixer une limite quant à l'étendue spatiale de ce dernier.

En considérant les caractéristiques du capteur, il est nécessaire de mettre au point les conditions optimales pour que les données soient le plus fidèle possible à la réalité qu'elles représentent. Ici, il s'agit d'une **mesure statique**. Il convient donc de trouver un point sur le site qui ne serait **pas influencé par un perturbateur exogène**. La plupart de ces points sont mis en évidence dans la partie dédiée aux caractéristiques du capteur.

En d'autres termes, si l'on prend l'exemple des écoles, on pourra sélectionner l'entrée de l'école ou bien le milieu de la cour de récréation. Dans le cas d'une étude sur la qualité de l'air sur les terrains de sport, on peut choisir le milieu du terrain. Ces endroits sont **facilement identifiables par les usagers** (parents, enfants, sportifs) et participent à rendre la lecture des résultats plus appréhendable et donc plus compréhensible.

Qu'est-ce qui motive le choix des horaires ?

Le choix des horaires de capture dépend du **lieu de capture** et de la **fréquentation de ce lieu**.

A titre d'exemple, pour une étude sur les parcs et jardins publics, on peut décider de faire la capture vers 17 heures, lorsque l'endroit est le plus fréquenté.

Les horaires comme les lieux, sont **fixés au préalable de l'étude** et présentent la consigne à suivre par les citoyens participants. A différents lieux, les captures doivent être effectuées aux **mêmes horaires**, afin de permettre des **comparaisons** entre les résultats des différents lieux à différentes dates.

Le choix de l'horaire, au même titre que celui du lieu, doit permettre d'avoir **une approche la plus fidèle possible aux pratiques des personnes**, à la fois pour :

- montrer aux citoyens participants les valeurs de pollution correspondant à tel lieu qu'ils fréquentent, à un moment T.
- pour des questions pratiques, le capteur doit simplement accompagner le citoyen dans ses déplacements quotidiens, sans présenter de contrainte particulière autre que la consigne initiale afin d'obtenir les résultats les plus semblables à la réalité.

Pour ce faire, une **enquête des pratiques** peut être faite au préalable de la période de capture afin de connaître les lieux fréquentés par les personnes volontaires à la capture citoyenne.

Il s'agit de donner au citoyen une **marche à suivre, un cadre**, tout en adaptant conjointement au mieux les paramètres de consigne selon les habitudes des personnes.

Il serait possible d'envisager d'établir, à travers le parcours quotidien d'une personne, **une étude multi-lieux et multi-horaires à travers les relevés d'un même capteur**.

Qu'est-ce qui motive le choix de la durée de capture ?

La capture fixe se concentrant sur un lieu précis, il s'agit d'obtenir une **valeur indicative** (la valeur moyenne par exemple) précise à un moment donné pour pouvoir la comparer à d'autres valeurs de pollution dans d'autres lieux au même moment, ou aux valeurs dans le même lieu à différents moments.

Une durée de **10 à 15 minutes de capture** par prise est nécessaire pour obtenir une valeur indicative fiable de la pollution en un lieu et un moment donné.

Le capteur Airbeam captant une valeur de pollution par seconde, cette durée de 10 à 15 minutes par capture, permet d'obtenir un **résumé statistique** des valeurs de pollution par capture.

On retient en particulier la valeur moyenne (qui permet notamment de lisser les valeurs et d'écartier d'éventuelles valeurs aberrantes), à partir de laquelle on peut établir des **représentations cartographiques** simples : chaque lieu, pour chaque capture, est résumé sur cartes par la valeur moyenne des PM 2.5 mesurés.

Synthèse du protocole

	Lieu de capture	Horaire de capture	Durée de capture
Critères de choix	<ul style="list-style-type: none">Sur proposition de personnes intéresséesSur choix de la MCE	Selon le lieu et ses horaires de fréquentation	Courte - 10 à 15 minutes
Justification/intérêt	Comparer les mesures de pollution entre lieux	<ul style="list-style-type: none">Comparaison de lieux aux mêmes horairesComparaison d'horaires entre eux sur un même lieu	Durée de 10 à 15 minutes suffisante pour extraire la valeur moyenne de la capture
Contraintes/limites	Proximité directe au lieu (ex : entrée de l'école)	Mobiliser des volontaires sur les mêmes horaires	Valeur qui représente ponctuellement la qualité de l'air
Moyens d'aide à la décision	Enquête de pratiques	Analyse des fréquentations	x

Cette méthode s'applique à tous types de lieux, en adaptant les paramètres selon les lieux et les objectifs.

Structuration de la donnée

Pour ce qui concerne la structuration de la donnée, il est possible de structurer les données de différentes façons. La structuration des données permet d'avoir **les résumés statistiques** des différentes captures.

On peut considérer un tableau avec les différents individus en ligne (les écoles), et pour chaque jour et chaque horaire les valeurs comme sur l'exemple 1. Ensuite, on peut imaginer un second tableau (exemple 2) où chaque ligne correspond à une session (ex : lundi matin), à l'école qui lui est associée puis aux valeurs. Il est préférable de renseigner le tableau chaque semaine, afin d'éviter des oubli et de faire des erreurs.

Pour structurer ces données il est encore possible de mettre en place un **modèle conceptuel de données** avec plusieurs tables, des clefs uniques et des clefs secondaires. Cela peut permettre de simplifier la **réutilisation des données**.

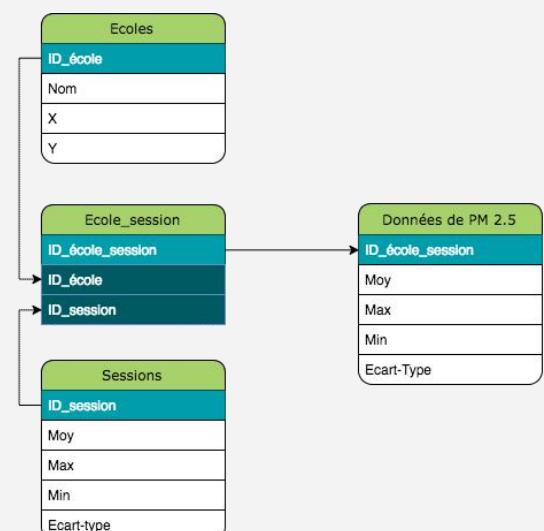
- Exemple 1 :

Lieux	Jour 1							
	Horaire 1				Horaire 2			
	Moyenne	Min	Max	Ecart-type	Moyenne	Min	Max	Ecart-type
L1								
L2								
L3								

- Exemple 2 :

Lieux	Session	Moy PM 2.5	Min PM 2.5	Max PM 2.5	Ecart-type PM 2.5	X (coordonnées géographiques)	Y (coordonnées géographiques)
L1	J1-AM						
L2	J1-AM						
L1	J1-PM						
L2	J1-PM						
L1	J2-AM						
L2	J2-AM						

- Modèle conceptuel de données :



Cas d'utilisation et valorisation des résultats

L'expérience porte ici sur trois écoles élémentaires de la ville de Rennes : **Les Clôteaux (Bréquigny)**, **Jean Moulin (Villejean)** et **Liberté (Centre)**.

En se basant sur le protocole, il nous a semblé que réaliser des captures sur les écoles élémentaires pouvait être un exemple intéressant. En effet, ces sites **répondent à la même fonction** et sont susceptibles de **toucher le même type de population** : les élèves et leurs parents. Les parents pourront donc s'intéresser à la qualité de l'air dans l'école de leur(s) enfant(s). Ensuite, la localisation de ces sites est assez dispersée à l'échelle de Rennes avec une école dans le centre, une école au nord-ouest et une au sud-ouest.

Pour chaque école, nous avons considéré comme point de capture **l'entrée** par laquelle les élèves entrent et sortent de l'école. C'est donc à la fois un **point névralgique et facilement identifiable**. Enfin, les horaires qui nous semblaient **les plus représentatifs**, étaient à **9h le matin** - après la rentrée de l'école - et à **18h le soir** - après la sortie de l'école.

Sur une **durée d'une semaine**, nous avons donc effectué **dix relevés par capteur**, du lundi au vendredi, matin et soir. Bien qu'elle puisse sembler courte, cette durée d'une semaine permet néanmoins de mettre en évidence certaines dynamiques. **Plus la durée sera importante, plus les données seront fournies**. Et l'étude sera donc **plus cohérente**. Egalement, **plus le nombre de sites est important, plus la comparaison sera intéressante par la suite**.

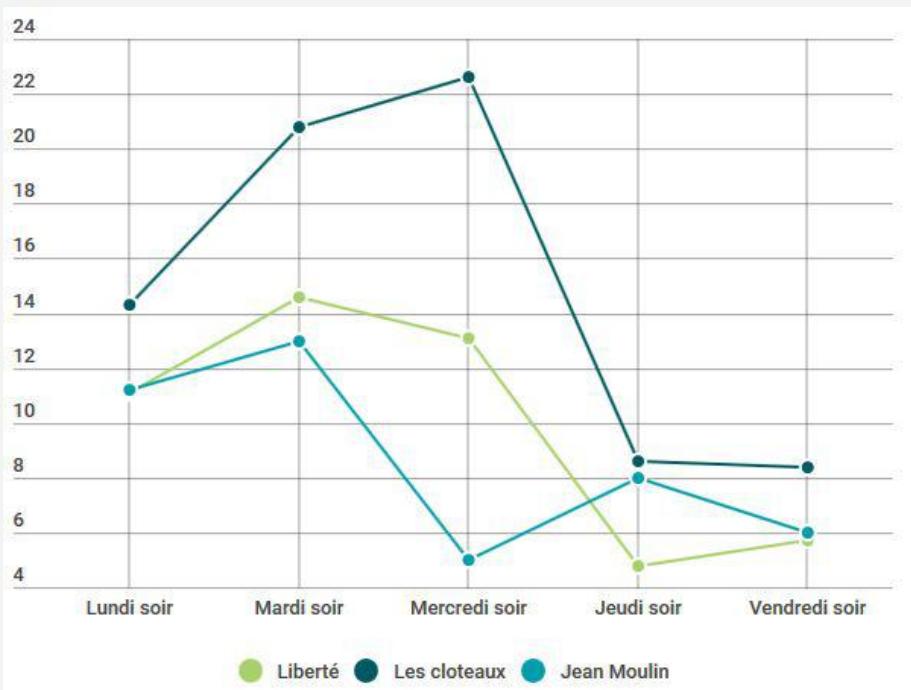
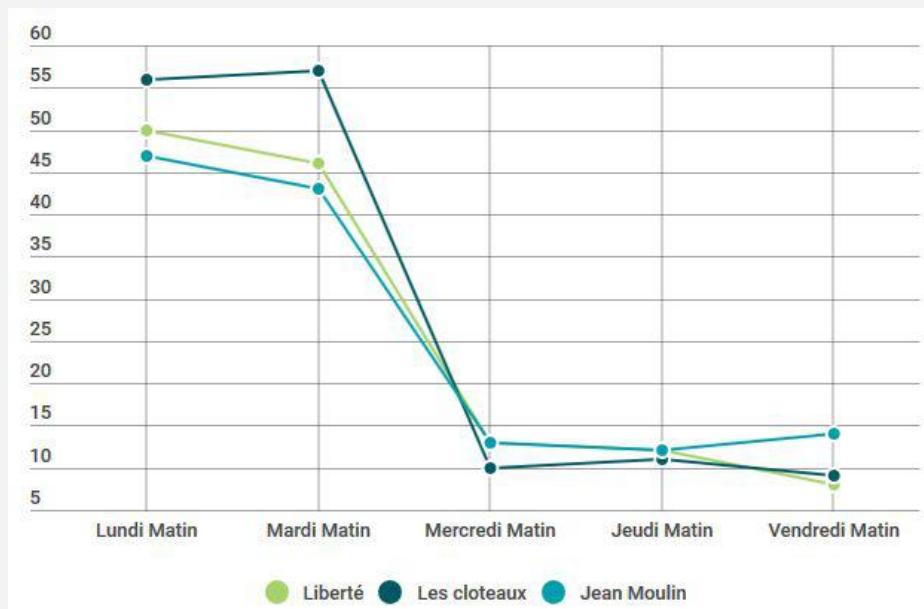
Pour le traitement de ces données, on isole pour chaque capture la valeur moyenne, minimum et maximum puis l'écart-type.

A partir de la moyenne, on peut réaliser les graphiques suivants pour les données du matin et du soir.

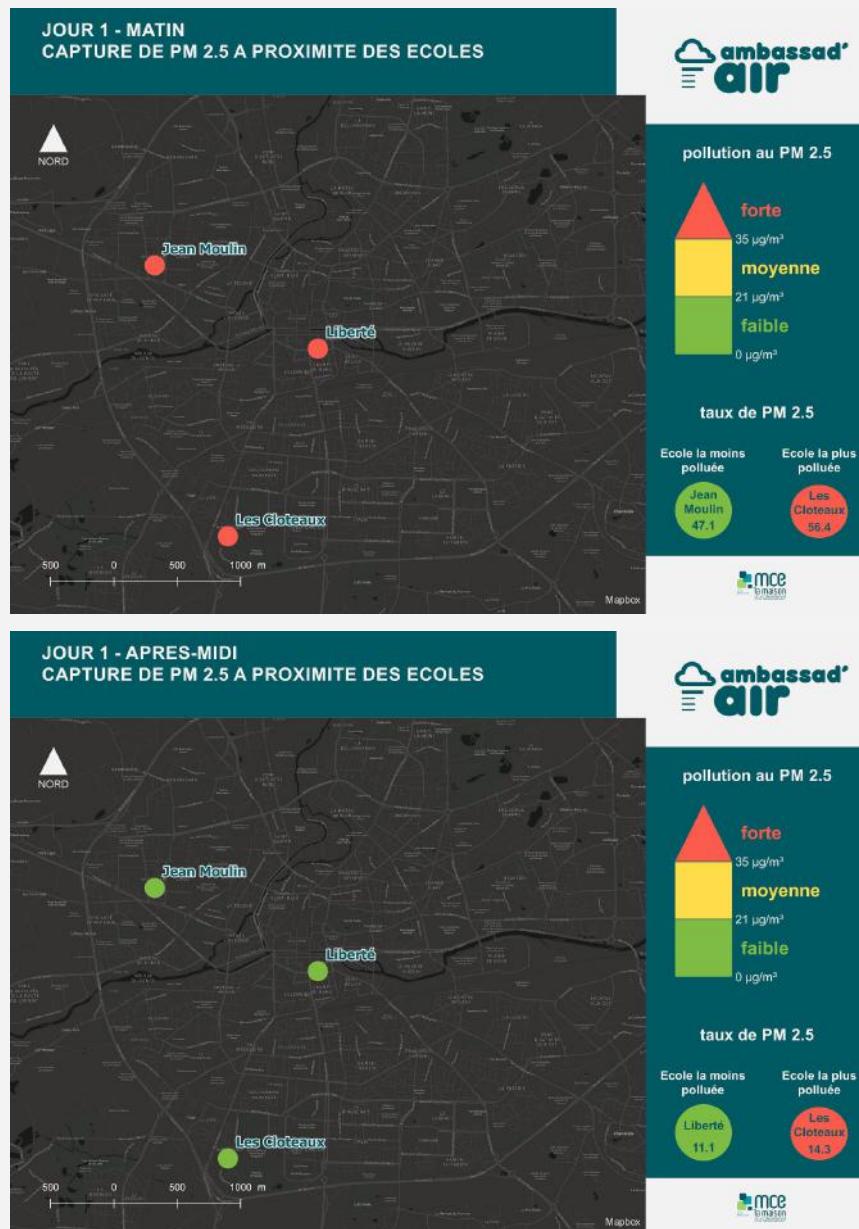
Ecole	Jour 1							
	Matin				Après-midi			
	Moyenne	Min	Max	Ecart-type	Moyenne	Min	Max	Ecart-type
école élémentaire Jean Moulin	47,1	18,1	74,9	7,7	11,2	8,6	14	1
école élémentaire Liberté	50,3	19	80,8	10,2	11,1	7,7	16,7	1,4
école élémentaire « Les clôteaux »	56,4	26,3	85,7	10,5	14,3	10,6	17,4	1,2

Pour le premier graphique représentant les valeurs moyennes de PM 2.5 pour les matinées, on peut voir que pour les trois écoles, les taux évoluent de façon identique sur la semaine, avec une **forte chute** entre le mardi et le mercredi passant de taux supérieurs à **40 µg/m³** à des taux inférieurs à **15 µg/m³**. Il est à noter que ce mercredi a été marqué par un **temps pluvieux**. Les particules fines, en suspension dans l'air viennent alors se déposer au sol sous l'effet de la pluie, **c'est un des facteurs qui peut permettre d'expliquer cette forte baisse du taux**.

Alors que le premier graphique est marqué par une forte similarité entre les écoles, le second graphique, représentant les **données pour le soir**, montre une **forte dissemblance**. On observe alors une dynamique identique sur les deux premiers jours, un écart important entre les trois écoles le mercredi, puis des valeurs qui se recentrent en dessous de **10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** pour les deux derniers jours. **On peut remarquer également qu'en moyenne, les valeurs du soir sont plus faibles que celle du matin.** Pour les valeurs matinales le maximum est de **57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** le mardi pour l'école des Clôteaux, c'est également cette école qui détient la valeur maximale pour le soir (mercredi) avec près de **23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .



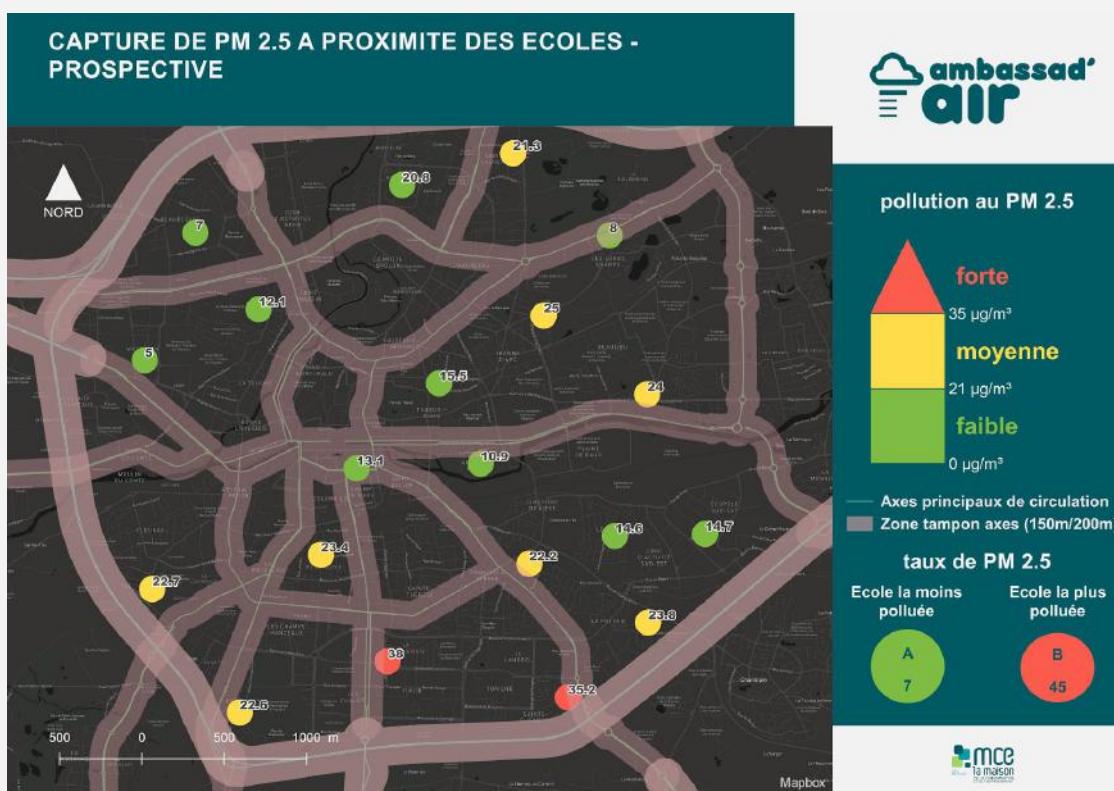
Chaque session de capture est traduite au travers de cartes (une carte par capture simultanée sur les trois écoles). Ces cartes représentent les trois écoles avec le taux moyen de PM 2.5 pour la session associée. Dans la légende, on peut voir les différents seuils de pollution qui ont été définis et explicités précédemment. Les deux cartes ci-dessous font référence aux deux premières sessions (jour 1/matin et jour 1/soir). On constate que les taux de PM 2.5 sont élevés le matin - supérieurs à **35 µg/m³**, l'école avec le taux le plus élevé étant celle des Clôteaux avec **56,4 µg/m³**. Pour cette matinée, malgré une valeur élevée également, l'école Jean Moulin dispose de la meilleure qualité de l'air avec **47,1 µg/m³**. Sur la deuxième carte, consacrée à la session du soir, les taux ont baissé et sont donc considérés comme faibles, inférieurs à **21 µg/m³**. Toutefois, l'école des Clôteaux reste celle avec la moins bonne qualité de l'air avec un taux de **14,3 µg/m³**.



Perspectives

Les cartes présentées plus haut ne présentant que les trois points relatifs aux écoles de notre expérience, la carte ci-dessous expose une extrapolation du nombre de points (ici fictifs) et les résultats possibles suite à une capture citoyenne de plus grande ampleur. Elle illustre les **possibilités d'analyse** lorsque le nombre de sites est plus important. Par exemple, elle permet d'avoir **des occurrences et de déterminer des tendances par quartier**.

De plus, on peut y rajouter des **éléments de contexte**, comme les grands axes de circulation, les parcs etc. auxquels on peut appliquer une zone tampon (voir la carte ci-dessous). La zone tampon présente cependant ses limites dans le cas d'étude sur des particules volatiles comme les PM 2.5, qui logiquement ne se concentrent pas uniquement dans des zones tampons autour des axes de circulation. Toutefois, cela demeure un outil intéressant pour analyser la position des écoles et voir si les écoles se trouvant à proximité des axes routiers (intersectant la zone tampon) sont plus polluées que les autres.



Il serait également intéressant de mobiliser les **données liées au trafic** afin de déterminer quelle influence peut avoir le trafic sur les résultats des captures.

Le CEREMA (Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement), propose dans son Open Data des données sur le trafic en différé. Il n'est cependant pas encore mis en place pour l'Ille-et-Vilaine.

Une autre approche consisterait à considérer une **capture multi-lieux**, comme l'illustre la carte ci-dessous. Ainsi, une personne, munie d'un capteur, procéderait à plusieurs captures de pollution au cours de sa journée, en différents lieux.

A titre d'exemple, après avoir déposé son enfant à l'école le matin et réalisé une première capture, la personne procéderait à une deuxième capture en arrivant sur son lieu de travail, une troisième au parc pendant sa pause déjeuner, une quatrième à proximité de son supermarché le soir en faisant ses courses. Ce parcours peut sembler un peu plus contraignant, toutefois, la durée de capture étant courte, cette approche multi-lieux reste **facilement réalisable**.

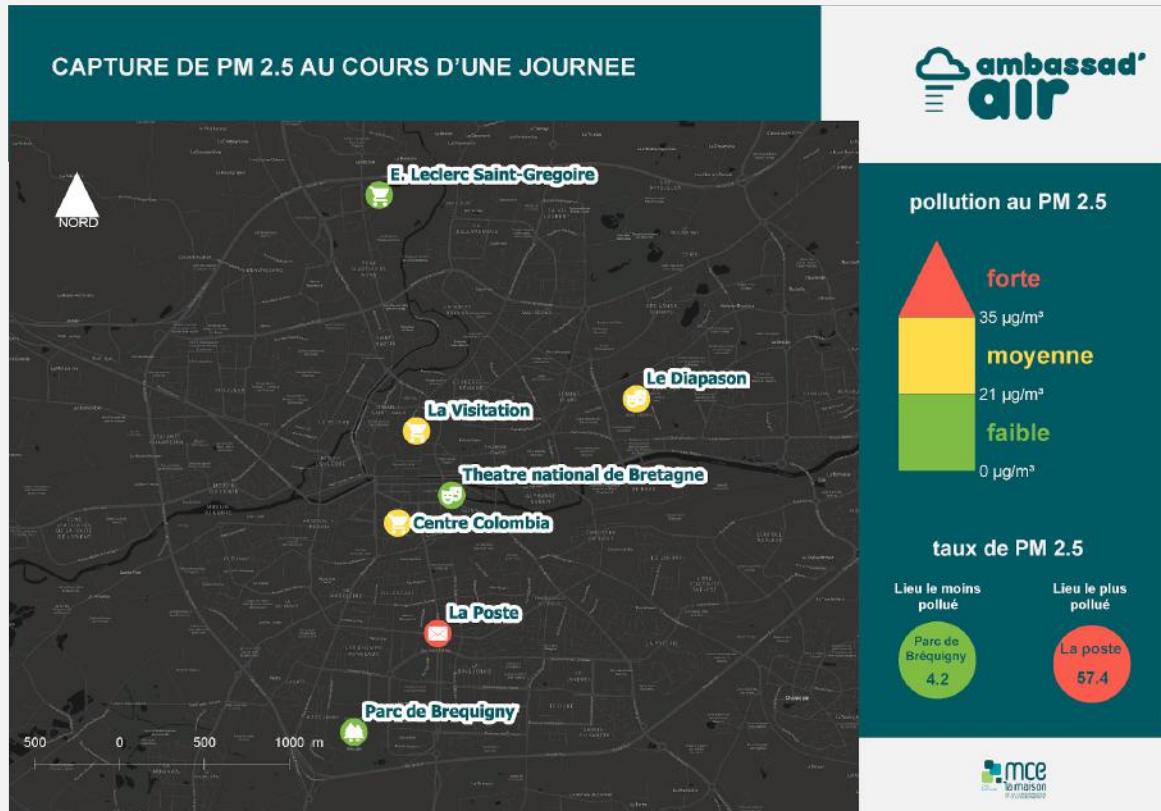
Le protocole exposé plus haut s'appliquera de manière moins stricte, la personne n'ayant pas de contraintes d'horaires particulières. Elle pourra capter de la donnée tout au long d'une journée à n'importe quelle heure de la journée sur des lieux différents.

L'intérêt de ce mode de capture repose sur deux points :

- un citoyen capteur **davantage informé sur l'air qu'il respire dans la journée**, ne se limitant pas à une mesure (ou deux) par jour. Cela pourra lui permettre d'établir une sorte de parcours de pollution de sa journée.
- **une base de données de lieux/valeurs de pollution** pourra facilement et rapidement être constituée, quadrillant le territoire d'étude, permettant de poursuivre les analyses de la qualité de l'air

On peut alors imaginer une comparaison de différents lieux avec différentes personnes (3 ou 4), cela même si ces lieux ont des fonctions différentes. Il sera également possible, dans certains cas - où les emplois du temps des personnes convergent, de faire des comparaisons d'horaires. Un créneau à respecter sur un lieu précis pourra toutefois, au cours de cette démarche de capture multi-lieux, être proposé aux participants (par exemple : le centre commercial le samedi après-midi, que plusieurs participants sont susceptibles de fréquenter sans avoir à contraindre leur emploi du temps).

Ce parcours se traduit sur cette carte avec les lieux empruntés (centres commerciaux, poste, théâtre etc).



Conclusion

La capture fixe et dirigée **s'adapte aux habitudes des citoyens volontaires**, en les accompagnant ponctuellement dans leur quotidien. Ce type de capture peut être facilement mis en place par Ambassad'Air avec des groupes d'individus ayant **un intérêt commun**. De plus, la valorisation des résultats est simple et rapide à mettre en place, qu'elle soit sous forme de graphique ou sous forme cartographique. Elle permet alors de mettre en évidence de façon assez claire les contrastes sur la qualité de l'air entre plusieurs lieux et donc d'apporter une **connaissance** dans le but de **sensibiliser les citoyens**.

Cependant, il peut être difficile de regrouper plusieurs individus susceptible d'avoir les mêmes intérêts pour un type de lieu et qu'ils soient disponibles aux mêmes horaires. En effet, ce protocole nécessite la **simultanéité des sessions** de capture pour obtenir des résultats cohérents. Il est donc possible que cela pose certains problèmes d'organisation. La capture multi-lieux qui est plus souple, peut donc être une alternative.

Capture collective mobile semi-dirigée : captopartie

Introduction

Pour la deuxième saison d'Ambassad'Air, le projet a rassemblé un total de 35 volontaires : 13 pour le Blosne et 11 pour les quartiers respectifs de Villejean et Bréquigny. A noter qu'il y avait seulement 16 volontaires en 2016/2017, répartis également entre Villejean et Le Blosne. Cette augmentation du nombre de personnes mobilisées pose la question de l'évolution autour des modes de captures collectives des données. Dans cette esprit, la captopartie (ou capt'air partie), soit un événement de capture collective mobile dirigée ou semi-dirigée, est un outil qui dépasse le cadre technique du recueil et du traitement de la donnée : il s'agit aussi de permettre aux volontaires de se retrouver et d'échanger autour d'un événement commun mais également d'établir un suivi régulier à travers ces rencontres.

Questionnements et choix opérés

Pourquoi du mobile ? Afin de couvrir une large zone de capture des données.

Pourquoi semi directif ? L'aspect directif semble indispensable afin d'assurer une bonne couverture de la zone de collecte. Nous entendons par là une couverture de la zone la plus exhaustive possible sur de petits territoires, ou, sur des espaces plus importants, qui maille le mieux le territoire de façon à limiter les "angles morts" de données. Un mode semi-directif permet cela tout en conservant une souplesse dans le protocole, garante de sa grande adaptabilité à divers territoires.

Pourquoi collectif ? Cette facette de ce mode de collecte répond à un double besoin. D'une part, sur un plan pratique, gagner en temps et d'autre part, sur un plan plus communicationnel, organiser un événement rassembleur autour du projet Ambassad'Air.

Le protocole doit répondre à certaines interrogations concernant :

La récolte de la donnée et l'organisation des bénévoles : A quelle échelle doit se faire une captopartie ? Comment organiser les volontaires lors de la capture des données ? Quels outils mettre à disposition des bénévoles ? Quelle stratégie de couverture du territoire adopter ?

La temporalité : Quelle est la durée optimale de la captopartie ? La capture doit-elle être faite en une seule fois ou répétée ?

La visualisation de la donnée : Comment visualiser les données captées ? Comment rendre la visualisation des données ludique et adaptée au grand public ? Comment apporter un autre regard sur les zones captées en intégrant des données sensibles (photos, commentaires) et donner une meilleure compréhension du territoire et des perturbations observées ?

Protocoles

Différents cas d'utilisation

En termes d'organisation de la récolte des données collectives mobiles, il nous a paru important de différencier capture en **espace ouvert** (tout espace dégagé, comme par exemple une grande place) et capture en **espace fermé** (espaces beaucoup plus contraints, typiquement, dans un environnement urbain au bâti dense : des rues). Les traitements sur la donnée en sortie ne sont pas les même. Dans un environnement urbain dense, l'espace fermé ou semi fermé sera celui que l'on rencontre le plus souvent. A partir de cette distinction, nous proposons 2 cas d'utilisation en espace fermé et 1 cas d'utilisation en espace ouvert, **qui n'était pas une priorité, et que nous n'avons donc pas approfondi** :



Cas d'utilisation 1 : capture lieu fermé

Echelle : ensemble de rues, zone d'activités, usine, campus universitaire...

Campus de Villejean

Usage : réseau linéaire et espace peu dense

Avantage : possibilité d'obtenir une mesure exhaustive des PM 2.5 dans un réseau de lignes



Cas d'utilisation 2 : capture en réseau

Echelle : ville, quartier, sous-quartier, IRIS..

Ville de Rennes et ses axes structurants

Usage : réseau linéaire et espace peu dense

Avantage : possibilité d'utiliser des modes de transport tels que le vélo pour mailler un territoire plus important



Cas d'utilisation 3 : capture lieu ouvert (piste inexplorée)

Echelle : place, large avenue, parc...

Place Charles de Gaulle

Usage : espace continu au bâti peu dense

Avantage : permet d'étudier le gradient d'un phénomène au sein d'un espace continu (son, pollution, ...)

Commun à tous les cas d'usage :

Détermination de la zone d'étude et du cas d'usage

Bien sûr, le choix de la zone d'étude est primordial. Le protocole pour ce type de collecte est déclinable pour des espaces très localisés (îlot urbain, campus, CHU, etc.) comme des espaces plus importants (quartier, voire commune). L'usage pour lequel ces protocoles sont pensés peut être de réaliser un diagnostic territorial infracommunal sur les variations des PM 2.5 à un temps T. En fonction de la configuration des lieux et de la taille de la zone que l'on souhaite étudier, il conviendra de déterminer quel est le protocole le plus adapté.

Sachant que, pour rester ludique et ne pas lasser, nous avons tablé que la captopartie ne doit pas excéder +- 30 minutes de capture de données. Afin également que la mobilisation collective se justifie, attention à ne pas choisir une zone trop petite (pour couvrir un espace intéressant pour la pollution des PM 2.5 en 30 minutes, **nous préconisons au minimum six capteurs**). A titre d'exemple, pour le test que nous avons réalisé sur le campus avec 6 capteurs, le groupe le plus long a mis 32 minutes environ pour couvrir sa zone. Or, à un échelon plus réduit, il convient sans doute davantage de se tourner vers un protocole de capture collective fixe, plus adapté.

Préparation des données pour la récolte

Afin de faciliter ultérieurement le traitement de la donnée, il convient de préparer au préalable les conditions de récolte et d'exploitation de celle-ci.

Insérer des données complémentaires de routes qui permettent de contextualiser le lieu de capture et d'exploiter la donnée récoltée. Cet aspect revêt une importance particulière lorsque l'on souhaite procéder à une capture sur des espaces fermés ou semi-fermés.

	Gratuité de la donnée	Exhaustivité et précision de la donnée	Fréquence de la mise à jour	Confiance en la donnée
OpenStreetMap	V	V	Variable (forte sur Rennes)	V
Routes 500 IGN (routes seulement)	V	X	Annuelle	V
BD Topo IGN	V (pour les missions de service public)	X	En continu	V

Nous avons fait le choix de prendre des données OpenStreetMap car elles répondent au mieux aux besoins à un échelon très localisé :

Comparaison des données disponibles pour les routes sur le campus de Villejean



OpenStreetMap

IGN Routes 500

IGN BD Topo

Quelques pré-requis organisationnels sont communs à tous les cas d'usage :

Les éléments de cadrage qui vont suivre relèvent essentiellement du bon sens mais ne sont pas à occulter pour assurer un bon déroulement de la captopartie.

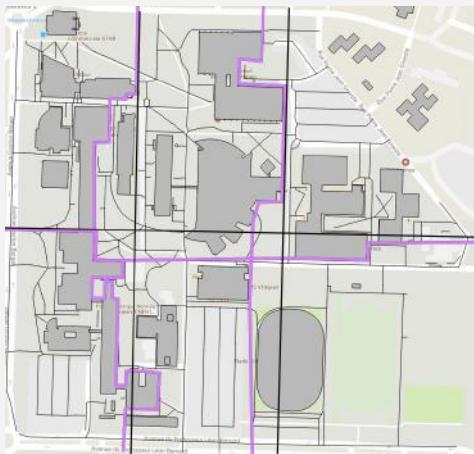
Prévoir un nombre de capteurs suffisant. Cela est une évidence, mais l'expérience pratique lors de notre captopartie test nous a montré qu'un capteur défectueux peut rendre ensuite caduque l'exploitation des données. Il est donc intéressant de prévoir un ou deux capteurs supplémentaires au cas où un problème technique surviendrait. De même, la durée de la captopartie est limitée, mais autant s'assurer que les téléphones utilisés pour le GPS ont de la batterie... Bien garder à l'esprit que le nombre de capteurs par rapport à la taille de la zone d'étude déterminera le temps passé à la couvrir.

S'assurer d'avoir un nombre de volontaires adéquat. Pour les protocoles d'espace ouvert et réseau, le nombre minimum sera d'un par capteur. Concernant le protocole d'espace fermé il sera nécessaire d'avoir deux personnes par capteur. En effet, ainsi une personne s'occupera du capteur et de l'évolution de la donnée tandis que son binôme gérera la grille d'observation.

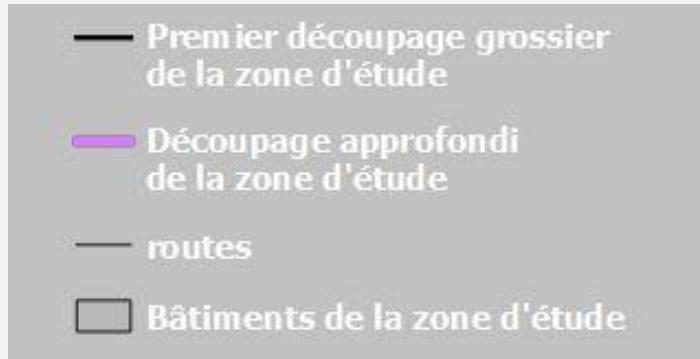
Fournir un plan de la zone aux participants. Imprimer un plan s'avère impératif afin que chaque volontaire ait une visualisation de la zone d'action et de la zone qu'il devra personnellement couvrir. Par souci pratique, **ce plan sera basé sur les données de voies de circulation et bâtiments téléchargées**. Opérer ensuite une découpe (même grossière, il ne s'agit pas ici d'être extrêmement précis) selon un quadrillage comprenant autant d'éléments que le nombre de capteurs mobilisés. **Quelle stratégie de couverture du territoire ?** Là encore, il a fallu trancher selon des considérations techniques et pratiques. La captopartie visant à tirer bénéfice des aspects collectif et mobile de la capture pour couvrir une large zone, nous préconisons de se limiter autant que possible à un seul passage par espace que l'on souhaite couvrir. D'où l'intérêt de préparer la captopartie en

distribuant des plans aux participants. Nous détaillerons cela plus avant pour chaque cas d'utilisation.

Il y a encore un écueil à éviter lors de la création de la grille : prendre en compte les bâtiments (ou le grand mobilier urbain) qui gênent la couverture du terrain pour du linéaire. **A ce moment là, procéder d'abord à un découpage grossier selon un carroyage puis on adapte en fonction des bâtiments si ceux ci gênent la circulation des volontaires.**



◀ Exemple de découpage lors de la captopartie test



A partir de ce plan et des zones créées, sortir des grilles d'observations. Elles permettront d'apporter une approche "sensible" de la donnée en donnant une possibilité d'annotation (observations générales sur les conditions de la capture, lors de pics de pollution, etc.). **Le prototype de la grille de lecture se trouve en annexe.**

Différenciation des cas d'utilisation

Cas 1 : capture collective en lieu fermé

Besoins :

Mesurer les variations de valeur de PM 2.5 au sein d'un réseau routier linéaire ou un espace au bâti dense, en vue de voir l'impact des voies de communication sur la variation des particules fines.

Permet de répondre aux sollicitations d'un collectif sur l'analyse d'un lieu précis. Des personnes impliquées dans la vie qu'un quartier, ou un collectif de sensibilisation à la pollution peuvent avoir un intérêt à ce genre d'initiative.

Cela peut aussi permettre aux citoyens de choisir leurs trajets quotidiens en fonction des résultats, en vue de limiter leur exposition personnelle aux particules fines (la capture opérée dans ce cadre pourrait servir de préalable à l'application d'un protocole de capture individuelle et autonome).

Usages :

Quelques exemples : étude au sein d'une usine, d'un aéroport, d'un îlot urbain.

Un projet porté par un collectif organisé (DRIM de l'université Rennes 2, MCE etc.)

Cela permet de dresser le diagnostic de pollution d'un espace à l'instant T. L'emprise dépendra bien évidemment du nombre de capteurs disponibles.

Principe :

Couvrir toutes les routes de la zone d'étude à plusieurs de la manière la plus exhaustive possible. L'idéal serait que toutes les routes soient parcourues pour avoir une précision optimale du résultat cartographique.

Pour rappel, dans un soucis pratique, il faudrait être au moins deux personnes par capteur : le première qui s'occupe du capteur tandis que la seconde prend des notes selon les grille de lecture afin de répertorier manuellement les points potentiellement polluants

Cas 2 : capture collective en réseau

Besoins :

Mesurer les variations de valeur de PM 2.5 au sein d'un réseau routier linéaire ou un espace au bâti dense, en vue de voir l'impact des voies de communication sur la variation des particules fines. Comparée à la méthode en espaces fermés, celle-ci tend plus à capter de la donnée sur un réseau linéaire que sur un territoire. Comme, par exemple, l'étude des axes majeurs d'une ville.

Usages :

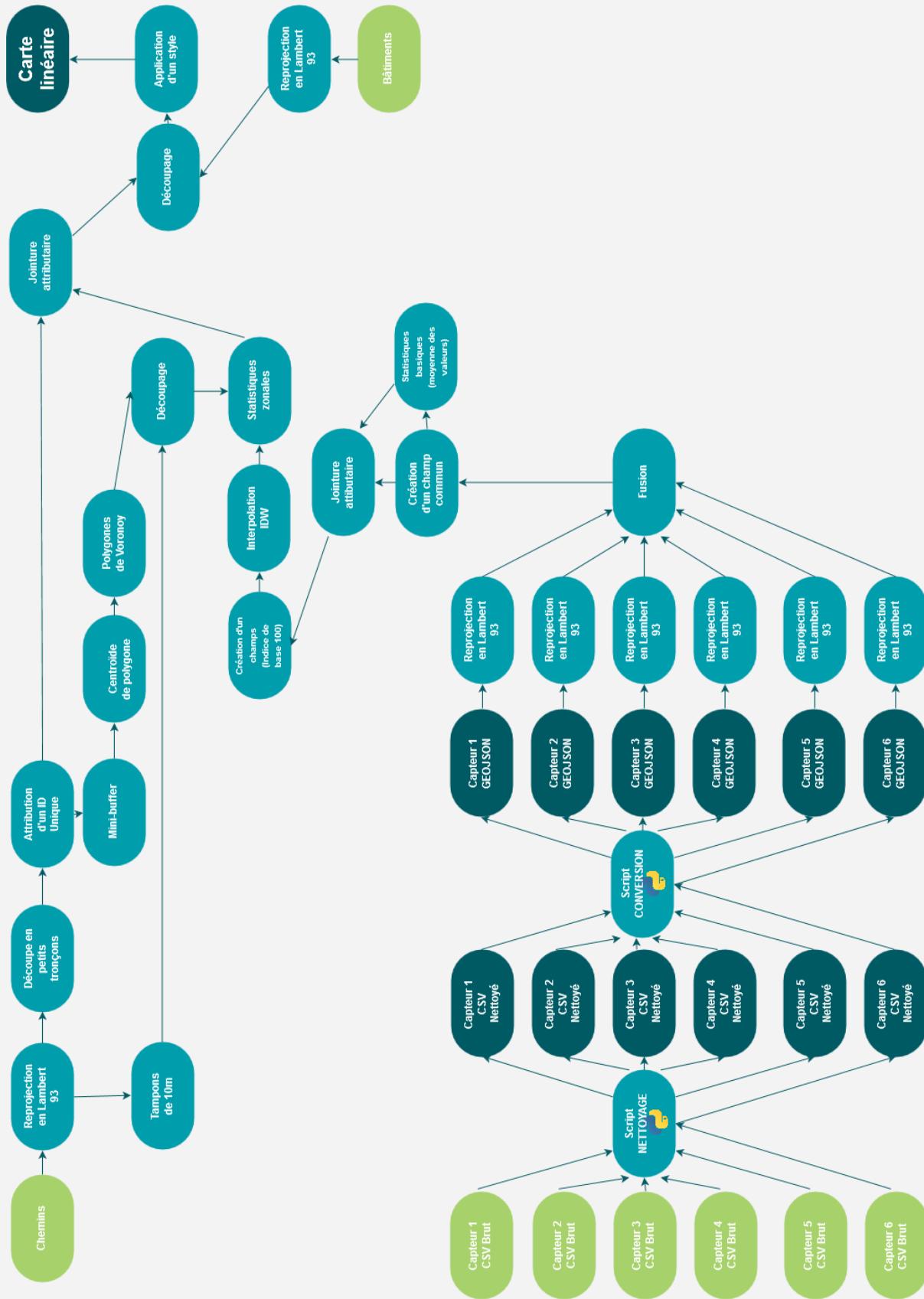
Cela peut permettre d'établir un gradient de pollution centre-périphérie dans un ville par exemple. Cela peut servir à des associations tel Rayon d'Action, qui est une association de cyclistes qui pourrait être intéressé par ce genre d'initiative. Les cyclistes étant fortement exposés à ce type de particules, les informer à ce sujet pourrait les intéresser pour un partenariat futur permettant de tester ce protocole. Bien entendu, cela peut aussi intéresser d'autres types de collectifs tel des randonneurs (chemins de randonnées urbaines sur Rennes Métropole).

Principe :

Le cas d'utilisation de la captopartie en réseau a pour but de couvrir un plus grand territoire que la captopartie en espace fermé, mais de façon moins précise, moins exhaustive. En effet dans cette méthode les participants auront pour mission de couvrir des axes majeurs ou des axes choisis pour l'étude.

Le principe de base est de couvrir des axes où l'on souhaite comparer un même phénomène (bruit, son, luminosité,...). Pour ce faire, les volontaires se retrouvent au centre de l'espace étudié (ville, quartier,...), et partent chacun sur un axe différent vers les périphéries de ce centre. Une variante peut les faire partir des périphéries pour se retrouver au centre. Lorsque l'on parle des axes majeurs centre/périphéries, il peut également s'agir des axes concentriques d'une ville ou d'un quartier (boulevards, rocade, avenues,...)

Chaîne de traitements :



L'objectif de la chaîne de traitements est d'obtenir un résultat sous forme linéaire représentant les taux de pollution pour chaque chemin de la zone d'étude. Le but étant d'intégrer les valeurs de PM 2.5 de type ponctuel à des entités de routes de type linéaire. Cette chaîne de traitements décrit les étapes à suivre à partir des fichiers bruts téléchargés jusqu'au résultat cartographique final.

Nous téléchargeons donc les données brutes sous la forme d'un CSV où les valeurs sont empilées selon le type de capture. Il est donc inexploitable en tant que tel dans un logiciel SIG. Le **script python** "Nettoyage" permet de remédier à ce problème et d'obtenir un CSV utilisable pour une analyse des valeurs des particules fines. Ce script n'est utilisable que pour les données issues d'AirCasting. Puis, un nouveau script python, "Conversion" permet de convertir ces **CSV nettoyés** directement en format GeoJSON, un format de données géographiques libre et directement exploitable. C'est à partir de ces données ponctuelles fusionnées que nous effectuerons la suite de nos traitements.

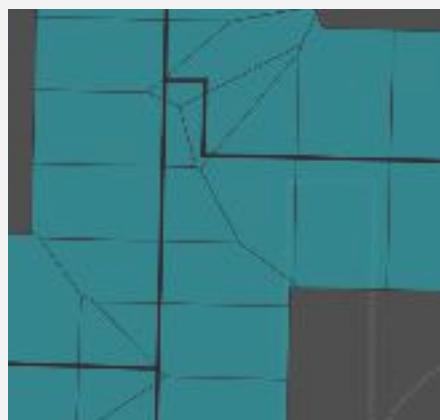
Ensuite, nous ne souhaitons visualiser qu'un ordre de grandeur entre les valeurs et non stigmatiser une zone comme étant polluée. En effet, les taux captés sont dépendants de plusieurs facteurs extérieurs (météo etc.) et ne montrent la pollution qu'à un instant T. Notre objectif est donc de voir si une zone est plus polluée qu'une autre dans la zone d'étude, et non de savoir si la zone d'étude est globalement polluée. Pour cette raison, nous avons décidé de réaliser un **indice de base 100** centrée sur la moyenne. Nous effectuons cette opération depuis la couche des points fusionnés, et est calculé ainsi :

$$\text{Indice} = (\text{Valeur de PM 2.5} / \text{Valeur moyenne de tous les points}) \times 100$$

L'étape suivante consiste à réaliser une **interpolation** des indices des points fusionnés. L'interpolation sera de type IDW car elle prend en compte les distances. En effet, l'objectif étant de rattacher ces valeurs aux lignes, les distances des points à celles-ci doivent être pris en compte. Nous obtenons donc une couche matricielle montrant de manière continue la pollution sur la zone d'étude, en ayant l'emprise de nos routes.

Avant de réaliser la suite de nos traitements, il nous faut bien préparer la donnée de nos chemins. Pour cela, nous allons préalablement **découper nos lignes en petits tronçons** de 10 mètres. Cette opération permet de pallier à d'éventuelles lignes trop longues pour nos traitements pour lesquels une seule valeur de pollution sera présente sur toute sa longueur. À partir de ces petits tronçons, nous allons effectuer deux opérations : une zone tampon autour des routes et une **Polygonisation de Voronoï** autour des centroïdes de lignes. La zone tampon, fixée à 10 mètres, permet de délimiter une zone d'influence des routes. La polygonisation de Voronoï quant à elle permet de séparer les zones d'influences de chaque ligne. Le découpage des tampons par les polygones de Voronoï a pour objectif de **définir précisément les zones d'influences de chaque tronçon** des lignes afin qu'elles ne soient pas superposées entre elles, comme le montre l'exemple.

À ce moment du traitement, nous avons deux couches principales : le raster de l'interpolation des points et les zones d'influence de chaque tronçons. Nous allons donc les lier entre elles en calculant la moyenne des valeurs des pixels du raster présents à l'intérieur

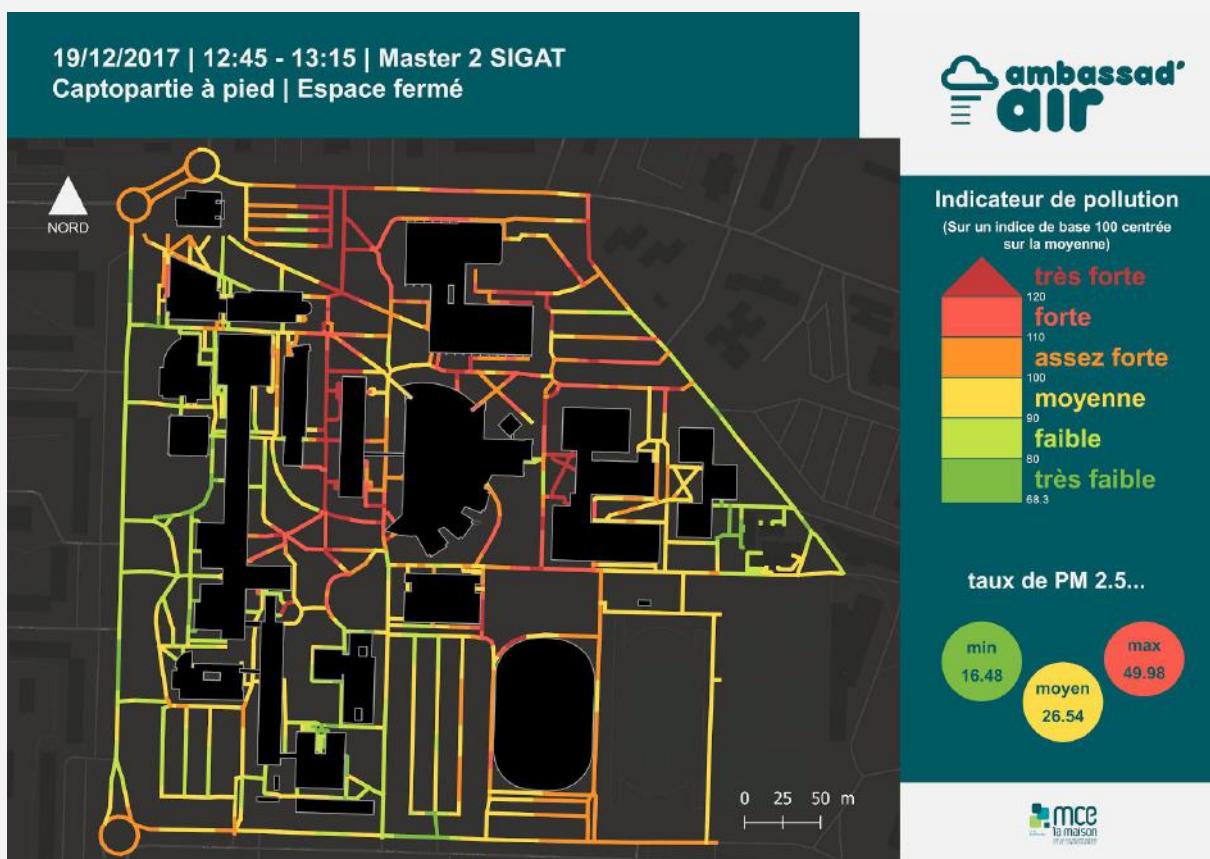


de ceux-ci en réalisant des **statistiques zonales**. Cela nous permet d'obtenir un taux de pollution moyen par polygone. Puis, nous allons **rapatrier ces valeurs dans la table des tronçons de lignes** par une jointure attributaire. À ce moment là, nous avons des valeurs de PM 2.5 pour chaque ligne.

La dernière opération consiste à **découper les lignes par la couche des bâtiments**. En effet, certaines sources de données incluent des chemins à l'intérieur de ceux-ci. Il ne serait pas pertinent de les garder puisque la pollution dans un bâtiment n'est pas la même que celle en plein air. À cela, nous appliquons un fichier de style afin d'avoir un rendu visuel compréhensible de tous.

Dans l'idéal, toute cette chaîne de traitements devra être réalisée sous la forme d'un model builder/modeleur graphique unique et interopérable sur toutes les versions du logiciel utilisé. Nous préconisons l'utilisation d'un outil comme QGIS puisqu'il est gratuit et donc utilisable par tous. La conception de ce modeleur graphique opérationnel permettra une **automatisation** du processus de traitement, et d'obtenir un résultat rapidement après la récolte des données.

Suite à la captopartie effectuée, c'est cette chaîne de traitements que nous avons utilisée. Nous obtenons donc le résultat ci-dessous montrant les différences relatives de pollution captées à l'intérieur du campus Villejean de l'université Rennes 2.



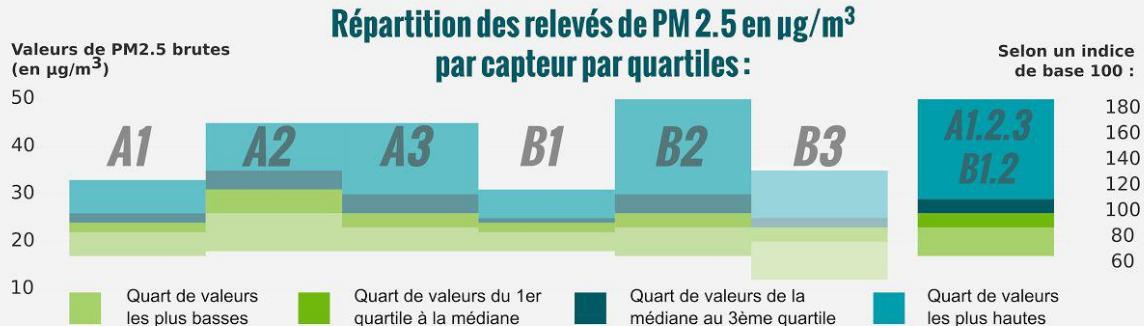
La visualisation obtenue permet de mettre en avant une zone en rouge plus polluée relativement par rapport au reste du campus. Néanmoins, cette zone correspond à celle d'un des six capteurs de l'événement pour lequel la moyenne des valeurs de PM 2.5 est plus

élevée comme l'attestent les statistiques ci-dessous. Or, avec les données que nous possédons, il n'est pas possible de savoir si cette différence est due à une inexactitude des relevés du capteur, ou si cette zone était réellement plus polluée que les autres au moment de la captopartie.

La captopartie en chiffres

Le 19/12/17 à 12h45, d'une durée de 15 à 30 minutes
sur le campus Villejean à Rennes, un espace fermé de 16,7 ha
11 participants - 6 capteurs - 6 zones à couvrir

Minimun : 17.41
Moyenne : 24.14
Mediane : 23.84
Maximum : 32.81
Nombre de points : 1232
Fréquence : 1sec
Qualité du GPS : OK



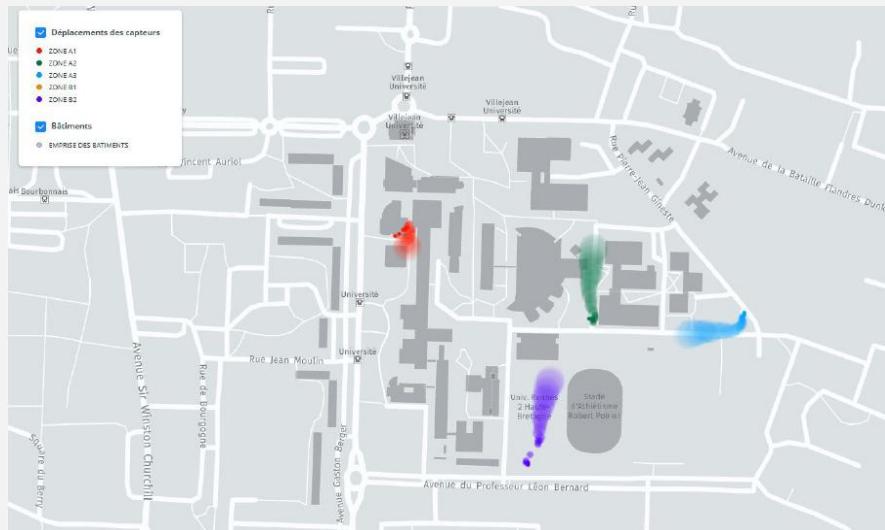
Nous n'avons gardé que les **5 capteurs opérationnels**.
Et afin de ne montrer qu'un ordre de grandeur entre les valeurs, nous avons établi un indice de base 100 calculé comme suit : INDICE = (Valeurs / Moyenne des valeurs) X 100

	PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Indice
Minimum	16,48	62,09
Moyenne	26,54	100
Mediane	25,6	96,56
Maximum	49,98	188,3

Sur les **6914** points conservés, leur taux de PM 2.5 se répartit ainsi :

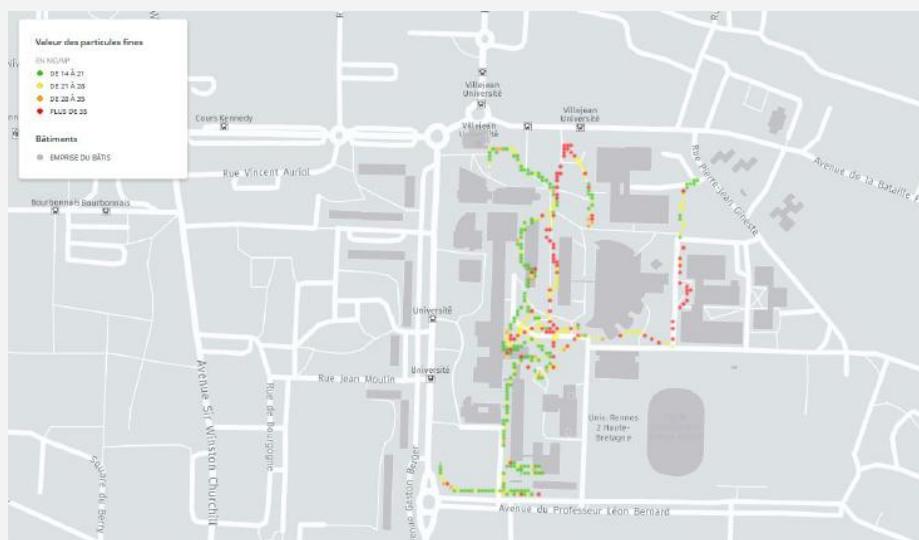
Carto.com - Cartes Spatio-temporelles

Son utilisation se fait avec un compte *Carto.com*. Il s'agit des déplacements des porteurs de capteurs dans l'espace et le temps sur le campus Villejean. Cette méthode permet aux utilisateurs d'observer leur évolution dans l'espace au cours de la captopartie sans les données.



<https://toto33.carto.com/builder/c25ae104-ebdc-4194-b190-778fac660d7a/embed>

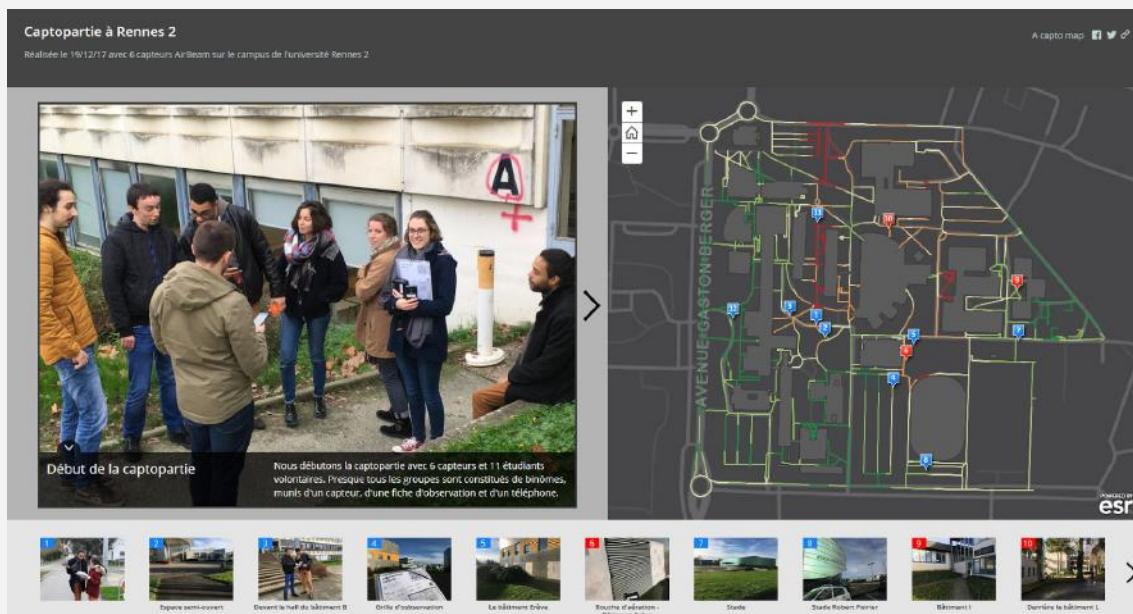
Cette deuxième méthode ci-dessous permet aux utilisateurs d'observer l'évolution des données de pollution dans l'espace au cours de la captopartie, ils peuvent ainsi voir ludiquement leur contribution.



<https://toto33.carto.com/builder/7b11d1ad-20ce-4e53-a7c8-a306d76702cf/embed>

Story map - Narration interactive

L'utilisation de cet outil se fait avec un compte ArcGis Online. Il permet de narrer le déroulement de la captopartie tout en illustrant cette dernière. Son côté ludique lui permet d'être apprécié du plus grand nombre et offre un bon support de communication.

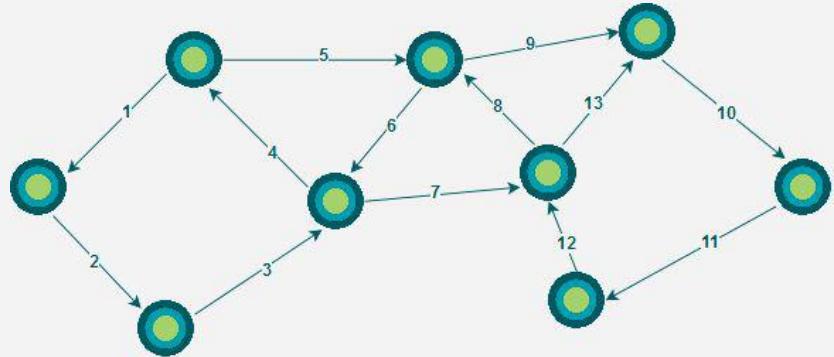


<http://www.arcgis.com/apps/MapTour/index.html?appid=c43d292d8f214230aa6d1d8806ac2216#>

Pistes d'amélioration

De plus, un autre problème doit être soulevé, celui de la distinction entre espace ouvert et fermé. En effet, selon le type d'espace, nous obtenons un résultat cartographique différent, respectivement linéaire et matriciel. Mais que faire lorsque notre zone d'étude est mi-ouverte mi-fermée ? Il n'y a pas, dans la réalité, de délimitation stricte entre ces deux notions. L'idéal serait d'avoir un mode de représentation unique qui permette de pallier ce problème, mais nous pourrions perdre en précision lors de notre résultat final.

Ensuite, un problème majeur s'est posé lors de notre réflexion. En effet, de quelle manière diriger précisément nos participants ? Nous avons opté pour un découpage zonal où chacun devait parcourir de A à Z son carreau. Néanmoins cela peut créer des incohérences lorsque certaines routes ne sont pas parcourues, alors leur valeur attribuée sera celles des routes alentours. De plus, les routes peuvent être parcourues plusieurs fois ce qui pourrait donc poser un problème lors de la transition entre plusieurs capteurs. L'idéal serait que toutes les routes soient parcourues, et qu'une seule fois. Néanmoins, la modélisation de ces prérequis n'est pas aisée. Il faudrait pour diriger les participants d'une manière optimale se baser sur un algorithme d'Euler. Cet algorithme permet de faire en sorte que dans un réseau chaque ligne soit parcourue une seule fois uniquement, mais que toutes les lignes le soient comme l'illustre le graphique page suivante:



Néanmoins, cet algorithme n'est pas parfait et devra être remodelé en vue d'être utilisé dans notre cas de figure. En effet, il est très dépendant de la structure de base du réseau et si celui-ci n'est pas adéquat, le résultat ne sera pas parfait. Or, le fait que nous disposions de plusieurs capteurs lors d'événements comme les captoparties pourrait être une variable d'ajustement. Cependant, faire tourner autant d'algorithmes qu'il y a de capteurs et faire en sorte que chacun des résultats ne soit pas superposé est une tâche difficile. Enfin, il ne permettra pas de résoudre le fait que tous les participants partent du même point de départ, et que donc les chemins du début seront parcourus par tous, selon la configuration des lieux.

Conclusion

La captopartie répond au besoin que peut avoir un groupe de personnes partenaires qui souhaiteraient couvrir un territoire relativement large à l'échelon infracommunal (un quartier, par exemple) ou plus réduit (un îlot urbain, un campus, une grande place). Les usages que nous avons défini à partir de là tirent partie des aspects collectif et mobile de ce mode de capture. Soit en proposant de capter la donnée sur un réseau au maillage lâche et assez large, soit sur des espaces plus localisés mais en les couvrant de façon plus exhaustive. Nous avons tenté d'adapter les protocoles aux besoins et aux usages en offrant quelque chose d'unique pour chaque cas d'usage (constitution d'une grille de lecture, possibilité de capter la donnée à vélo...). La configuration de captation semi-dirigée doit permettre d'améliorer les conditions de capture en offrant un cadrage sans pour autant constituer un frein pour trouver des volontaires en supprimant le côté ludique de la captopartie.

Le concept est intéressant car c'est un véritable atout en termes de communication : un évènement rassembleur qui produit des résultats visuels. Mais pour en arriver là, il faut porter une réflexion en amont sur la donnée. La proposition que nous avons faite est de réaliser une chaîne de traitements visant à rapatrier les données captées sur du linéaire. Mais il est tout à fait possible d'explorer d'autres voies.

Enfin, en tant que pistes d'amélioration, nous pourrions imaginer de développer le concept de captopartie pour le faire sous forme de jeu (chasse au trésor, conquête d'un territoire selon un quadrillage... les possibilités sont nombreuses).

Conclusion générale

Le projet Ambassad'Air est un projet ambitieux qui s'inscrit dans une démarche de sciences citoyennes. Il permet d'offrir à chaque citoyen ou groupe constitué la possibilité de capter des données et donc d'acquérir des informations qui constituent une base de connaissances sur la qualité de l'air à l'échelle de la ville de Rennes. La première saison du projet Ambassad'Air a permis de collecter une grande quantité de données. Cependant, un bémol pourrait être le fait que l'absence de protocole de collecte a pu rendre la donnée difficile à exploiter et interpréter.

Pourtant, il serait possible de produire une donnée exploitable et valorisable. L'utilisation de micro-capteurs s'inscrit dans un mouvement dynamique et en perpétuelle évolution. Moins chers, légers, portables, ils s'adaptent à l'échelle de l'individu et permettent de nombreuses formes d'utilisation. Ce travail a ainsi permis de repenser la collecte citoyenne depuis le besoin et d'en déduire 4 protocoles de collecte différents se déclinant en divers cas d'utilisation du capteur. Au delà des moyens de valorisation de la donnée réside donc la nécessité de réfléchir autour de la définition du besoin et des usages, de l'organisation de la capture, jusqu'à la structuration de la donnée.

Les protocoles développés ici sont bien sûr perfectibles. Ce projet est en effet basé sur un sujet scientifique complexe, nécessitant des connaissances rigoureuses sur l'environnement, la diffusion des polluants et la capture de données. Les particules fines sont par ailleurs un type de polluant très particulier, dont les origines peuvent être très diverses et dont la mesure offre des données parfois difficiles à interpréter. Dans un second temps, il pourrait alors être intéressant de porter une réflexion sur l'automatisation du stockage et des traitements de la donnée.

Finalement, les protocoles exposés ici ont été conçus pour mesurer des taux de particules fines, mais peuvent être également pertinents dans un contexte de mesure d'autre polluants. D'ailleurs, le contexte dynamique autour des technologies liées aux micro-capteurs est très encourageant pour le projet Ambassad'air. Ce dernier pourra sûrement compter sur des capteurs de meilleure qualité, une donnée plus fiable, ce qui donnera plus de poids à l'initiative.

Annexes

Fiche protocole : capture individuelle et autonome

	CAPTURE UNIQUE MOBILE	CAPTURE UNIQUE FIXE	OBSERVATION MOBILE LONGUE	OBSERVATION FIXE LONGUE	RECHERCHE DE TRAJET OPTIMAL
Type de capture	Outdoor	Outdoor ou indoor	Outdoor	Outdoor ou indoor	Outdoor
Exemple d'objectif et d'intérêt	Quel pollution je rencontre sur ce trajet ?	La pollution de particule fine varie-t-elle devant chez moi au cours de la journée ?	Quel pollution je rencontre sur les trajet que j'effectue ?	Quel est mon exposition à la pollution au bureau au cours de la semaine ?	Quel trajet est le moins pollué pour me rendre au travail ?
Fréquence / Durée	Une seule capture	Une seule capture	Plusieurs captures	Plusieurs captures	Plusieurs captures
Horaires	Libre	Libre	Libres	Mêmes horaires pour chaque capture	Mêmes horaires pour chaque capture
Représentation des données	Cartographie linéaire - 3D - spatiotemporel	Rapport de session	Cartographie linéaire - atlas - carroyage	Rapport	Cartographie (carroyage)
Autre / Spécificité	x	x	x	Même lieu à chaque capture	Même trajet à chaque capture

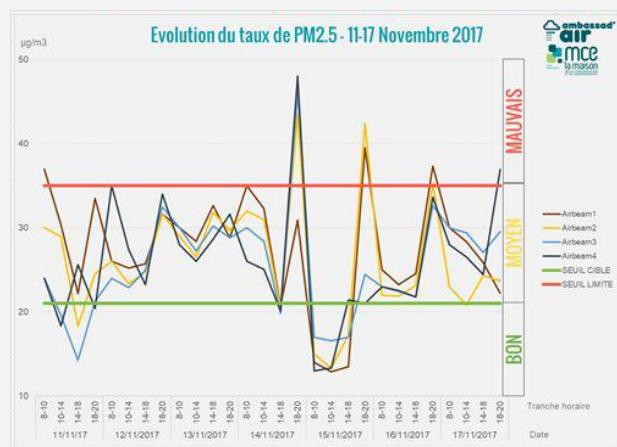
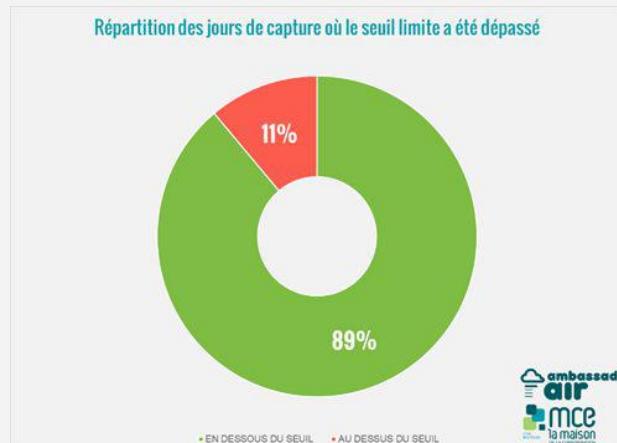
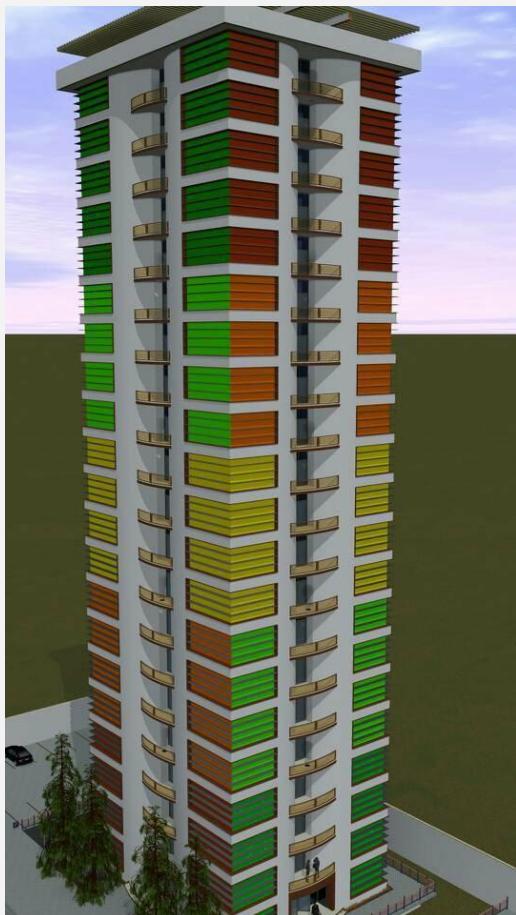
Fiche protocole : Capture Collective Fixe Longue

Tableau récapitulatif

	Capture verticale	Capture Linéaire	Capture de Zone
Objectif/Intérêt	Mesurer les variations de valeur de PM 2.5 selon l'altitude et l'orientation	Mesurer les variations de valeur de PM 2.5 sur une distance fixée	Mesurer les variations de valeur de PM 2.5 sur un espace défini
Echelle spatiale	Axe verticale	Axe horizontal	Zonage
Exemple	Tour des horizons 	Croisement de la rue de la Palestine et de la rue Honoré de Balzac 	Esplanade Charles-de-Gaulle 
Quels types de participants	Selon le collectif mobilisé (habitants, commerçants, écoliers etc.)		
Nbre de Participants	En fonction du nombre de volontaires et de la zone étudiée		
Nbre de capteurs	Variable selon la hauteur du bâtiment	Variable selon l'espace de capture	
Fréquence / Durée	Durée de la capture : 30 jours Fréquence de la capture : une session par jour entre 8h et 20h en continue		
Répartition sur la zone d'étude	Espacement similaire entre les étages d'une même façade	Un capteur tous les 100 mètres minimum	Répartition homogène sur l'ensemble de la zone d'étude
Représentation des données	Visualisation 3D	Rendu spatio-temporel par tranches horaires	

Capture verticale - Exemple de rendu

A l'aide de 20 volontaires, habitants d'un immeuble de 20 étages, une capture collective fixe longue a été réalisé entre le 11 et le 17 novembre 2017. Cet immeuble est situé au coeur de la vie rennaise et placé proche de la voirie. L'analyse à pour but de visualiser la qualité de l'air au sein d'un voisinage d'un même immeuble. La représentation cartographique est sous forme de 3D valorisant les façades de l'immeuble en identifiant les écarts entre les étages.

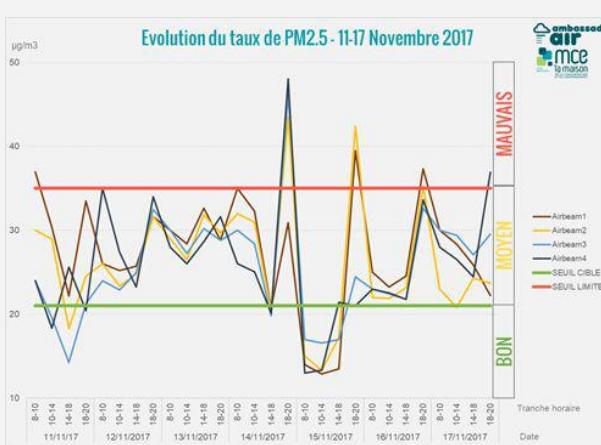


Analyse des résultats

Sur cette période de capture, il y a eu une journée où la mesure a dépassé le seuil de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Au sein de cette journée, le seuil a été dépassé entre 18h et 20h uniquement.

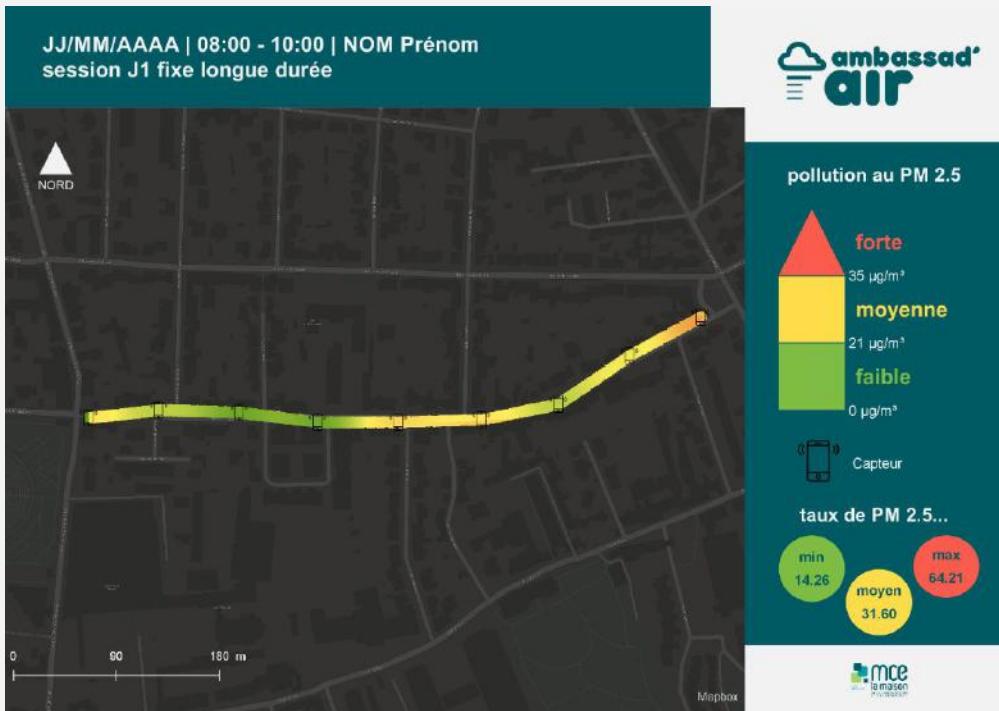
Aucun effet localisé n'a été remarqué sur la période de capture, les mesures suivaient les tendances observées par AirBreizh.

La qualité de l'air varie légèrement entre le voisinage cependant la qualité de l'air est meilleur aux derniers étages.



Capture linéaire - Exemple de rendu

A l'aide de 9 volontaires, habitants au sein d'une même rue, une capture collective fixe longue a été organisée entre le 11 et 17 novembre 2017 pour visualiser la qualité de l'air de la rue. Chaque capteur a été positionné à la fenêtre ou sur le balcon des maisons. La représentation graphique est sous forme d'un GIF permettant une visualisation dynamique pour l'ensemble de la rue.

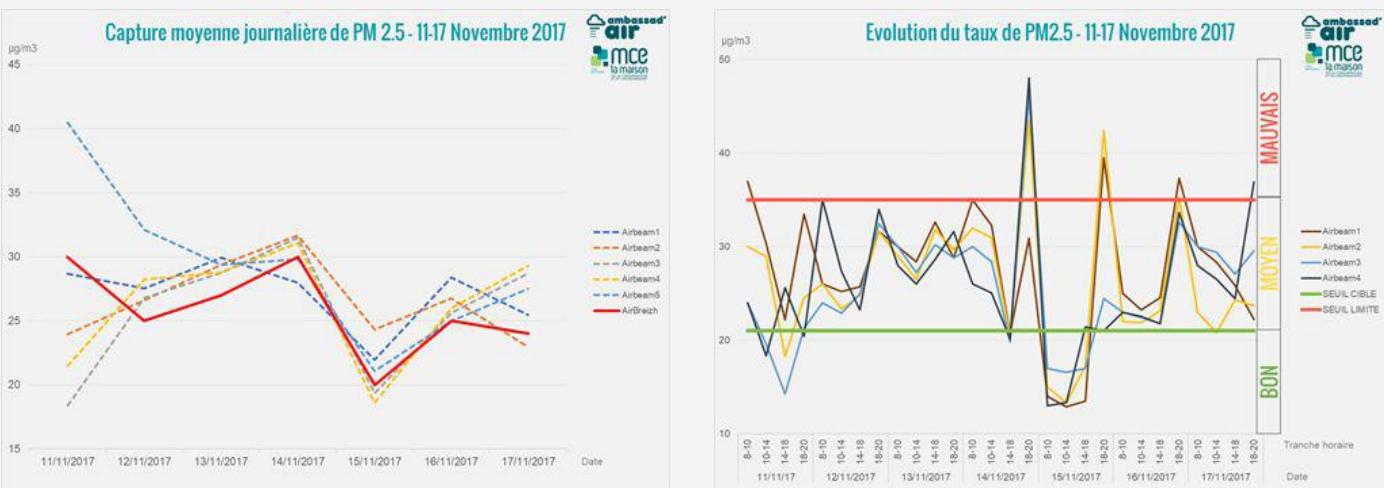


Analyse des résultats

Sur cette période de capture, il y a eu une journée où la mesure a dépassé le seuil de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Au sein de cette journée, le seuil a été dépassé entre 18h et 20h uniquement.

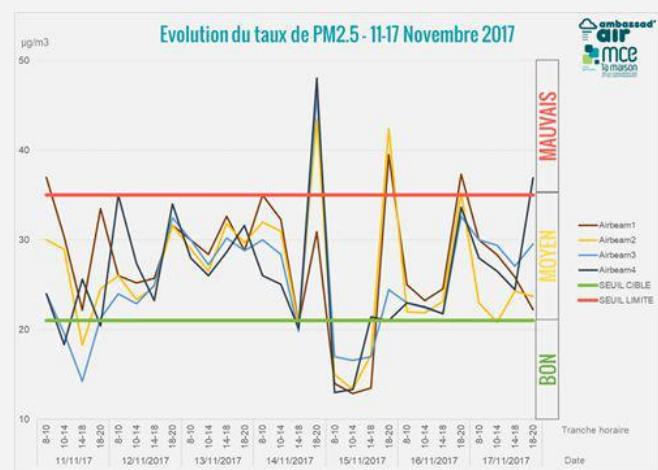
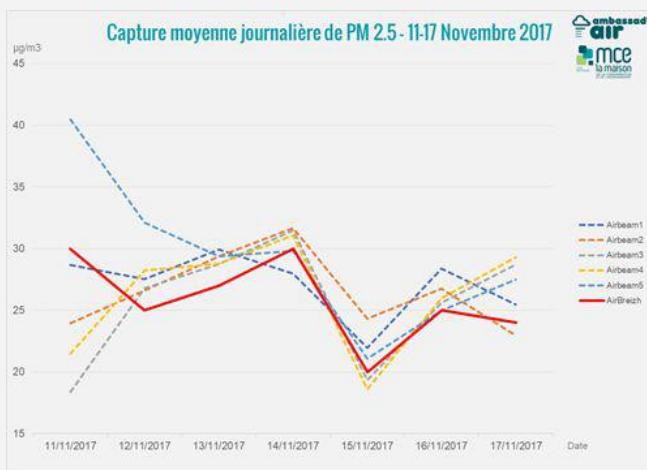
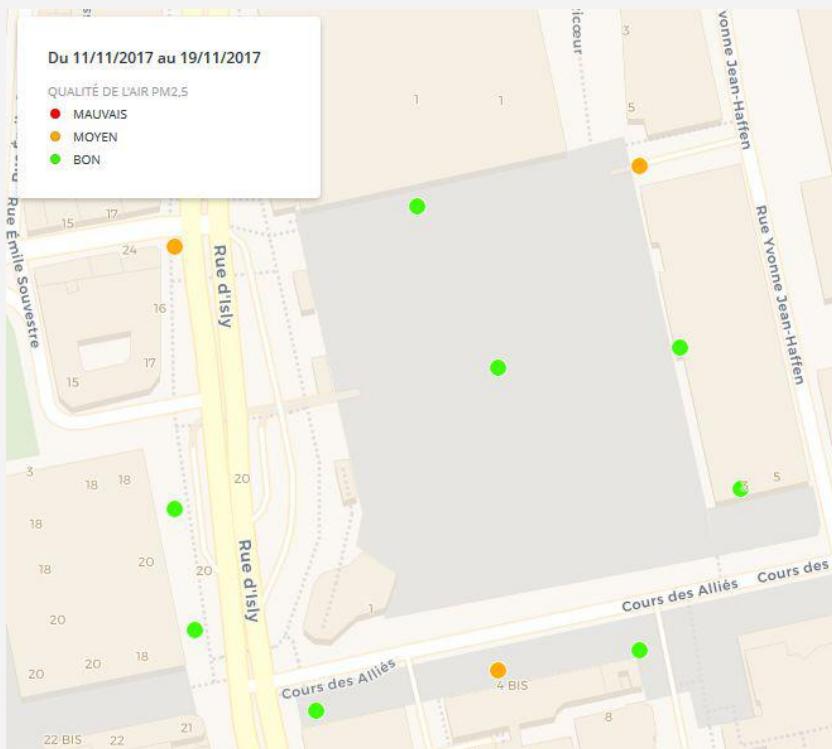
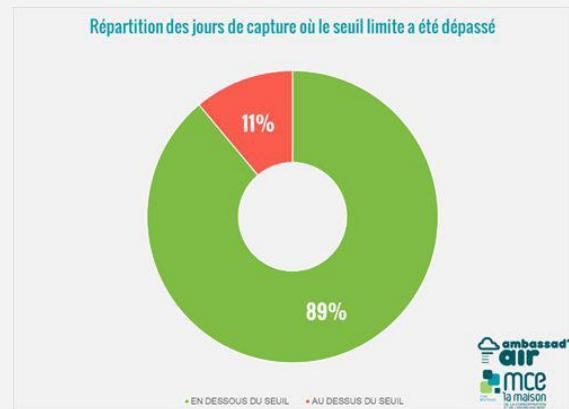
Aucun effet localisé n'a été remarqué sur la période de capture, les mesures suivaient les tendances observées par AirBreizh.

La qualité varie légèrement entre les foyers. Cependant la qualité de l'air est meilleur loin des réseaux routiers sur la période entre le 11 et 17 novembre 2017.



Capture de zone - Exemple de rendu

A l'aide de 11 volontaires, commerçants au sein de la place Charles de Gaulle à Rennes, une capture collective fixe longue a été organisée entre le 11 et le 17 novembre 2017 afin de visualiser la qualité de l'air de la place. Chaque capteur est positionné à l'entrée des commerces afin d'harmoniser les résultats de la capture. La représentation cartographique est dynamique permettant de visualiser la variation de la qualité de l'air sur toute la période de capture.



Analyse des résultats

Sur cette période de capture, il y a eu une journée où la mesure a dépassé le seuil de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Au sein de cette journée, le seuil a été dépassé entre 18h et 20h uniquement.

Aucun effet localisé n'a été remarqué sur la période de capture, les mesures suivaient les tendances observées par AirBreizh.

La qualité varie légèrement entre les commerces. Cependant la qualité de l'air semble meilleur loin des réseaux routiers entre le 11 et 17 novembre 2017.

Fiche protocole capture collective fixe et dirigée

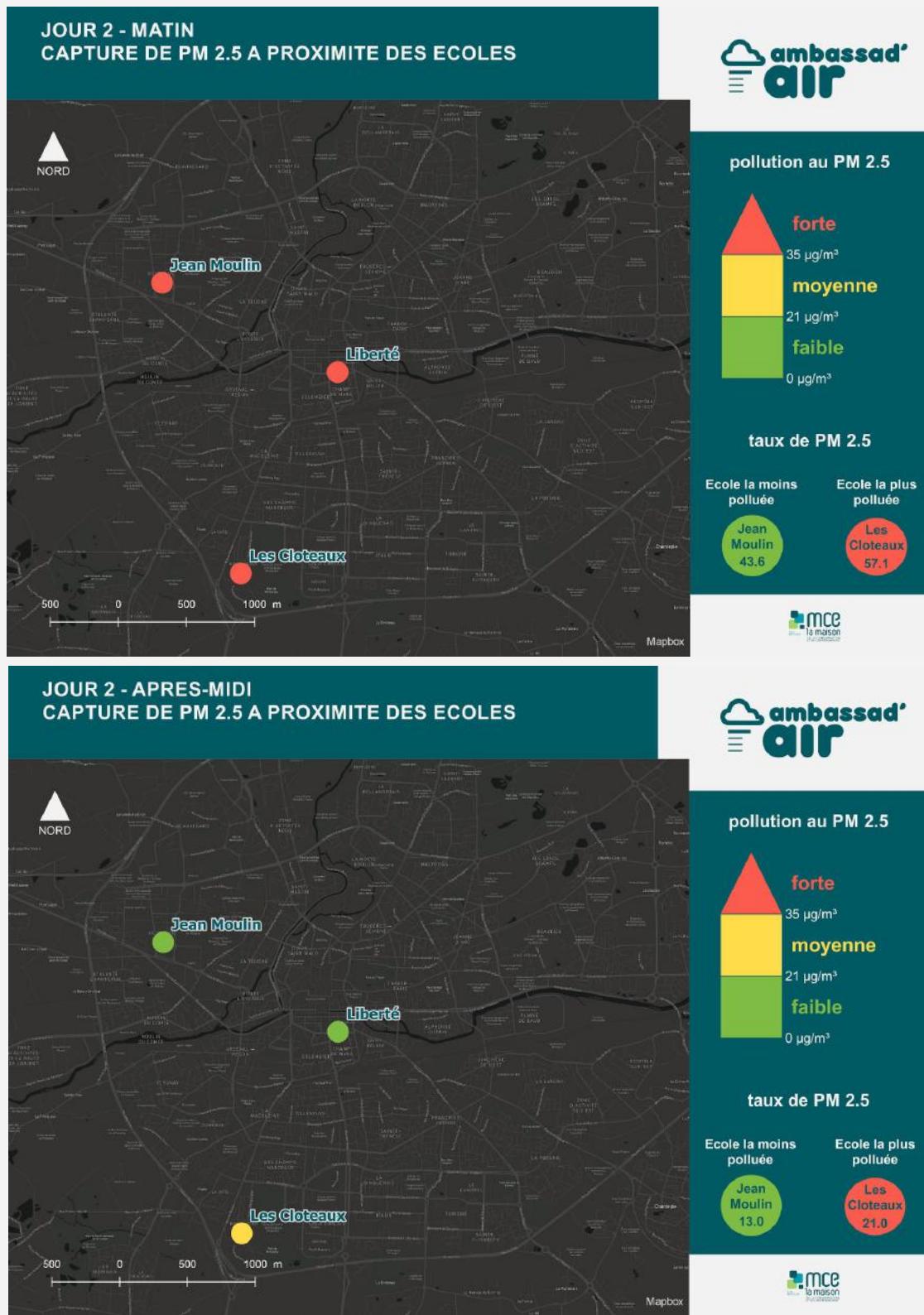
La capture collective fixe permet d'accompagner les citoyens dans les lieux qu'ils fréquentent quotidiennement ou non. Ce protocole permet de comparer des lieux similaires à des moments T de la journée et ainsi comparer les taux de P.M 2.5 entre les différents sites à un même moment de la journée. Il permet de répondre à différentes questions que peuvent se poser les citoyens.

- Certains lieux semblables sont-ils plus exposés aux particules polluantes que d'autres ?
- Quel parc est le moins pollué pour faire mon footing ?
- L'école de mon enfant est-elle plus exposée aux particules fines qu'une autre école ?

Il va être ici question d'établir le choix des sites qui ont une même fonction (écoles, parcs, stades, etc.), ainsi que leur dispersion dans l'espace. Il faudra ensuite déterminer les horaires des captures et la durée de cette dernière.

CAPTURE COLLECTIVE FIXE ET DIRIGÉE	
Objectif / Intérêt	Comparer le taux de P.M 2.5 dans des lieux similaires et simultanément
Echelle spatiale	Restreinte et en fonction du type de lieu
Exemple	Les écoles élémentaires à Rennes
Quels types de participants	Groupe de personnes ayant un intérêt commun en rapport avec le type de lieu choisi
Nbre de Participants	En fonction du nombre de capteurs et du nombre de sites choisis
Nbre de capteurs	2 minimum
Fréquence / Durée	Fréquence à déterminer suivant les disponibilités et les objectifs de l'étude. Chaque capture doit durer 10 à 15 min
Répartition des sites	En fonction du nombre de sites choisis
Représentation des données	Ponctuelles

Productions graphiques :





pollution au PM 2.5



taux de PM 2.5

Ecole la moins polluée	Ecole la plus polluée
Les Cloteaux 10.4	Liberté 13.6



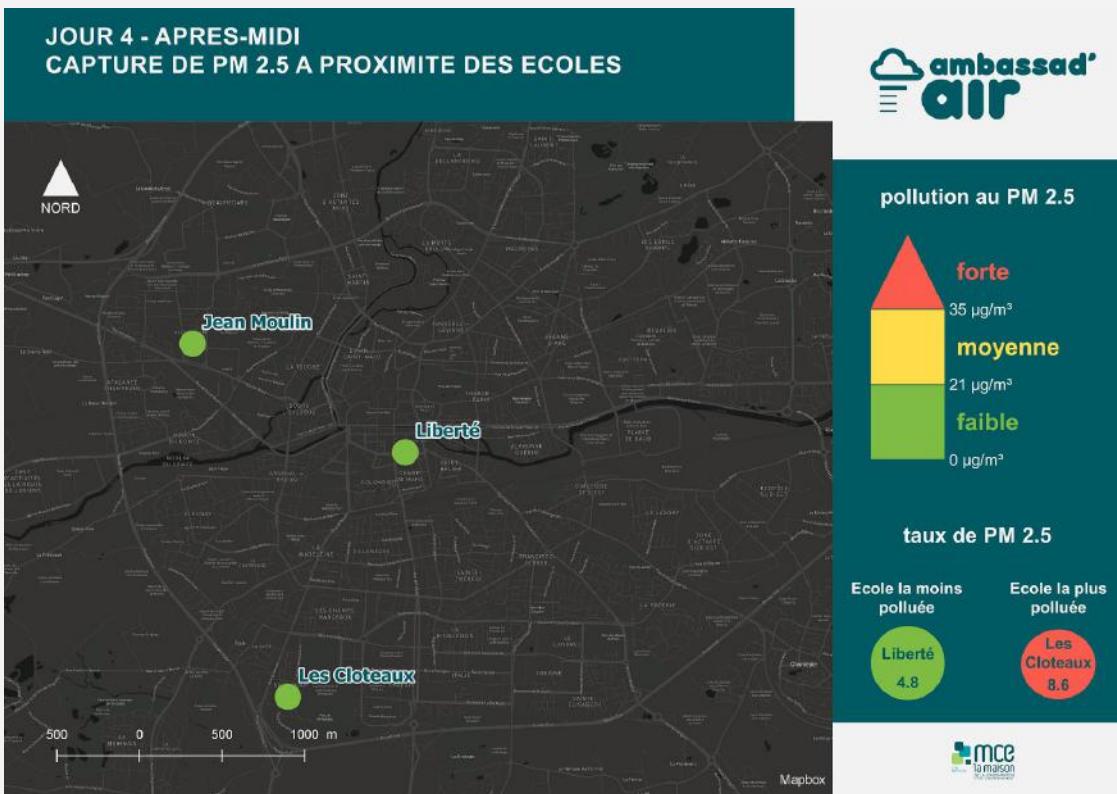
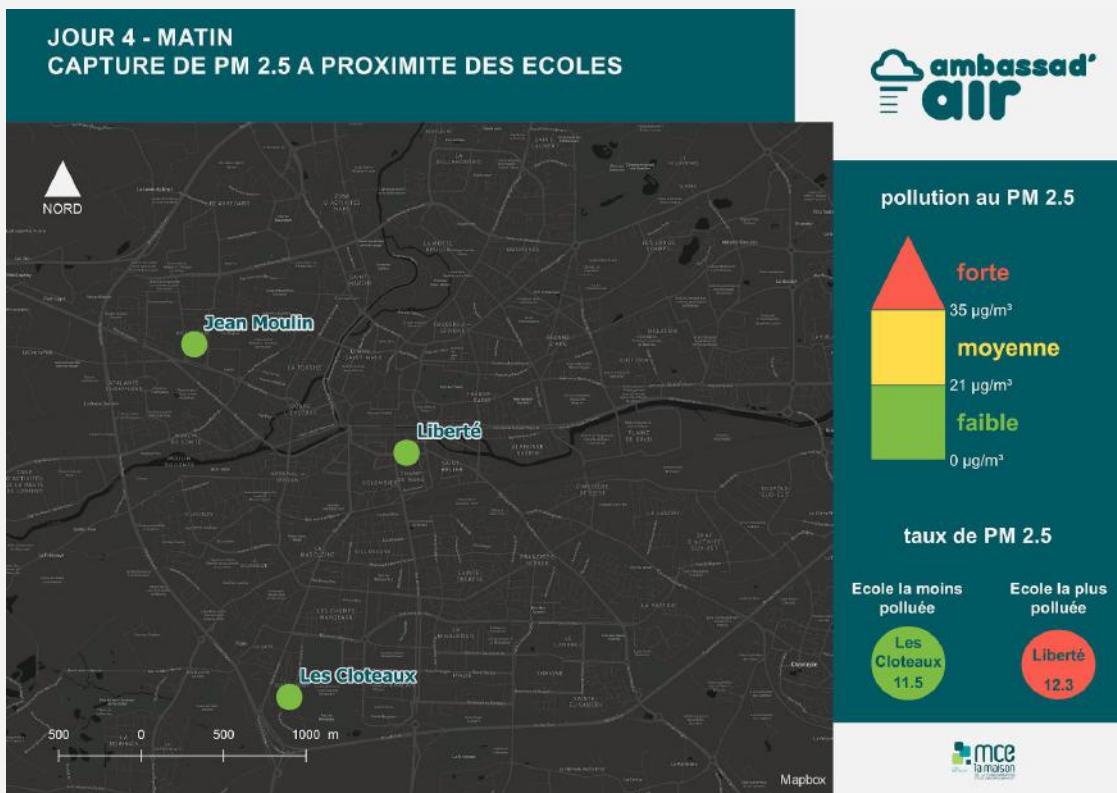
pollution au PM 2.5



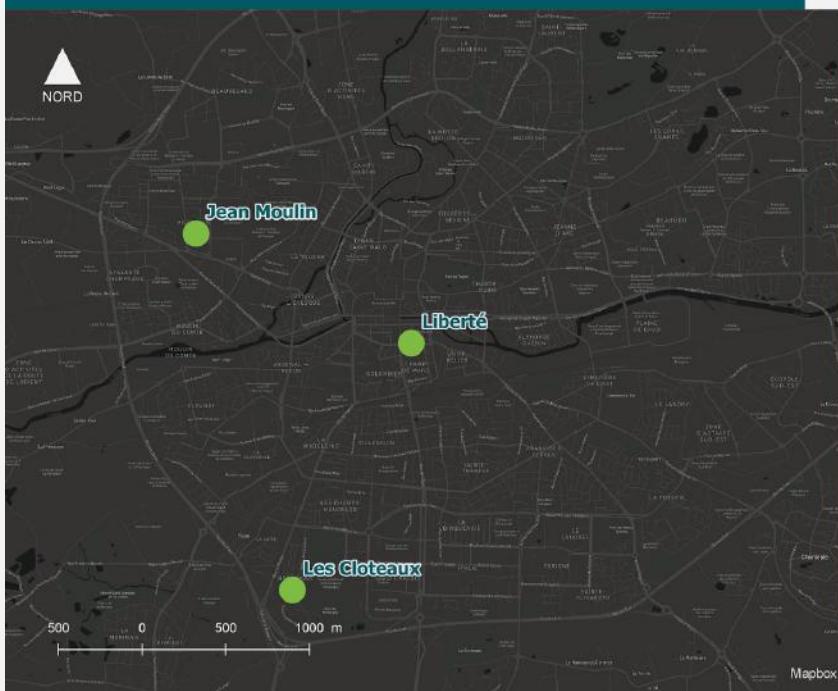
taux de PM 2.5

Ecole la moins polluée	Ecole la plus polluée
Jean Moulin 5.0	Les Cloteaux 22.6





JOUR 5 - MATIN
CAPTURE DE PM 2.5 A PROXIMITE DES ECOLES



pollution au PM 2.5

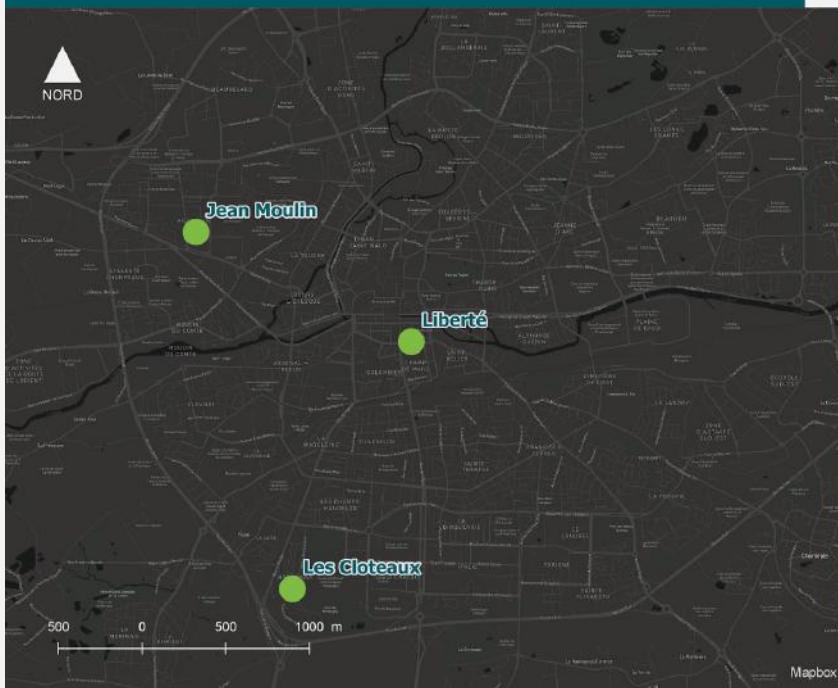


taux de PM 2.5

Ecole la moins polluée	Ecole la plus polluée
Liberté 8.0	Jean Moulin 14.0



JOUR 5 - APRES-MIDI
CAPTURE DE PM 2.5 A PROXIMITE DES ECOLES



pollution au PM 2.5



taux de PM 2.5

Ecole la moins polluée	Ecole la plus polluée
Liberté 5.7	Les Cloteaux 8.4



Ecole	Jour 1							
	Matin				Après-midi			
	Moyenne	Min	Max	Ecart-type	Moyenne	Min	Max	Ecart-type
école élémentaire Jean Moulin	47,1	18,1	74,9	7,7	11,2	8,6	14	1
école élémentaire Liberté	50,3	19	80,8	10,2	11,1	7,7	16,7	1,4
école élémentaire « Les coteaux »	56,4	26,3	85,7	10,5	14,3	10,6	17,4	1,2
Ecole	Jour 2							
	Matin				Après-midi			
	Moyenne	Min	Max	Ecart-type	Moyenne	Min	Max	Ecart-type
école élémentaire Jean Moulin	43,6	27,2	54,2	5	13	9,7	17	1,4
école élémentaire Liberté	46,9	34,9	76,4	6,3	14,6	11	18,2	1,4
école élémentaire « Les coteaux »	57,1	47,1	66,8	3,6	20,8	7,6	73,6	12,2
Ecole	Jour 3							
	Matin				Après-midi			
	Moyenne	Min	Max	Ecart-type	Moyenne	Min	Max	Ecart-type
école élémentaire Jean Moulin	13	6,2	21,2	4	5	2	12	4,2
école élémentaire Liberté	13,6	5,3	23,6	3,4	13,1	8,2	21	3,3
école élémentaire « Les coteaux »	10,4	7,8	15,3	1,4	22,6	9,6	118,7	20,6
Ecole	Jour 4							
	Matin				Après-midi			
	Moyenne	Min	Max	Ecart-type	Moyenne	Min	Max	Ecart-type
école élémentaire Jean Moulin	12	4,4	18,2	1,5	8	3,5	16	1,4
école élémentaire Liberté	12,3	9,6	17,1	1,5	4,8	2,3	8,3	1,2
école élémentaire « Les coteaux »	11,5	8,3	14,6	1,7	8,6	5,1	11,9	1,1
Ecole	Jour 5							
	Matin				Après-midi			
	Moyenne	Min	Max	Ecart-type	Moyenne	Min	Max	Ecart-type
école élémentaire Jean Moulin	14	6,5	15,8	1,2	6,7	3,1	14	2,3
école élémentaire Liberté	8	5,3	13,4	1,7	5,7	3,4	8,9	0,9
école élémentaire « Les coteaux »	9,6	5,6	14,9	1,5	8,4	5,4	11,3	1

Fiche protocole : Capture collective mobile semi-dirigée

Tableau récapitulatif

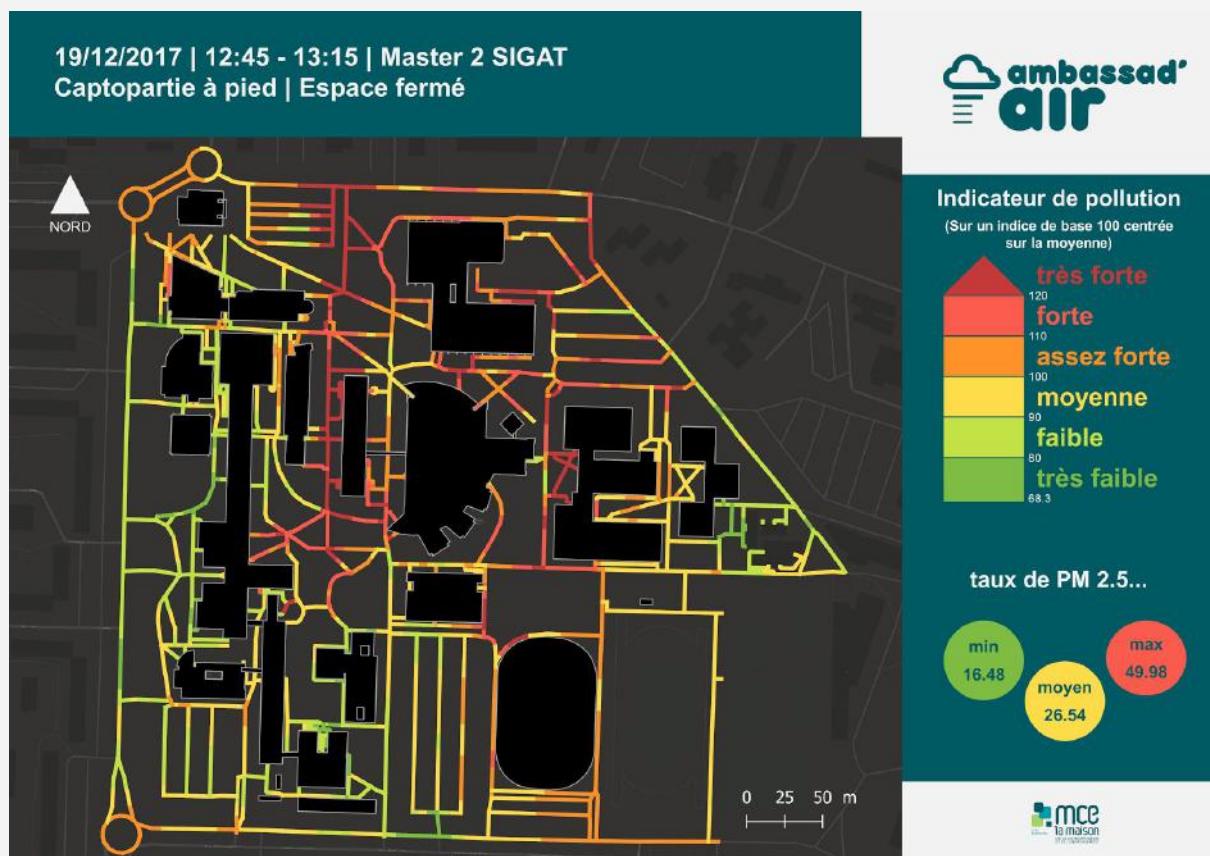
	Capture lieu fermé	Capture en réseau	Capture lieu ouvert
Objectif/Intérêt	Mesurer les variations de valeur de PM 2.5 au sein d'un réseau linéaire ou un espace au bâti dense		Mesurer les variations de valeur de PM 2.5 au sein d'un espace continu au bâti peu dense
Echelle spatiale	Ensemble de rues, zone d'activités, usine, campus universitaire	Ville, quartier, sous-quartier, IRIS	Place, large avenue, parc, ...
Exemple	<p>Campus de Villejean</p> 	<p>Ville de Rennes et ses axes structurants</p> 	<p>Place Charles de Gaulle</p> 
Quels types de participants	Ouverture possible aux néophytes comme aux volontaires habitués	Ouverture possible aux néophytes comme aux volontaires habitués	Ouverture possible aux néophytes comme aux volontaires habitués
Nombre de Participants	2 personnes par capteurs (grille d'observation + capteur)	En fonction du nombre de capteurs et de l'espace considéré	En fonction du nombre de capteurs et de l'espace considéré
Nombre de capteurs	6 capteurs minimum	6 capteurs minimum	6 capteurs minimum
Fréquence / Durée	1 fois 30 min (Campus Villejean = 16.7 Ha)	1 fois 30 min	1 fois 15-20 min (Place Charles de Gaulles = 3Ha)
Répartition sur la zone d'étude	<p>1. Division de la zone par un maillage grossier en x zones*</p> <p>*x= nombre de capteurs</p> <p>2. Affinage du maillage pour rendre les zones cohérentes (prise en compte bâtis, chemins...)</p>	<p>Répartir un axe et un itinéraire par personne et par capteur en partant du centre vers les périphéries</p>	<p>Méthode à approfondir</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quinconces, - en ligne, - libre, ...
Représentation des données	Linéaire (temporelle, figée, narration interactive)	Linéaire (temporelle, figée, narration interactive)	Aplat de couleurs
Mode de déplacement	Marche à pied	Marche à pied, Vélo, véhicule ouvert ...	Marche à pied

Exemples des visualisation possibles

Visualisations Simples

Carte figée (Qgis) - Linéaire

Suite à la captopartie et à la chaîne de traitement semi-automatisée, les données de PM 2.5 sont interpolées sur le réseau routier de la zone d'étude. Ici il s'agit du réseau de chemin du campus Villejean.



Statistiques détaillées - visualisation des données de la captopartie

Une méthode de visualisation de données d'un point de vue statistique pour chacune des zones de l'espace d'étude. Cette méthode peut venir en complément d'une méthode visuelle.

La captopartie en chiffres !

Le 19/12/17 à 12h45, d'une durée de 15 à 30 minutes
sur le campus Villejean à Rennes, un espace fermé de 16,7 ha
11 participants - 6 capteurs - 6 zones à couvrir

Minimun :
Moyenne :
Mediane :
Maximum :
Nombre de points :
Fréquence :
Qualité du GPS :



Répartition des relevés de PM 2.5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par capteur par quartiles :



Nous n'avons gardé que les **5 capteurs opérationnels**.

Et afin de ne montrer qu'un ordre de grandeur entre les valeurs, nous avons établi un indice de base 100 calculé comme suit : INDICE = (Valeurs / Moyenne des valeurs) X 100

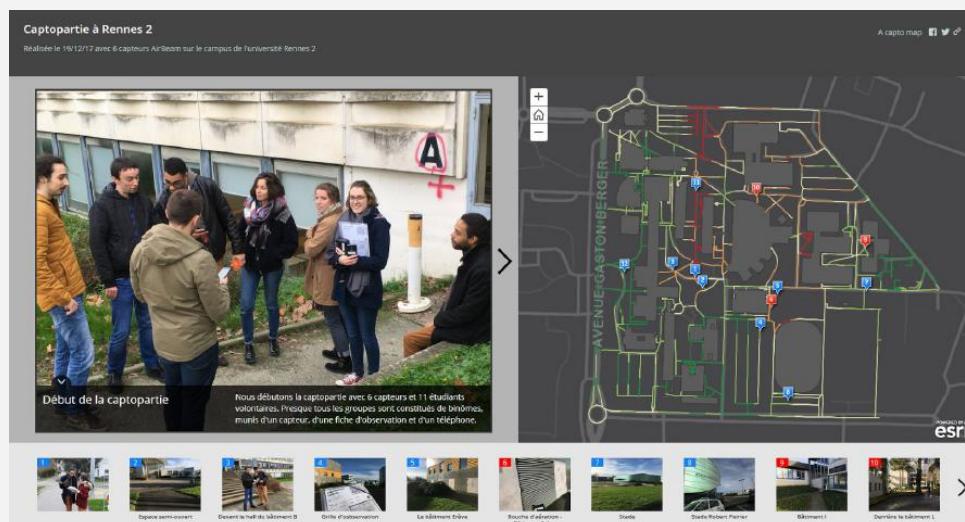
	PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Indice
Minimum	16,48	62,09
Moyenne	26,54	100
Mediane	25,6	96,56
Maximum	49,98	188,3

Sur les **6914** points conservés,
leur taux de PM 2.5 se répartit ainsi :

Visualisations alternatives

Story map - Narration interactive

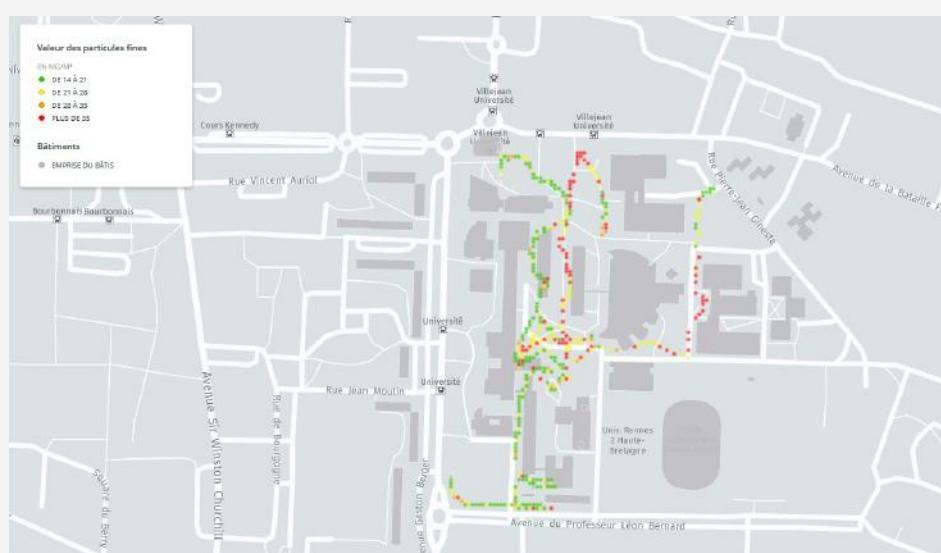
Son utilisation se fait avec un compte ArcGis Online. Elle permet de narrer le déroulement de la captopartie tout en illustrant cette dernière. Son côté ludique lui permet d'être appréciée de tous.



<http://www.arcgis.com/apps/MapTour/index.html?appid=c43d292d8f214230aa6d1d8806ac2216#>

Carto - Carte Spatio-temporelle avec variation des valeurs

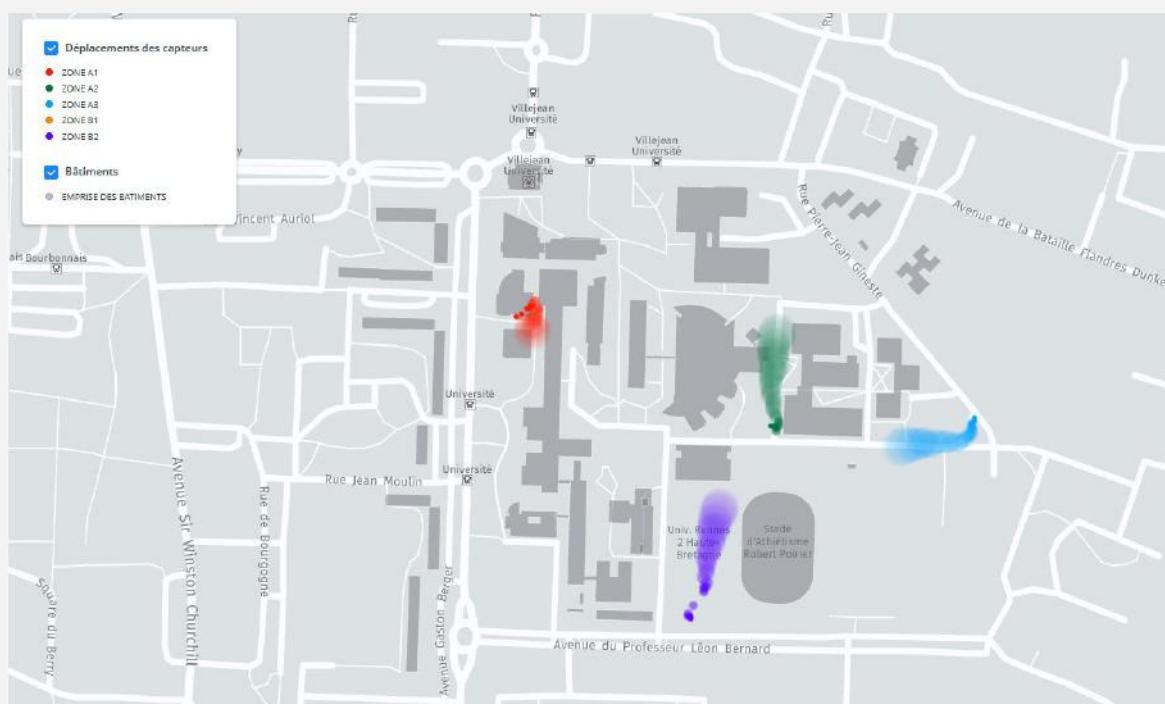
Son utilisation se fait avec un compte à Carto.com. Il s'agit des déplacements des capteurs dans l'espace et le temps sur le campus Villejean avec la valeur captée. Cette méthode ci-dessous permet aux utilisateurs d'observer l'évolution des données dans l'espace au cours de la captopartie, ils peuvent ainsi voir ludiquement leur contribution.



<https://toto33.carto.com/builder/7b11d1ad-20ce-4e53-a7c8-a306d76702cf/embed>

Carto - Carte Spatio-temporelle de cheminement

Son utilisation se fait avec un compte Carto.com. Il s'agit des déplacements des porteurs de capteurs dans l'espace et le temps sur le campus Villejean. Cette méthode permet aux utilisateurs d'observer leur évolution dans l'espace au cours de la captopartie (côté ludique de la donnée à présenter par exemple devant les classes d'élèves pour un partenariat avec des écoles).



<https://toto33.carto.com/embed/c25ae104-ebdc-4194-b190-778fac660d7a>

Bibliographie

BOBBIA Michel (Air Normand) - ROTH Chris (AirParif) - DERAISME Jacques (Geovariances). "Surveillance de la qualité de l'air par cartographie : l'approche géostatistique". *Geomag*. 2003.

COLE Judith. Pour un internet des objets citoyen : vers une intelligence collective environnementale. *Citoyens Capteurs*. Avril 2009.

FARR Arnaud. Des Bruxellois munis de capteurs pour mesurer la pollution de l'air. In : *DH net* [en ligne]. Fév 2017 [consulté le 12 novembre 2017].

Disponible sur :

<http://www.dhnet.be/regions/bruxelles/des-bruxellois-munis-de-capteurs-pour-mesurer-la-pollution-de-l-air-5893a2decd70e747fb7b8918>

NOUCHER Matthieu. De la trace à la carte et de la carte à la trace : pour une approche critique des nouvelles sources de fabrique cartographique. *Traces numériques et territoires*, Presses des Mines, 2015.

TUXEN-BETTMAN Karin. Getting hyper-local: Mapping street-level air quality across California. In : *Google blog Environment* [en ligne]. Nov 2017 [consulté le 5 décembre 2017].

Disponible sur :

<https://blog.google/products/maps/getting-hyper-local-mapping-street-level-air-quality-across-california/>

Source :

<https://citoyenscapteurs.net/2013/04/09/pour-un-internet-des-objets-citoyens-vers-une-intelligence-collective-environnementale/>

Bruxelles environnement : Qualité de l'air: concentration en particules très fines (PM 2.5) [en ligne]. [consulté le 1er décembre 2017]

Source :

<http://www.environnement.brussels/etat-de-l'environnement/rapport-2011-2014/air/qualit-de-l-air-concentration-en-particules-tres-fines>

Sites internet :

Smart Citizen [en ligne].

Source : <https://smartcitizen.me/>

Noise planet : outils scientifiques pour l'évaluation du bruit dans l'environnement.

Source : <http://noise-planet.org/>