



L'Air  
et Moi

# GUIDE PEDAGOGIQUE

## MODULE 4



m<sup>4</sup>  
module

# SOMMAIRE

Introduction	3
Informations générales	4
L'exemple des particules fines	5
N'oublions pas les autres polluants	9
Les facteurs influents	16
Remerciements	21



# L'Air et Moi : un support pédagogique unique !

La qualité de l'air est un sujet majeur et de santé publique. Après l'écriture de Marie, pourquoi tu tousses ?, Victor Hugo Espinosa a imaginé la création d'un support pédagogique gratuit, accessible à tous, pour sensibiliser les enfants à l'importance de l'air. L'Air et Moi répond à ce besoin en offrant, partout, aux enseignants, parents et animateurs, des diaporamas, quizz, guides pédagogiques, travaux pratiques et vidéos sur la qualité de l'air. Ces supports ont été conçus avec Air PACA, association agréée par le Ministère de l'Environnement pour la surveillance de la qualité de l'air. De nombreux acteurs ont participé à sa création et à faire évoluer ce support : enseignants, enfants, parents, experts, médecins, animateurs... Dès à présent, l'équipe L'Air et Moi vous invite à utiliser cet outil et à commencer votre première animation avec le module transversal, pour ensuite approfondir avec les autres modules. Nous attendons vos remarques et critiques pour continuer à faire évoluer L'Air et Moi. Vous pouvez aussi devenir école ou collège pilote pour le projet en devenant ami de L'Air et Moi sur le site internet [www.lairetmoi.org](http://www.lairetmoi.org). Bonne animation !



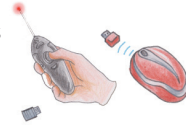
Victor-Hugo Espinosa  
Concepteur et pilote du projet L'Air et Moi

*Victor Hugo Espinosa est administrateur d'Air PACA, ingénieur Docteur en Risques Majeurs et auteur du livre Marie, pourquoi tu tousses ? sur la pollution de l'air (Les aventures d'Ecololo et Lala). Il a, à son actif, plus de 1000 interventions en écoles, collèges, lycées et facultés.*



## Matériel et conditions nécessaires à l'utilisation des supports L'Ajr et Moi

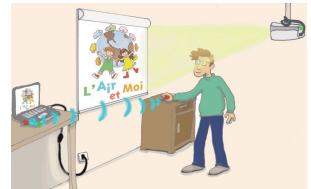
- Vidéo projecteur,
- Ordinateur équipé d'un logiciel\* permettant la lecture des diaporamas,
- Multiprise à 2 fiches et si besoin rallonge,
- Un écran de projection (ou, si vous n'avez pas, un pan de mur de couleur claire de la salle où sera réalisée la projection. La projection peut être réalisée aussi sur un drap blanc ou de couleur claire bien tendu. Nous vous conseillons un espace minimum de projection d'environ 1 m<sup>2</sup>,
- Conseil : bien que cela ne soit pas nécessaire, l'utilisation d'une souris non filaire est un grand plus car elle permet de pouvoir se déplacer dans la salle pendant l'animation.



- \* Si vous ne disposez pas d'un tel logiciel, vous pouvez télécharger gratuitement :
- la suite bureautique LibreOffice compatible MS-Windows (XP et suivants), Linux (rpm / deb) et MacOS-X (x86 et ppc),
  - la visionneuse MS-Windows PowerPoint compatible Windows 7, Windows Server 2003 R2 (32-Bit x86), Windows Server 2003 R2 x64 editions, Windows Server 2008, Windows Vista, Service Pack 1, Windows Vista Service Pack 2, Windows XP Service Pack 3.

## Installation du matériel et lancement du diaporama animé L'Ajr et Moi

- Reliez ordinateur et vidéo projecteur grâce au câble approprié,
- Branchez les deux appareils au secteur,
- Ouvrez le module L'Ajr et Moi grâce au logiciel de lecture approprié,
- Lancez le mode « diaporama » (Sur Microsoft Office 2007 allez dans l'onglet affichage puis cliquez sur « diaporama »),
- Suivez le mode d'emploi de votre vidéo projecteur jusqu'à ce que l'image qui se trouve sur votre écran d'ordinateur soit visible sur l'écran de projection de votre salle d'animation,
- Si vous voulez, en cours d'utilisation, sortir du mode « diaporama », il vous suffira de cliquer sur la touche « Echap » de votre clavier, habituellement située tout en haut à gauche du clavier d'ordinateur.



## Mode d'emploi des diaporamas L'Ajr et Moi

### • Les questions

Vous verrez parfois apparaître une question en haut à gauche de la diapositive et le reste de la diapositive sera blanc (ou illustré d'une image). Le but est de vous laisser le temps de réfléchir à la question posée avant de voir la réponse. Dès que vous voudrez la réponse, il vous suffira d'un clic pour l'obtenir.

### • L'abeille

L'abeille indique que tout le contenu de la diapositive n'est pas encore apparu. Elle vous laisse le temps de réfléchir. Dès que vous voulez le complément d'information, il vous suffit de cliquer.



### • Les numéros

A chaque fois que vous verrez apparaître de grands numéros oranges, il vous suffira de cliquer sur les numéros pour avoir les réponses.

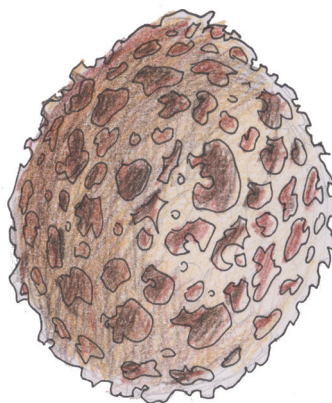


Voir la vidéo de présentation



Liens vidéos

# L'exemple des particules fines





La limite de visibilité à l'œil nu est d'environ 40 micromètres : (un micromètre est un million de fois plus petit qu'un mètre ; le symbole de l'unité de mesure est :  $\mu\text{m}$ ). Les particules fines se mesurent en micromètre et sont invisibles à l'œil nu.

Les Associations de Surveillance de la Qualité de l'Air mesurent les particules fines dans l'air à travers :

- Les particules PM10, inférieures à  $10 \mu\text{m}$  (4 à 10 fois plus petites que l'épaisseur d'un cheveu), qui pénètrent dans l'appareil respiratoire.
- Les particules fines ou PM2,5, inférieures ou égales à  $2,5 \mu\text{m}$  (comme la plupart des bactéries), qui peuvent atteindre les ramifications les plus profondes des voies respiratoires (alvéoles) et même notre système sanguin.

Plus les particules fines sont de petite taille, plus elles sont dangereuses pour la santé, et particulièrement pour les systèmes respiratoire et cardiovasculaire. Elles proviennent notamment :

- Des rejets directs dans l'atmosphère : les transports, les industries et le chauffage en produisent une grande part.
- Des remises en suspension, sous l'action du vent ou des déplacements de véhicules, des particules qui s'étaient déposées au sol.
- De la transformation chimique de gaz. Par exemple, dans certaines conditions, le dioxyde d'azote pourra se transformer en particules de nitrates et le dioxyde de soufre en sulfates.



diapo 5



**Visualisons la pollution de l'air liée aux particules fines**

*Exemple des particules fines*

Voici un filtre devenu noir à cause de la pollution aux particules fines !



Filtre avant      Filtre après

On pourrait comparer ce filtre devenu noir à nos poumons ! En effet, dans notre corps, ce sont eux qui filtrent la pollution de l'air ! Malheureusement, les particules les plus fines parviennent à rentrer dans notre système sanguin.



24 000 litres d'air ont circulé à travers le filtre noir. Un tel filtre peut être obtenu en une journée sur certaines routes à forte circulation (plus de 80 000 voitures par jour) et parfois même en un quart d'heure dans certains tunnels très fréquentés.



Les Associations Agréées de Surveillance de la qualité de l'air mesurent la pollution aux particules fines de diamètre inférieur à  $10\ \mu\text{m}$  (PM10) et à  $2.5\ \mu\text{m}$  (PM2.5). La méthode notamment utilisée pour se faire est la pesée par microbalance à quartz.

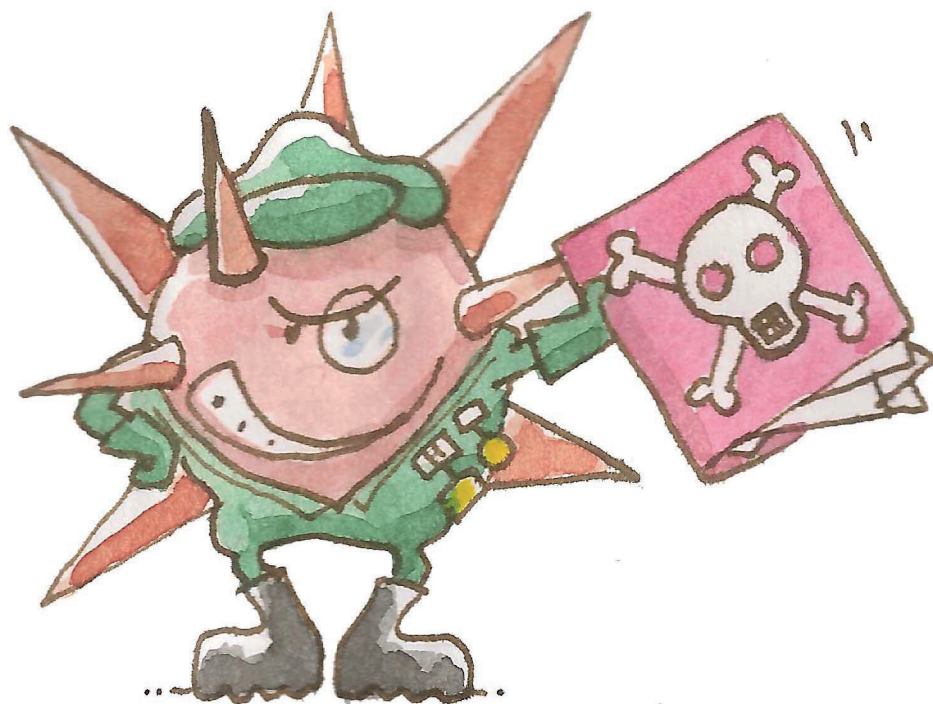
Les particules fines contenues dans l'échantillon d'air se déposent sur un filtre de collection, lui-même posé sur un cristal de quartz vibrant à une fréquence de 200 Hz.

La masse des particules fait varier la fréquence de vibration du quartz. Cette variation est mesurée en continu et est convertie en variations de masse.

Depuis le 1er janvier 2007, en France, les mesures de particules fines sont corrigées pour correspondre à la méthode de mesure de référence européenne.



# N'oublions pas les autres polluants





**Quel est le nombre de molécules connues ?**

Suivant les sources, le nombre de molécules connues varie de :

- 1 180 à 250 molécules
- 2 18 000 à 25 000 molécules
- 3 18 millions à 25 millions de molécules

Parmi ces substances, 100 000 se trouvent dans les produits qui sont échangés, vendus et achetés en Europe et 3 000 sont classées dangereuses.

La bonne réponse est la réponse 3 : 18 millions à 25 millions de molécules.





Les polluants sont si nombreux que nous ne pouvons pas tous les contrôler. En effet, on ne les connaît pas tous, cela coûterait très cher de contrôler tous ceux que nous connaissons et cela prendrait des années.

Suivant les sources, le nombre de molécules naturelles et d'artefacts chimiques connus varie de 18 à 37 millions. Parmi ces substances, 30 000 sont évaluées dans le cadre du programme « Reach »<sup>1</sup>.

Les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) évaluent en permanence la présence dans l'air ambiant de 13 polluants réglementés par des directives européennes et la législation nationale. Cette réglementation comporte des seuils à ne pas dépasser dans l'air ambiant, ainsi que des seuils d'information et d'alerte.

Les polluants concernés par ces dispositions sont les suivants : dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), PM10, plomb (Pb), ozone (O<sub>3</sub>), benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), monoxyde de carbone (CO), hydrocarbures aromatiques polycycliques, arsenic, cadmium, nickel, mercure et PM2,5.

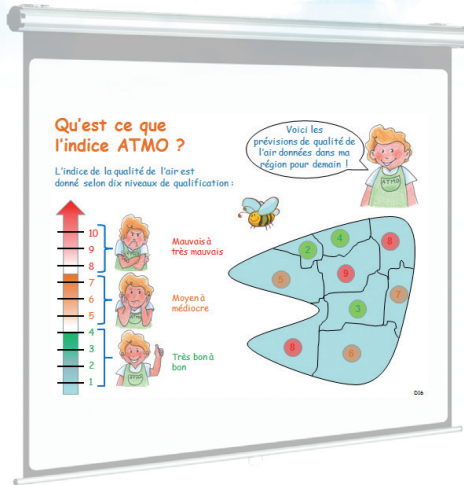
D'autres polluants spécifiques pour lesquels il n'existe pas de normes dans l'air ambiant (formaldéhyde, polluants organiques persistants, ammoniac, odeurs...) font également, au cas par cas, l'objet d'études et de campagnes de surveillance. Notons que ces polluants font l'objet de réglementations en matière d'émissions.

<sup>1</sup> Sénat



- Les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) proviennent des combustions, de combustibles fossiles comme le charbon, fuel, pétrole... Le secteur du trafic routier est responsable de plus de la moitié des émissions de  $\text{NO}_x$  et le chauffage de 20%.
- PM (particules fines) : cf diapo n°6.
- $\text{O}_3$  (Ozone) : cf ci-après.
- Le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) est rejeté lors des combustions (gazole, fuel, charbon...), majoritairement par les industries et le chauffage.
- Les composés organiques volatils (COV) proviennent des gaz émis par les transports, les industries, les cheminées, l'usage domestique de solvants, les végétaux...
- Le monoxyde de carbone (CO) provient des combustions incomplètes (gaz, charbon, fioul ou bois), majoritairement des transports.
- Les métaux lourds comprennent le plomb (Pb), le mercure (Hg), l'arsenic (As), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni). Ils proviennent de la combustion (charbon, pétrole, ordures ménagères, industries...)

Les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air surveillent quelques polluants de l'air non réglementés quand ces derniers interrogent (exemples : dioxines et pesticides) ou quand ils servent de référence pour les études sanitaires (exemple : fumées noires).



L'indice est comme un thermomètre pour la qualité de l'air. Il est destiné à qualifier globalement, chaque jour, la qualité de l'air d'une ville ou d'une agglomération. Il est dénommé Indice Atmo lorsqu'il concerne les agglomérations de plus de 100 000 habitants et qu'il répond à tous les critères de calcul définis par arrêté ministériel (22/07/2004).

L'indice est calculé à partir des concentrations en polluants relevés par les stations urbaines et périurbaines représentatives de zones de pollution homogène. En fonction de la configuration de la zone, quatre polluants peuvent être pris en compte dans son calcul : les particules fines inférieures à 10  $\mu\text{m}$  (PM10), le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), l'ozone ( $\text{O}_3$ ), le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ).

Les concentrations atteintes devant respecter les principales normes de qualité de l'air, une valeur de 8 correspond généralement aux niveaux d'information à la population et la valeur 10 aux seuils d'alerte. Comme tout indicateur, l'indice présente des limites. Il ne peut être représentatif de situations particulières et des pointes de pollution qui peuvent être rencontrées au voisinage immédiat de sources (trafic routier ou industrie). En outre, il n'est pas adapté pour établir des comparaisons entre zones.



**Réponse 1 :** A prévoir et à anticiper les pics de pollution

**Réponse 2 :** A informer au quotidien et en cas d'épisodes de pollution

**Réponse 3 :** A comprendre les phénomènes de pollution

**Réponse 4 :** A comprendre les liens entre l'air et la santé, l'air et l'environnement

**Réponse 5 :** A contribuer aux réflexions relatives à l'aménagement du territoire et aux déplacements



Réponses

**Réponse 1 :** La pollution de l'air se déplace

**Réponse 2 :** La pollution de l'air est plus ou moins importante selon le moment de la journée

**Réponse 3 :** L'air n'est pas pollué de la même manière selon que l'on s'intéresse à un polluant ou à un autre

**Réponse 4 :** La pollution de l'air varie avec la météo et l'activité humaine



Les associations de surveillance de la qualité de l'air produisent ce type de carte pour chaque polluant réglementé.

# Les facteurs influents







L'atmosphère est une couche instable, constituée de masses d'air plus ou moins indépendantes, dont les différences de température provoquent les vents (les déplacements se font de l'air froid vers l'air chaud).

Les polluants de l'air se concentrent quand il n'y a pas de vent, se dispersent quand il y en a modérément et, selon la température, la densité et la vitesse d'éjection de l'effluent, retombent en panache provoquant une pollution localisée.

La pollution de l'air peut se déplacer sur des milliers de kilomètres (exemple : lors de l'éruption volcanique du volcan islandais Eyjafjöll en 2010, les cendres se déplaçaient si loin qu'il a fallu interrompre une immense part du trafic aérien au niveau mondial).

1 Atmo Picardie  
2 RFI



L'ozone (O<sub>3</sub>) est un polluant qui pose essentiellement problème en été car, pour produire beaucoup d'ozone, la chaleur et un ensoleillement suffisant sont nécessaires.

L'ozone, comme les autres polluants secondaires, n'est pas directement rejeté dans l'atmosphère mais provient de réactions chimiques de gaz entre eux sous l'action des rayons UV du soleil.

L'ozone résulte ainsi de la transformation chimique de l'oxygène au contact d'oxydes d'azote et d'hydrocarbures, polluants issus notamment de l'automobile ou de l'industrie, en présence de rayonnements ultra-violet solaires et d'une température élevée.

L'ozone ainsi que d'autres polluants photochimiques (les PAN ou nitrates de peroxyacétyle, aldéhydes, cétones...) constituent le smog, ce nuage brunâtre qui stagne parfois au-dessus des grandes villes.

La formation d'ozone nécessite un certain temps durant lequel les masses d'air se déplacent. Ce qui explique pourquoi les niveaux d'ozone sont souvent plus soutenus en zone rurale que dans les agglomérations où leurs précurseurs ont été produits. C'est un polluant qui voyage et qui peut traverser toute l'Europe.

A très haute altitude, dans la haute atmosphère, l'ozone protège les organismes vivants en absorbant une partie des rayons UV. Mais à basse altitude, là où nous vivons et respirons, c'est un polluant qui irrite les yeux et l'appareil respiratoire, et qui a des effets sur la végétation.



Quand un polluant se déplace, la température est soumise à des pressions qui peuvent la faire monter ou descendre.

On admet que l'air, en s'élevant, perdra  $1^{\circ}\text{C}$  pour 100 m d'ascension (gradient vertical de température).

La température de l'air décroît habituellement avec l'altitude. Ceci permet une bonne dispersion verticale des polluants en favorisant l'ascension de masses d'air près du sol, celles-ci étant plus chaudes, et donc plus légères.

Dans certains cas on observe des inversions de température. Dans ces situations on rencontre des couches d'air plus chaudes en altitude qu'au niveau du sol. Ceci freine la dispersion verticale des polluants. Les polluants se trouvent alors bloqués sous une «couche d'inversion» qui joue le rôle de couvercle thermique. Si, au même moment, il y a peu de vent, la pollution augmente dans des proportions importantes.

Les inversions peuvent avoir diverses causes. Elles se produisent notamment par rayonnement, en hiver et par ciel clair. Le sol se refroidit de façon importante pendant la nuit et, au matin, la température de l'air près du sol est notablement plus faible que la température de l'air en altitude.



On appelle les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air les **AASQA**.

La Fédération ATMO France, réseau national des AASQA, assure leur représentation dans les instances nationales et européennes, organise la solidarité, coordonne, mutualise et valorise leur travail tout en participant aux débats stratégiques, nationaux et internationaux, pour l'amélioration de la qualité de l'air et de l'atmosphère.

Conformément à la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie, les associations agréées regroupent 4 collèges, équitablement représentés au sein des Conseils d'Administration :

- Les Préfets et Services de l'Etat,
- Les Collectivités locales et territoriales,
- Les Emetteurs (transporteurs, industriels...),
- Les Associations de protection de l'environnement et des consommateurs et personnalités qualifiées.

Ses missions de base (en référence à la loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie du 30 décembre 1996) sont la mise en œuvre de la surveillance et de l'information sur la qualité de l'air, la diffusion des résultats et des prévisions et la transmission immédiate aux préfets des informations relatives aux dépassements ou prévisions de dépassements des seuils d'alerte et de recommandations.

Le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) est responsable de la mise en œuvre de la politique nationale de surveillance, de prévention et d'information sur l'air.



## Remerciements

Nous remercions le comité pédagogique de L'Air et Moi pour sa précieuse participation à la réalisation de ce guide :

Mme Roselyne Bailly (Ecole Saint-Tronc La Rose, Marseille),

Mme Céline Vincent (Ecole Mazargues Beauchêne, Marseille),

Mme Violaine Millet (Ecole Arenc Bachas, Marseille),

Mme Françoise Sivan (Ecole La Rose Val Plan, Marseille),

Mme Anne Claire Latuyère (Ecole La Rose Val Plan, Marseille),

Mme Mireille Pally (Ecole Marius Roussel, Simiane Collongue),

Mme Isabelle Mollard (Ecole Sainte-Cécile, Marseille),

Mme Lombardi (Ecole Candolle, Marseille),

Mr Philippe Oddou (enseignant, ancien coordinateur des classes de Mer de la Ville de Marseille au Frioul).

Nous remercions aussi notre comité scientifique L'Air et Moi et notre équipe d'ingénieurs d'Air PACA. Enfin nous remercions tous ceux qui ont participé, directement ou indirectement à la réalisation de ce support.

Réalisation : Air PACA

Conception du projet : Victor-Hugo Espinosa

Coordination : Marie-Anne Le Meur

Assistance à la coordination : Isabelle Arab-Desmarécaux

Illustration : Isabelle Nègre-François

Maquette : Graficea

[contact@lairetmoi.org](mailto:contact@lairetmoi.org)

**AirPACA**  
QUALITÉ DE L'AIR



L'Air  
et Moi

[www.lairetmoi.org](http://www.lairetmoi.org)