

Démocratiser l'information environnementale pour mieux respirer en ville

*Romain Lacombe, ancien élève de l'École Polytechnique et du Massachusetts Institute of Technology, a créé la société Plume Labs (**Encart**), dans laquelle il se propose de compléter et de démocratiser l'information environnementale pour mieux respirer en ville.*

PLUME LABS

Plume Labs est une société d'une quinzaine de personnes, créée en 2014. C'est une start-up en plein développement, en pleine création, avec des équipes à la fois d'ingénieurs sur la mesure de pollution, mais aussi de scientifiques de l'atmosphère, d'anciens chercheurs en sciences atmosphériques, et de data scientists, c'est-à-dire des mathématiciens appliqués qui mettent au point les modèles pertinents.

Ses mesures de routine sont déjà capables de créer des maelstroms médiatiques.

Site : <https://plumelabs.com>

1 La pollution de l'air, un fléau sanitaire

L'entreprise Plume Labs travaille dans le domaine de la chimie, et plus particulièrement de ses applications à l'environnement urbain en relation avec les questions de santé. La pollution urbaine, domaine sur lequel elle rassemble les informations pour les fournir aux consomma-

teurs, est avant tout un problème de santé.

D'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), ce sont près de 8 millions et demi de personnes, dans le monde, qui perdent la vie chaque année du fait de l'exposition chronique à la pollution de l'air, entre autres de l'air en intérieur. En Europe, on évalue à près d'un demi-million



Figure 1

La pollution est un problème de santé majeur, à l'origine de 8,5 millions de décès par an, dont 500 000 en Europe, selon l'OMS.

Source : "Voyage on the Planet" by Chiu Chih.

le nombre de décès causés chaque année par l'exposition à la pollution (**Figure 1**). La Banque Mondiale estime à près de 5 000 milliards de dollars l'ensemble des pertes financières liées à la pollution : coût de la santé pour les collectivités, coût pour les employeurs du fait de l'absentéisme lié aux maladies chroniques ou aux crises dues à une exposition personnelle à la pollution, coût en années de vie ou de bonne santé perdues.

2 La pollution atmosphérique, un phénomène multifactoriel

2.1. Un phénomène complexe

La pollution est le résultat de la façon dont notre système énergétique, de transport, etc., s'est construit en n'en tenant absolument pas compte. Il faut maintenant déployer de nouvelles solutions, qui sollicitent la créativité de nos ingénieurs, le développement de nouveaux matériaux, de nouveaux modes de services, de transports, de compréhension du fonctionnement des villes. La prise de conscience se fait progressivement et une « industrie des villes intelligentes » est en émergence. Les transformations nécessaires prendront de nombreuses années pour rendre l'organisation de la vie urbaine plus efficace et limiter l'émission de produits polluants ainsi que leur impact négatif sur la santé.

La question de la pollution a une dimension sociale qui

la rend compliquée. La définition des polluants elle-même est complexe : il est important de distinguer entre des aérosols et une pollution gazeuse, entre les produits de la combustion auxquels on peut être exposé en extérieur, les polluants secondaires¹ issus de la transformation des polluants primaires², ou d'autre part les produits présents en milieu intérieur, typiquement les composés organiques volatils (COV) (**Figure 2**).

Ces distinctions parlent peu au grand public. Il faut précisément définir ce que cela veut dire « être exposé à la pollution », si c'est grave, et quand, comment, pourquoi ? Un grand besoin d'information du public apparaît. Il faut aider à faire réaliser l'ampleur du sujet, mais aussi à faire connaître les éléments factuels qui motivent les préoccupations.

2.2. Une forte variabilité spatiale et temporelle

La pollution atmosphérique a cette caractéristique d'être extrêmement variable. Contrairement à la température, qui présente des tendances saisonnières très claires, la concentration des différents polluants peut varier de manière drastique d'une heure à l'autre de la journée, en fonction des phé-

1. Polluant secondaire : polluant ne provenant pas originellement d'une source, mais issu d'une réaction chimique entre d'autres gaz.
2. Polluant primaire : polluant directement émis par une source de pollution, tel que le trafic routier, les industries,...

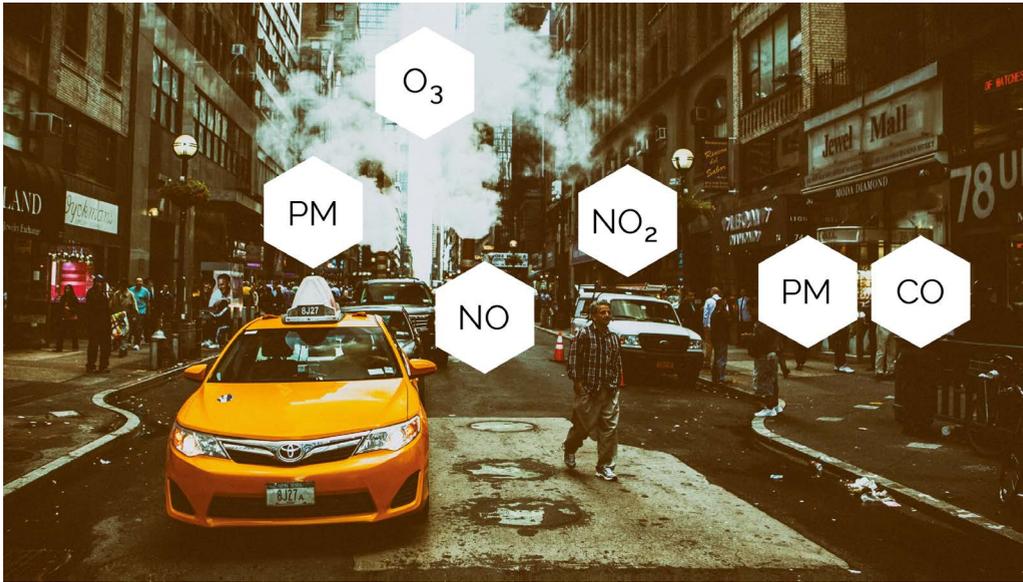


Figure 2

Produits de combustion, polluants primaires, aérosols, composés organiques volatils, particules en suspension... : la pollution atmosphérique est complexe.
 PM : particulate matter (particules en suspension).

Source : Plume Labs.

nomènes atmosphériques ou de l'apparition éventuelle de couches d'inversion³ de températures sur nos villes. Il s'y rajoute aussi la variabilité de l'exposition aux polluants intérieurs. Cette variabilité intrinsèque doit être prise en compte dans tous les modèles.

2.3. Un fléau sans solution miracle

Autre facteur d'incertitude dans l'évaluation des effets

3. Couche d'inversion : couche dans laquelle la température croît avec l'altitude, ce qui constitue un véritable « couvercle » pour les gaz se trouvant sous elle, ceux-ci acquérant une grande stabilité qui ne les incite pas à monter encore en altitude.

de la pollution : celle qui porte sur l'efficacité des moyens de protection – l'absence de solutions miracles. Dans les environnements extrêmement pollués comme New Delhi ou certaines villes de Chine, on voit des gens porter des masques : est-il assuré que ces masques soient utiles ?

Il en est de même pour la lutte contre la pollution de l'air intérieur. N'est-on pas en train, en voulant ioniser ou utiliser des techniques qui vont émettre de l'ozone, de créer plus de problèmes qu'on est en train d'en résoudre ?

Il apparaît de façon prégnante un besoin général de compréhension des phénomènes liés à la pollution et des outils qui permettent de s'en prémunir.

3 L'information des citoyens comme moyen de prévention

3.1. Une application mobile pour faciliter les mesures de la pollution

La question de la lutte contre la pollution, vue du grand public, s'analyse donc comme un problème d'information. C'est là que Plume Labs intervient. En diffusant les informations sur les outils, en particulier issus des nouvelles technologies, disponibles pour comprendre et remédier aux effets, cette entreprise veut « rendre l'air plus transparent » pour les consommateurs. Elle veut leur donner tous les moyens pour comprendre à quelle exposition ils sont soumis et savoir quels sont les gestes qu'ils peuvent adopter pour se prémunir des effets nocifs.

Concrètement aujourd'hui Plume Labs, c'est une application mobile et une pla-

teforme de données, qui d'un côté utilise l'accès aux mesures réalisées par les réseaux scientifiques et les gouvernements sur le niveau de qualité de l'air dans les grandes villes (**Figure 3**), et de l'autre met à disposition un ensemble d'algorithmes et de modèles de données, pour prévoir l'évolution de la pollution.

En résumé, Plume Labs utilise l'intelligence artificielle et les techniques de prévision et de modélisation stochastiques⁴, pour anticiper l'apparition des pics de pollution. On utilise ces technologies pour, *via* une application mobile, informer les citoyens et permettre à chacun d'avoir immédiatement accès à l'information sur ce qu'il respire et sur l'évolution prévue dans la journée. Vous saurez s'il y aura un pic de pollution demain matin : peut-être est-ce soir le moment d'aller courir et non pas demain. Cette information ne corrige pas la pollution, mais elle permet à chacun de s'y adapter.

Cette plateforme de données intéresse non seulement les consommateurs mais aussi l'ensemble des industriels qu'une mesure fiable et une prévision de pollution intéressent, soit pour informer leurs clients, soit pour adapter des produits ou des services, pour lancer un système de purification d'air, connecter sa maison intelligente, etc.



Figure 3

Suivi de la pollution de l'air urbain. De la réception des mesures par les capteurs de pollution à l'information du consommateur via l'application mobile.

Source : Plume Labs.

4. Stochastique : relatif à une théorie ou un modèle s'appuyant sur la théorie des probabilités, qui associe à des variables d'entrée un résultat pondéré d'une certaine probabilité de réalisation.

Aujourd'hui, ce sont près de 11 000 stations de mesure dont Plume Labs collecte les relevés à travers le monde. Plus de 54 pays, près de 400 villes sont disponibles dans l'application (Figure 4). Avec cette couverture géographique, on est en capacité aujourd'hui d'apporter à des centaines de milliers d'utilisateurs une information sur leur exposition à la pollution et sur son évolution dans les prochaines heures, pour les aider à mieux s'en prémunir.



Figure 4

Plume Labs collecte, grâce à son application mobile, près de 11 000 stations de mesure dans 54 pays et près de 400 villes.

Source : Plume Labs.

3.2. Des mesures pour anticiper les pics de pollution

La Figure 5 montre la concentration moyenne sur l'agglomération parisienne de particules fines dites PM2.5 (particules fines de diamètre optique de moins de 2,5 microns). La ligne rouge, c'est la moyenne annuelle à Pékin. Le 20 mars 2015, la pollution à Paris a dépassé ce niveau. À cette date, Plume Labs avait déjà construit la plateforme de données qui permettait l'accès à cette information, et les principaux outils de prévision.

Ainsi, on s'est aperçu un matin que la pollution à Paris venait de dépasser la moyenne à Pékin. Imaginez notre surprise ! Plume Labs s'est retrouvé en quelques heures au centre d'un maels-trom d'interrogations : est-ce possible ? Est-ce vrai ? Pourquoi ? Comment ? On s'est retrouvé sur Franceinfo le soir-même ! Au centre de beaucoup d'interrogations sur les raisons de ce pic de pollution, de beaucoup de débats... La décision de mettre en place

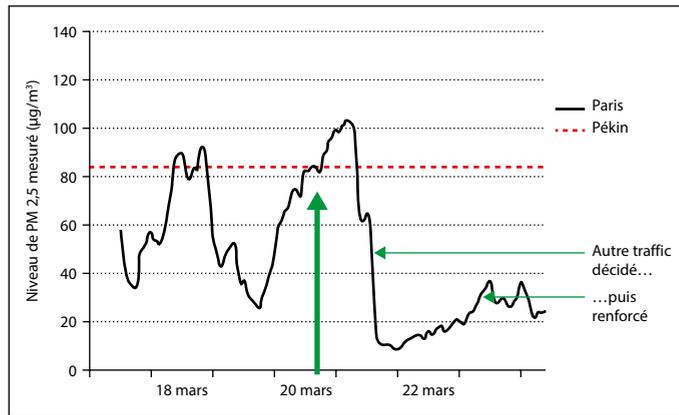


Figure 5

Suivi de la concentration en particules fines à Paris. Un exemple d'impact de l'accès aux mesures de pollution : la mise en place de la circulation alternée après un pic de pollution... mais trop tardive, faute d'avoir pu l'anticiper.

Source : Plume Labs.

la circulation alternée a été prise pour la troisième fois seulement en dix ans.

Cette anecdote illustre comment la capacité de prévoir l'évolution des niveaux de pollution peut être importante. Au niveau individuel, qui est celui que l'on vise, elle donne

les moyens aux particuliers de comprendre ce phénomène qu'est la pollution de l'air, et c'est la meilleure façon pour moins s'y exposer et ménager sa santé.

3.3. Des capteurs miniaturisés de pollution au quotidien pour chacun

Mieux mesurer et mieux connaître la pollution est aussi ce qui guide le besoin de systèmes de transport plus propres, utilisant les dernières technologies de la chimie, pour éviter des produits à impact négatif sur la santé. C'est la conception de notre mission : faire en sorte qu'en informant les particuliers, on leur donne les moyens de se protéger puis dans un deuxième temps d'encourager l'innovation.

Le développement des outils technologiques couplé à celui des modèles mathématiques – en particulier liés aux calculs stochastiques et aux techniques de la prévision – permet de traiter la variabilité très forte, même spatiale, de l'exposition à la pollution (voir plus haut). Une application mobile qui indique le taux de pollution moyen dans sa ville nous approche de la compréhension de ce que chacun d'entre nous respire.

Au CES⁵, ce grand rendez-vous des objets connectés, en janvier 2017, on a pu annoncer cette prochaine étape

5. CES : Consumer Electronic Show, considéré comme le plus grand salon consacré à l'innovation technologique grand public, se tenant à Las Vegas en janvier chaque année.

de notre développement, un accessoire connecté, portable, mobile, personnel, pour mesurer les principaux polluants de l'air que l'on respire. Grâce à cet objet, il sera possible, comme le font tous ces objets connectés qui suivent notre activité physique ou notre sommeil, de mieux comprendre notre santé environnementale, de mesurer ce que l'on respire, pour pouvoir mieux s'en prémunir. Il est notable que ce projet, avant même sa mise au point, a d'ores et déjà été primé au CES – une belle façon de commencer sa vie. Le travail a impliqué plusieurs années de collaboration avec le CNRS et la mise au point de versions miniaturisées de différents capteurs de pollution. L'intérêt pratique de ces nouvelles technologies de mesure et de prévision de la pollution a été illustré par le développement de leurs applications dans la ville de Londres (**Encart : « Le retour des pigeons voyageurs »**). Après la démonstration de faisabilité, nous avons recruté une centaine de volontaires à Londres qui nous ont aidés à financer la production d'une centaine de prototypes. Cette opération, en cours en 2015, permettra un premier test à l'échelle d'une ville, avec une centaine de personnes portant ces prototypes d'objets connectés lors de leurs déplacements. On pourra ainsi comprendre comment la variabilité de l'exposition personnelle se manifeste dans les faits, comment avec une centaine de personnes sur Londres on peut cartographier les différences d'exposition et com-

LE RETOUR DES PIGEONS VOYAGEURS

À l'instigation de Tweeter, nos instruments ont participé à une opération qui est montée à Londres, pour montrer que Tweeter pouvait servir à la communauté. Il s'agissait d'équiper des pigeons voyageurs de petits sacs-à-dos, équipés d'un GPS et de prototypes de nos capteurs de pollution, de les faire voler sur la capitale britannique, et de collecter des données. Les Londoniens pouvaient tweeter en direct avec cette « Pigeon Air Patrol », la patrouille des pigeons, lire et préciser les niveaux de pollution en direct du quartier (**Figure 6**).

Et tout ce plan a marché ! On couplait les données issues du vol, avec des mesures réalisées au niveau du sol, à partir des réseaux que nous collectons dans notre plateforme de données. Cela a permis de construire une image très complète de l'ensemble des niveaux de pollution dans les différents quartiers. Les héros de cette aventure ont été nos pigeons de la Pigeon Air Patrol. Ils se sont retrouvés sur CNN, et le fondateur de Tweeter lui-même a félicité Plume Labs pour le travail, et les pigeons, pour avoir été les vraies stars de cette journée.



Figure 6

La Pigeon Air Patrol, une initiative pour informer sur les niveaux de pollution à Londres, en utilisant réseau social et avancées technologiques, un succès scientifique et médiatique partagé dans le monde entier via la CNN, appréciée par les internautes.

prendre l'« exposition longitudinale⁶ » importante en santé publique. *In fine*, il devra en résulter la conception d'un

6. Exposition longitudinale : synonyme d'« exposition répétée », et qui désigne une exposition récurrente au cours du temps.

produit à destination du grand public, pouvant intéresser les consommateurs, qui s'équiperont eux-mêmes de ce type de capteurs.

Ce travail stimule aussi des recherches en sciences sociales : l'Imperial College,

dans son centre de recherche en politique environnementale, étudie l'aspect comportemental. Comment est-ce que moi, individu, si j'ai accès à l'information sur la qualité de l'air, je vais modifier mon comportement ? Est-ce que cela a un impact sur ma santé, est-ce que je peux avoir des recommandations, des conseils les plus précis possibles, pour me permettre d'agir, et donc comment mettre le numérique au service d'une meilleure santé environnementale (Figure 7) ?

Étendre les études au-delà de la pure technique des outils vers celle de la modification des habitudes de vie des consommateurs globale est un changement d'échelle très important. À mesure que l'on multiplie les capteurs, on s'intègre dans la dynamique « ville connectée-ville intelligente », on perfectionne l'équipement

de l'espace urbain. Le résultat est que les consommateurs vont mieux connaître leur propre exposition à la pollution et enrichir la quantité de données disponibles. Progressivement, ces données permettront de construire une vision plus fine, plus granulaire, de l'exposition aux polluants, de leur variabilité dans l'espace urbain. On va ainsi emmagasiner des connaissances, qui permettront de rendre les villes plus respirables, et au-delà, de mieux comprendre comment encore améliorer la gestion des polluants – quelles concentrations de polluants mesurer et suivre. La généralisation des mesures de polluants crée un cercle vertueux : plus les utilisateurs de nos dispositifs seront nombreux dans les différentes villes de la planète, plus on générera de données sur les expositions auxquelles ils sont soumis



Figure 7

Faire participer le citoyen à la mesure de la pollution atmosphérique grâce à des capteurs, pour construire les modèles du futur à partir de données expérimentales ?

Source : DigitasLBI.

et sur la caractérisation de notre environnement commun (Figure 8). L'enjeu est de comprendre notre santé environnementale, comment elle est liée à la pollution, comment on peut l'améliorer, et comment on peut collectivement mettre en place des systèmes urbains plus connectés, plus efficaces.

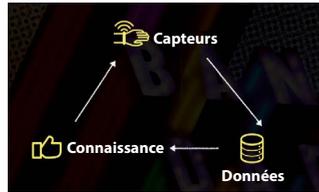


Figure 8

L'adhésion du plus grand nombre au projet d'objet connecté de Plume Labs permet de faire progresser la compréhension fondamentale de la pollution atmosphérique.

4 Comment améliorer la santé environnementale de nos villes ?

4.1. Stimuler la demande d'évolution de la santé environnementale des produits...

Derrière les concepts de villes plus intelligentes et plus connectées, ce sont des villes en meilleure santé qu'il s'agit réellement. L'enjeu est majeur et souvent encore trop peu compris ou connu.

À titre d'exemple, une étude du MIT, réalisée il y a quelques années, estimait à 53 000 chaque année le nombre de décès liés à la pollution de l'air par les véhicules de transport particuliers aux États-Unis. À titre de comparaison, les décès liés à l'accidentologie sont de 36 000 ; il y a donc aux États-Unis davantage de gens qui meurent des émissions polluantes issues des véhicules que des accidents de la route. C'est un constat absolument dramatique, et qui n'est connu que depuis peu de temps.

C'est pour cela qu'on voit de nouveaux types de véhicules apparaître, comme les Tesla, et que, plus généralement,

l'appétence pour les véhicules électriques se développe. Cette tendance est vraie dans le domaine du transport, mais aussi pour l'ensemble des industries en contact avec le consommateur final. La qualité environnementale des produits devient une caractéristique majeure de leur diffusion.

4.2. ...en améliorant l'accès à l'information sur la pollution atmosphérique pour tous les citoyens

Cette prise de conscience des consommateurs ne va pas sans ambiguïté : d'un côté évidemment la prise en compte des contraintes environnementales a des conséquences négatives sur les prix, mais cependant on observe que la demande des consommateurs vis-à-vis de la qualité environnementale des produits ou d'un certain nombre d'activités économiques se manifeste avec de plus de plus de force – une tendance stimulée par l'abondance croissante de l'information sur les causes de pollution (Figure 9).



Figure 9

L'information sur la pollution, un vecteur pour susciter la demande du consommateur d'une surveillance plus personnelle de sa santé environnementale.

Rendre le consommateur intelligent sur la santé publique

L'enjeu d'améliorer la santé publique en luttant contre la pollution chimique dans les villes inspire maintenant largement la politique des villes.

Il est compris que la condition du succès, c'est de construire une demande des citoyens en matière de qualité environnementale. Cela nécessite de mieux informer les citoyens sur ce qu'ils respirent dans les villes pour qu'ils soient des consommateurs plus avisés. Leurs comportements d'acheteurs encourageront ainsi le développement de produits améliorés par les innovations chimiques ou technologiques. Cette mobilisation fera finalement de nos villes des plateformes pour inventer l'avenir (*Figure 10*).

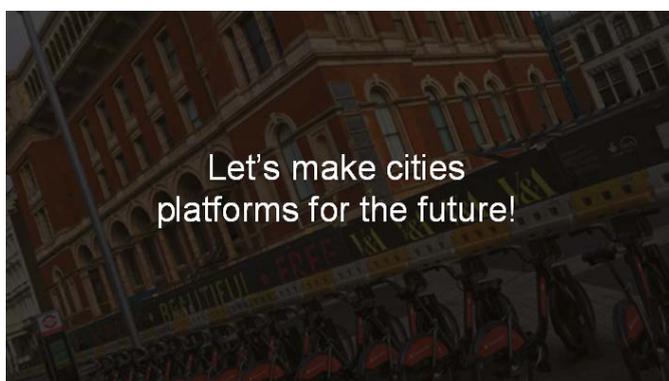


Figure 10

Le contrôle de la pollution urbaine doit servir de modèle à une société protectrice de la santé publique.