

SOMMAIRE

Synthèse

- GreenZenTag, des microcapteurs embarqués pour mesurer et géolocaliser à grande échelle la pollution de l'air en déplacement. *page 2*
- GreenZenTag : objectifs et attentes. *page 3*
- GreenZenTag : comment ça marche ? *page 4*
- Comment évalue-t-on la qualité de l'air aujourd'hui ? *page 5*
- Le calendrier de GreenZenTag. *page 6*
- Les initiateurs, les partenaires du projet. *page 7*
- LEMON, le Laboratoire d'Expérimentation des Mobilités de l'agglomération grenobloise. *page 8*
- Glossaire. *page 9*

GREENZENTAG : DES MICROCAPTEURS EMBARQUÉS SUR DES TRAMWAYS POUR MESURER ET GÉOLOCALISER LA POLLUTION EN DÉPLACEMENT

Aujourd'hui deux outils principaux sont utilisés pour évaluer la qualité de l'air : des stations fixes et la modélisation numérique. Quelle est la qualité de l'air lorsqu'on se déplace? Comment évolue-t-elle le long de son trajet? Les mesures en déplacement sont-elles de nature à affiner les analyses actuelles? À être moteur de changement? Tel est l'objet de l'expérimentation GreenZenTag menée dans la Métropole grenobloise par LEMON. Pendant deux mois, à compter du 19 décembre, 10 tramways coiffés de microcapteurs vont mesurer en temps réel et géolocaliser en mobilité la pollution de l'air. Un test à grande échelle jamais réalisé.

LEMON, le Laboratoire d'Expérimentation des Mobilités de l'Agglomération Grenobloise, continue d'innover. Cette fois, il s'attaque à un sujet particulièrement sensible dans l'agglomération grenobloise : la qualité de l'air. Il mobilise huit partenaires dont deux start-ups pour mener l'expérimentation GreenZenTag. Il s'agit d'équiper dix tramways de microcapteurs. A compter du 19 décembre, ils vont capter en temps réel les particules fines PM10 et PM 2,5 durant le parcours des rames en service sur la ligne A, la plus longue et la plus fréquentée de l'agglomération. Chaque jour, pendant deux

mois, 5700 mesures vont être enregistrées, géolocalisées, horodatées entre Fontaine et Echirolles. Elles seront ensuite classées, analysées et confrontées aux outils de l'observatoire d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes. Ce volume de données va permettre de dégager des résultats fiables et pertinents. Bien sûr les applications et bénéfices de ces outils bourrés de technologies sont nombreux. Mais ils doivent passer d'abord par ce test à grande échelle. Dix-huit mois auront été nécessaires pour mettre au point cette expérimentation originale et innovante. Une première en France !

SI L'EXPÉRIMENTATION DE GREEN ZEN TAG EST PROBANTE, ALORS...

Le SMTC

> pourrait offrir une application aux résidents et usagers mixant données géolocalisées de proximité et modélisation. Aujourd'hui de telles applications utilisent uniquement la modélisation.

> pourrait utiliser ces mesures via microcapteurs pour affiner sa stratégie de développement des mobilités.

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes

> pourrait inclure ces microcapteurs dans les outils de l'observatoire et apporter aux habitants et pouvoirs publics des photographies de la qualité de l'air géolocalisées en temps réel. Les outils de l'observatoire évoluent continuellement pour intégrer les technologies les plus adaptées.

GREENZENTAG : OBJECTIFS ET ATTENTES

Depuis sept jours, la qualité de l'air reste à la Une dans l'agglomération grenobloise. L'enjeu est réel : la pollution de l'air est responsable de 48 000 décès prématurés par an en France selon Santé Public France et entraîne une augmentation des maladies respiratoires et cardiovasculaires. La configuration en cuvette de l'agglomération grenobloise favorise l'accumulation des polluants atmosphériques. Pour rendre visible la pollution de l'air, de nouvelles technologies émergent. L'expérimentation GreenZenTag, qui utilise des microcapteurs, est l'une des pistes qui va être testée à grande échelle pendant deux mois dans l'agglomération. Objectifs et attentes.

COMPLÉTER LES DISPOSITIFS ACTUELS DE SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

> en apportant une information en temps réel et en mobilité

Pour la première fois, la qualité de l'air va être mesurée en temps réel et en déplacement. Les microcapteurs embarqués sur les toits des tramways enregistrent des données pendant le trajet. Avec les indices actuels de pollution de l'air, nous disposons d'une photographie de l'exposition ponctuelle à un moment donné. GreenZenTag pourrait offrir une meilleure représentativité spatiale de la pollution grâce aux données concrètes, horodatées et géolocalisées.

> en géolocalisant la qualité de l'air

Pour la première fois, les mesures de la qualité de l'air vont être géolocalisées, à l'échelle de la rue, dans les quartiers et villes traversés par le tramway, au plus près des habitants, où ils résident, travaillent, consomment, se déplacent, vivent leurs loisirs.

OBJECTIF 1

Mesurer à grande échelle la qualité de l'air et les niveaux de pollution en ville, le long des voies de circulation grâce aux capteurs embarqués sur le toit des tramways en service.

AIDE À LA DÉCISION DES POUVOIRS PUBLICS ET DES HABITANTS

GreenZenTag pourrait compléter le modèle actuel de contrôle de la qualité de l'air constitué de mesures fixes et de modélisation. Collectivités et gestionnaires de réseaux de transport en commun pourraient inclure cet outil dans leur stratégie des mobilités. L'information en temps réel géolocalisée pourrait par exemple orienter la structuration de l'offre de transport ou sa tarification.

OBJECTIF 2

Améliorer la modélisation en intégrant dans la matrice initiale des données issues de microcapteurs mobiles.

SENSIBILISATION ET CHANGEMENT DE COMPORTEMENT DES HABITANTS

Si sa fiabilité est validée et ses résultats pertinents, GreenZenTag pourrait se décliner en application sur Smartphone. Elle mixerait données mesurées en temps réel et géolocalisées et modélisation. Une connaissance susceptible d'influencer les modes de déplacement et de consommation. Aujourd'hui les applications de ce type combinent uniquement modélisation et quelques données fixes.

OBJECTIF 3

Etudier la possibilité de disposer de cartes de pollution sur des territoires non dotés de capteurs fixes.

UNE SOLUTION POUR LES VILLES SANS STATION DE MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR ?

Sans rivaliser avec la finesse et la puissance des appareils de mesure et outils complexes de modélisation, les capteurs de GreenZenTag pourraient s'avérer une alternative pour les villes qui n'ont pas les moyens d'investir car ce dispositif est plus accessible.

UNE MESURE COMPLÉMENTAIRE POUR LES STATIONS DE LA QUALITÉ DE L'AIR ?

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes qui gère l'observatoire grenoblois est attentive à toutes les innovations susceptibles d'affiner ses observations et modèles sur le territoire. Ses équipes voient la captation en mobilité comme une mesure complémentaire innovante et originale.



GREENZENTAG : COMMENT ÇA MARCHE ?



Mis au point par la start-up EcoLogicSense, le microcapteur e-PM recueille l'air et mesure les particules PM10 et PM 2,5. Enfermé dans un carter de protection, il est posé sur le toit d'un tram.

- l'expérimentation implique 10 capteurs mobiles et 2 capteurs fixes (secteurs Les Frênes et Victor Hugo)
- 5700 mesures/jour pendant 2 mois
- 1 mesure toutes les 2 mn
- 10 microcapteurs posés sur 10 toits de tram de la ligne A
- le capteur génère un fichier brut comprenant une ligne par mesure PM10 et PM 2,5 incluant la géolocalisation et l'horodatage



10 tramways de la ligne A sont équipés sur leur toit du capteur d'air e-PM. Le dispositif est complété par deux capteurs fixes. Pour la première fois la qualité de l'air va être mesurée et géolocalisée en déplacement pendant les trajets durant deux mois à compter du lundi 19 décembre.

- 10 tramways de la ligne A, ligne la plus fréquentée du réseau (Fontaine-centre Grenoble-Echirolles)
- 1 ligne de 20 km A/R
- vitesse commerciale 18 km/h
- fréquence < 10mn
- 21h de service/jour



Les données recueillies par chaque capteur embarqué sont envoyées en GMS sur un serveur par un Smartphone connecté au capteur. Le Smartphone sert à géolocaliser et diffuser en temps réel la position du tram à l'aide de l'application Zenbus. La position est ainsi extrêmement précise. Zenbus a développé l'application qui gère la fusion et l'échantillonnage des données de mesure associées à la géolocalisation. Le Smartphone est installé dans la cabine du conducteur et alimenté par le système électrique du tram.

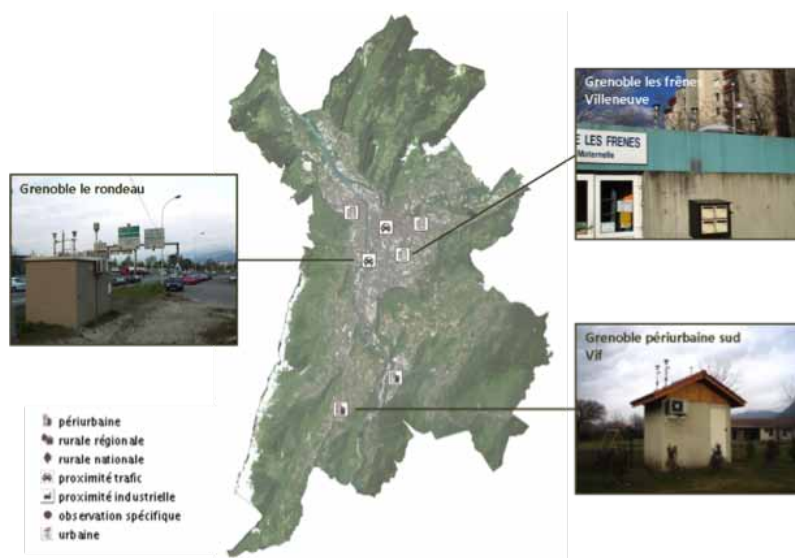


Egis récupère ces données brutes et les transforme en une base SIG* de mesure de concentration par zone. Les données sont ensuite confrontées à celles obtenues avec les capteurs fixes et aussi aux modélisations d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes. Egis établit une cartographie des données et réalise des tableaux de bords. La société partage ses analyses avec Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (Observatoire agréé pour la surveillance et l'information sur la qualité de l'air en Auvergne-Rhône-Alpes). L'observatoire va évaluer si une telle approche est susceptible de lui apporter une plus-value ou si elle peut présenter un intérêt sur des territoires qui ne disposent d'aucun dispositif de mesure et d'information.

** base SIG : système d'information conçu pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographiques.*

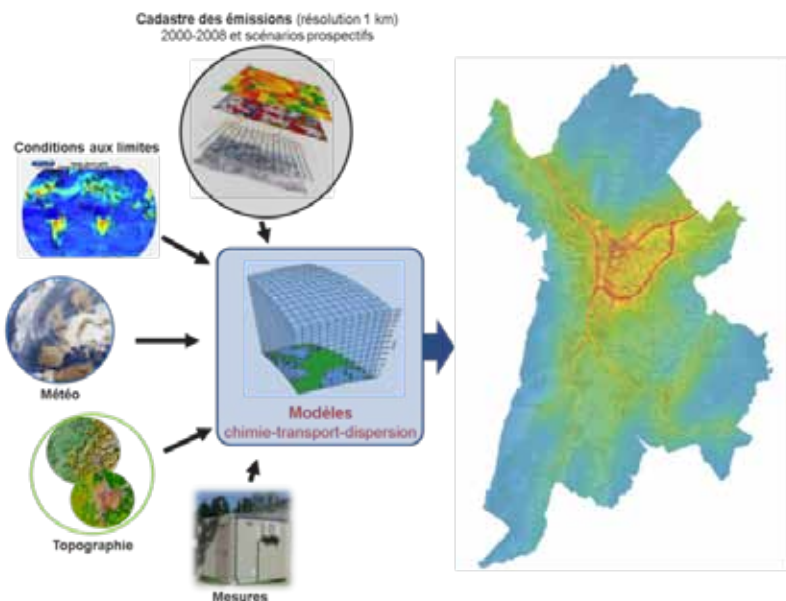
COMMENT ÉVALUE-T-ON LA QUALITÉ DE L'AIR AUJOURD'HUI?

Sur le territoire de la Métropole Grenobloise, l'observatoire de la qualité de l'air est géré par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes. Il s'appuie sur différents outils articulés : un réseau de stations de mesures fixes et une chaîne de modélisation numérique.



Les stations de mesures sont implantées dans différents environnements reflétant une diversité de niveau d'exposition : proximité trafic, fond urbain, périurbain ou rural, proximité industrielle.

7 stations fixes de mesures implantées sur la métropole grenobloise.



Le modèle numérique (au centre de la figure) simule les mécanismes atmosphériques à l'origine de la transformation et du transport des polluants. Il permet de calculer la concentration des polluants en tout point du territoire et pour chaque heure de l'année. La résolution spatiale du modèle est de 10 m à l'intérieur des agglomérations et en proximité routière.

Principe de la modélisation numérique de la pollution atmosphérique.

CALENDRIER DE GREENZENTAG

L'expérimentation GreenZenTag débutera lundi 19 décembre dans l'agglomération grenobloise et durera deux mois. Cette idée de mesurer la qualité de l'air en mobilité à grande échelle a nécessité la mobilisation de nombreux partenaires dans une démarche de co-production. C'est l'esprit LEMON !

avril-mai 2015	juillet-septembre 2016	octobre-novembre 2016	lundi 19 décembre	décembre 2016 février 2017	mars avril 2017
<p><u>Premier test technique réalisé à petite échelle à Marne-la-Vallée par Transdev.</u></p> <p>Objectif de ce test mené sur un bus : mesurer la fiabilité technique du capteur et de la transmission.</p> <p>Le test technique est probant. L'expérimentation peut se poursuivre. L'objectif est désormais de recueillir les données à grande échelle et de les analyser. LEMON suggère au SMTC de réaliser ce test dans l'agglomération grenobloise.</p>	<p><u>Le SMTC décide de mener le projet d'expérimentation GreenZenTag.</u></p> <p>Il voit là un moyen d'améliorer sa connaissance de la qualité de l'air en testant des capteurs mobiles, procédé permettant de mesurer la qualité de l'air en déplacement.</p> <p>Le SMTC choisit de mener l'expérimentation sur la ligne de tramway A, la plus fréquentée et la plus longue.</p> <p>L'expérimentation doit démontrer si les mesures effectuées via des capteurs mobiles peuvent affiner les dispositifs d'observation existants dans l'agglomération grenobloise (gérés par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes).</p>	<p><u>Co-production et mise au point des protocoles d'expérimentation.</u></p> <p>EcoLogicSense, start-up qui a inventé le capteur mobile, explicite la méthode d'acquisition des données recueillies.</p> <p>Zenbus commence à géolocaliser, retraiter, diffuser et archiver la position des tramways concernés en temps-réel.</p> <p>Co-production avec la Sémitag pour installation des capteurs sur le toit des tramways. Test cablage et branchement.</p> <p>Co-production Egis/Atmo Auvergne-Rhône-Alpes/ EcoLogicSens pour décider des protocoles d'analyse.</p>	<p><u>Lancement de l'expérimentation GreenZenTag.</u></p> <p>Choix d'implanter un capteur mobile sur 10 tramways auxquels s'ajoutent deux capteurs fixes (secteurs Victor Hugo et Les Frênes).</p> <p>Début des collectes de données.</p> <p>1 mesure toutes les 2 minutes soit 5700 mesures de PM2,5 et PM10 par jour.</p>	<p><u>Collecte des données pendant deux mois. Analyse des données acquises par Egis avec l'appui d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.</u></p> <p>Cartographie de la zone étudiée.</p> <p>Evaluation de la fiabilité et de la justesse des mesures du dispositif GreenZenTag. Examen de la pertinence et complémentarité des données obtenues avec des capteurs mobiles/ versus mesures d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.</p> <p>Comparaison des données capteurs mobiles/capteurs fixes/modélisations.</p>	<p><u>Remise des conclusions au SMTC.</u></p> <p>Fin expérimentation avril 2017.</p>

LES INITIATEURS ET PARTENAIRES DE GREENZENTAG

Transdev, opérateur de transport présent dans le monde entier et partenaire industriel de la Sémitag, est à l'initiative du projet GreenZenTag. Il associe deux start-ups, EcoLogicSense et Zenbus, et deux acteurs de l'environnement, Egis Environnement et Atmo Auvergne-Rhône-Alpes. Un projet porté par LEMON, le Laboratoire d'Expérimentation des Mobilités de l'Agglomération Grenobloise, voulu par le SMTC dans le cadre de sa délégation de service public.

LES INITIATEURS DE GREENZENTAG



► **Transdev** : Cet opérateur de transport est présent dans le monde entier (10 pays, 4 continents, 320 millions de voyageurs par an. 1er opérateur privé en nombre de réseaux exploités). C'est le partenaire industriel de la Sémitag. Transdev est à l'initiative du projet GreenZenTag. Un premier test technique a été opéré sur une ligne de bus à Marne-la-Vallée au printemps 2015.
transdev.com



► **Sémitag** : La Sémitag est la société qui exploite le réseau de transports en commun de la Métropole grenobloise depuis 1975. Elle rayonne sur 49 communes soit 450 000 habitants. Son réseau est dense : 5 lignes de Tram (40 km de voies), 46 lignes de bus Chrono, Proximo et Flexo. C'est sur la ligne de tramway A de son réseau qu'est réalisée l'expérimentation GreenZenTag de décembre 2016 à février 2017. C'est la ligne la plus ancienne du réseau et la plus fréquentée avec plus de 85 000 voyageurs chaque jour entre Echirolles et Fontaine, en passant par le centre-ville de Grenoble.
tag.fr



► **SMTC** : Le Syndicat Mixte des Transports en Commun est l'autorité organisatrice des mobilités sur les 49 communes de la Métropole grenobloise. Il a en charge la définition des politiques de déplacement sur l'ensemble du territoire.
smtc-grenoble.org



► **LEMON** : GreenZenTag est l'un des projets de LEMON, Laboratoire d'Expérimentation des Mobilités de l'agglomération grenobloise. LEMON compte une dizaine de projets à des niveaux de maturité différents. Cette démarche, unique en France, teste tout à la fois de nouvelles façons de penser les déplacements, en associant usagers et habitants et d'aménager l'espace urbain.

LES PARTENAIRES DE GREENZENTAG



► **EcoLogicSense**
Start-up française implantée au Rousset (13), EcoLogicSense développe depuis 2010 des appareils innovants et miniaturisés pour mesurer la pollution de l'atmosphère en temps réel. Ses 10 capteurs installés sur le toit des tramways de la ligne A du réseau TAG permettent de récolter entre 5000 et 6000 mesures atmosphériques chaque jour.
ecologicsense.fr



► **Zenbus**
Zenbus s'appuie sur les capacités des Smartphones grand public pour géolocaliser de manière très précise et en vrai temps réel les transports collectifs. Zenbus est déployé sur plus de quarante réseaux de transport, en France et à l'étranger. Pour le projet GreenZenTag, la start-up associe pour la première fois son expertise en données géolocalisées à d'autres données mesurées sur le véhicule.
zenbus.fr



► **Egis Environnement**
Egis est un groupe international d'ingénierie. Il intervient dans les domaines des transports, de la ville, du bâtiment, de l'industrie, de l'eau, de l'environnement et de l'énergie. Pour GreenZenTag, Egis Environnement effectue l'analyse des données recueillies. Il vérifie et valide ces données, établit des moyennes par zone et prépare une cartographie et les tableaux de bord associés. Il met en place aussi la comparaison entre les données issues des capteurs mobiles avec les siennes associant capteurs fixes et modélisation.
egis.fr



► **Atmo Auvergne-Rhône-Alpes**
Atmo Auvergne-Rhône-Alpes est l'Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air dans l'agglomération grenobloise. Elle gère un observatoire de la qualité de l'air basé sur des moyens métrologiques (capteurs fixes) et de modélisation permettant notamment d'informer au quotidien et en tout point du territoire sur l'exposition à la pollution atmosphérique.
air-rhonealpes.fr



GREENZENTAG : UN PROJET DE LEMON, LE LABORATOIRE DES MOBILITÉS DE DEMAIN

GreenZenTag est l'un des projets de LEMON, le Laboratoire d'Expérimentation des Mobilités de l'Agglomération Grenobloise. A ce jour, LEMON mène de front une dizaine de projets autour de quatre axes de progrès. Cette démarche initiée sur le territoire grenoblois teste tout à la fois de nouvelles façons de penser les déplacements et les mobilités, d'associer les usagers et habitants et d'aménager l'espace urbain. Une démarche originale qui ne demande qu'à s'exporter...

LEMON, Laboratoire d'Expérimentation des Mobilités de l'Agglomération Grenobloise, est né en 2013 de la volonté politique du SMTC d'anticiper sur les mutations en termes de mobilité. Il a demandé à son exploitant, la Sémitag et à son partenaire industriel Transdev de créer ce laboratoire d'expérimentation. Une initiative audacieuse et inédite pour penser les déplacements et tester des solutions originales à l'échelle d'une agglomération. LEMON envisage la mobilité avec une vision à 360°. Il questionne aussi bien les fonctionnalités des arrêts de bus que les bonnes pratiques pour les personnes mal et non-voyantes. Une dizaine de projets innovants sont aujourd'hui

à différents stades d'avancement, autour de 4 axes de progrès : intermodalité pour une éco-mobilité durable, accessibilité, développement durable, citoyen voyageur.

LEMON est aussi une méthode de travail totalement nouvelle. Chaque projet réunit un groupe de travail dédié autour de compétences plurielles avec une volonté de co-produire. Il impose une vision transversale, invente des moyens de consultation inédits, recherche des partenaires de proximité, s'appuie sur l'expérience des usagers, promeut la co-production.

La démarche de LEMON pourrait rapidement séduire d'autres collectivités en France.

LES OBJECTIFS DE LEMON

- ▶ **mener des expérimentations** à l'échelle d'un quartier, d'une ville, d'une agglomération sur les mobilités. Si elles s'avèrent probantes et plébiscitées par les usagers, elles peuvent se déployer à plus grande échelle voire dans d'autres villes en France ou en le monde.
- ▶ **construire des projets innovants** aptes à renforcer l'attractivité du réseau de transports en commun TAG et à favoriser sa fréquentation.
- ▶ **porter avec le SMTC et la Sémitag des projets concrets, innovants et ambitieux**, facilitant toujours plus les mobilités douces et durables dans l'aire urbaine grenobloise. Transdev assure le portage opérationnel de LEMON.

QUELQUES PROJETS DE LEMON EN COURS DANS L'AGGLOMÉRATION GRENOBLOISE

intermodalité pour une éco-mobilité durable

▶ **Chrono en marche !** : tester de nouveaux aménagements permettant de valoriser et de rendre visible l'offre de transports en commun dans le quartier Bouchayer-Viallet à Grenoble. Favoriser la marchabilité.

▶ **Covoiturage en zones peu denses** : expérimenter un service de covoiturage spontané pour compléter ou se substituer à l'offre des lignes desservant des zones peu denses.

▶ **Carrefour de mobilité** : faciliter l'accès aux différents modes de transports autour de la gare d'Echirolles.

accessibilité

▶ **Timodev** : réaliser un cahier des charges de prescriptions pour faciliter le déplacement des personnes mal et non voyantes.

▶ **Service garanti de retour PMR** : expérimenter un service garantissant trois fois par an aux clients PMR, un retour en taxi en cas d'impossibilité d'utiliser le réseau TAG ou le service spécifique PMR.

développement durable

▶ **GreenZenTag** : mesurer en déplacement et géolocaliser la qualité de l'air et les niveaux de pollution en ville, le long des voies de circulation grâce aux capteurs embarqués sur le toit des tramways de la ligne A du réseau TAG.

citoyen voyageur

▶ **Innov'box** : accompagner la Sémitag dans la mise en place d'une opération collaborative interne visant à récolter des idées. Sujet 2015 : « Avec le nouveau réseau TAG, quelles sont vos idées pour conquérir de nouveaux clients ? ».

▶ **Paiement sans contact** : tester sur la ligne Chrono C1 un service innovant permettant d'acheter son titre de transport avec sa carte bancaire.

GLOSSAIRE

► **AASQA** : Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air

► **Concentration** : Il s'agit des niveaux de pollution mesurés dans l'air. Les concentrations de polluants caractérisent la qualité de l'air que l'on respire et s'expriment le plus souvent en microgrammes de polluants par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

► **Effets sanitaires** : Les effets de la pollution sur la santé sont classés en deux groupes. Les effets immédiats c'est-à-dire après une exposition de courte durée (lors d'un pic de pollution par exemple) et les effets à long terme qui surviennent en raison d'une exposition chronique à la pollution de l'air c'est-à-dire après des expositions répétées ou continues tout au long de la vie.

► **Emissions** : Origine de la pollution. Les émissions de polluants correspondent aux quantités de polluants directement rejetées dans l'atmosphère par les activités humaines (cheminées d'usine ou de logements, pots d'échappement, agriculture) ou par des sources naturelles (volcans ou composés émis par la végétation et les sols).

► **Particules** : particules microscopiques solides ou liquides invisibles, d'origine humaine ou naturelle, qui restent suspendues dans l'air pendant un certain temps. Ces particules varient fortement en taille (diamètre aérodynamique), composition et origine, et bon nombre

d'entre elles sont nocives. Leur concentration dans l'air est augmentée par l'activité humaine. À Grenoble, les transports sont responsables de 32 % des émissions de PM10, particule fine 8 fois moins épaisse qu'un cheveu, qui pénètre dans les voies respiratoires. Encore plus petites, les PM2,5 se logent directement dans les ramifications les plus profondes des voies respiratoires. Elles sont notamment émises par les moteurs diesel.

► **PM10** : particules de diamètre inférieur à 10 μm (microns)

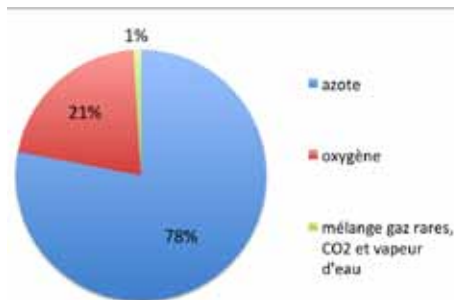
► **PM2.5** : particules de diamètre inférieur à 2,5 μm (microns). Comme elles sont plus petites, elles pénètrent plus profondément dans les voies respiratoires et atteignent les alvéoles pulmonaires. À ce titre, on leur attribue un plus grand impact sanitaire.

► **Seuil d'alerte** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement justifiant la mise en oeuvre de mesures d'urgence.

Source : Atmo Auvergne-Rhône-Alpes



Une quinzaine de polluants sont surveillés en permanence et les cinq ci-dessus servent à établir l'indice de pollution global.



Composition de l'air que nous respirons.