



L'atmosphère dans tous ses états

I. – Naissance de la Terre et de l'atmosphère

L'atmosphère n'a pas toujours eu la même composition. Elle a évolué pour avoir sa composition actuelle : 78% de diazote, 21% de dioxygène et 1% de gaz divers.

Il y a environ 5 milliards d'années, l'atmosphère dite primitive était dépourvue de dioxygène et ne permettait donc pas la vie telle qu'elle est actuellement. Elle était composée d'eau (80 à 90%), de dioxyde de carbone (10 à 20%) et d'azote (1 à 4%). Le refroidissement de la terre a permis la formation des océans par condensation de l'eau et une dissolution d'une grande partie du dioxyde de carbone.

Les premières formes de vie, il y a environ 3 milliards d'années, ont utilisé le dioxyde de carbone atmosphérique. Ces premiers organismes étaient des cyanobactéries photosynthétiques aquatiques. La photosynthèse a permis l'apparition du dioxygène dans l'atmosphère.

Cependant, la vie hors de l'eau n'est apparue qu'il y a environ 360 millions d'années, à partir du moment où la concentration en oxygène était suffisante pour permettre la formation de la couche protectrice d'ozone, notamment contre les U.V. et une température compatible avec la vie à la surface du globe.

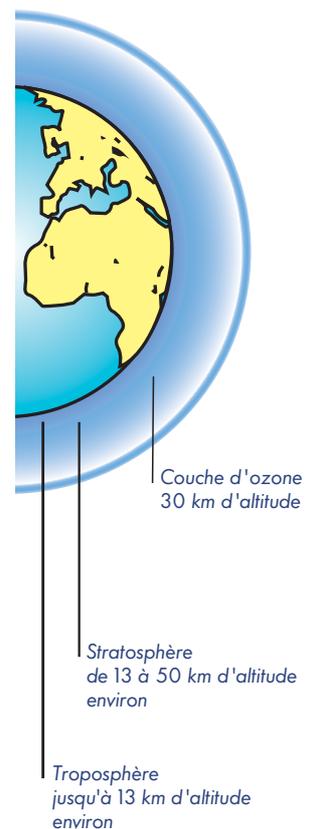
II. - Composition chimique de l'atmosphère

L'atmosphère est composée de gaz qui ont été expulsés du centre de la terre par les volcans . Il s'agit d'un mélange essentiellement de dioxygène (21%) et de diazote (78%). Le 1% restant correspond à une série de molécules, qui contrôle l'équilibre de la planète (argon, vapeur d'eau, dioxyde de carbone, ozone...). On évalue la quantité de molécules dans l'atmosphère à 10^{44} . Les molécules se dirigent vers l'espace à une vitesse d'environ 500 m/s.

Le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau régulent l'équilibre thermique de l'atmosphère. Le gaz carbonique, par effet de serre, assure une température moyenne sur la terre de 15°C ; sans cet effet de serre, la température moyenne sur la Terre ne dépasserait pas -15°C !

L'atmosphère contient naturellement de l'ozone, avec un maximum de concentration vers 20-30 km d'altitude : la "couche d'ozone". Celle-ci absorbe en particulier les rayons ultraviolets du rayonnement solaire entre 200 et 300 nm et protège les organismes vivants.

Les aérosols (particules liquides ou solides en suspension dans l'air), qui sont également présents dans l'atmosphère, sont essentiels à la formation des nuages et des pluies : noyaux de condensation.



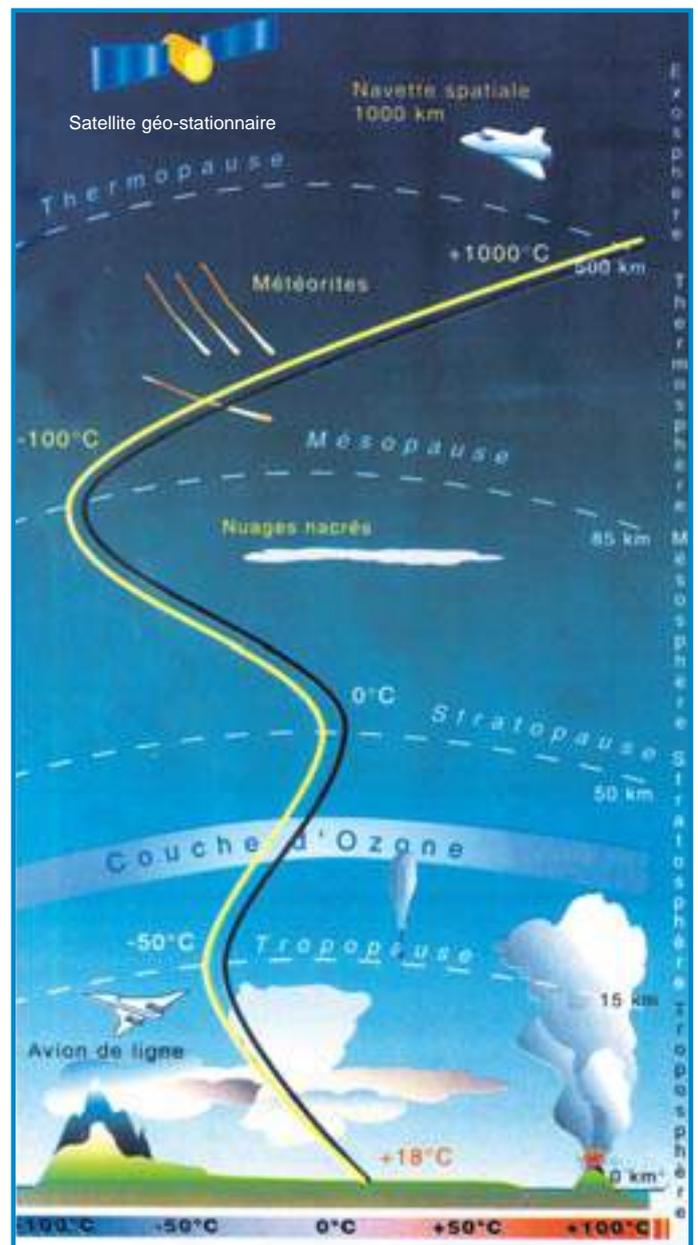
Structure de l'atmosphère

III. – Structure verticale de l'atmosphère

L'atmosphère n'est pas uniforme en température, en pression et en composition : le Nord – Pas-de-Calais est plus soumis aux températures fraîches et aux dépressions que la Corse. La pression décroît très rapidement avec l'altitude.

Le gradient vertical de température permet de distinguer 5 grandes régions de l'atmosphère :

- Du sol jusqu'à 15 km d'altitude en moyenne, c'est **la troposphère**, où en général, la température décroît fortement avec l'altitude. Son épaisseur est variable : 16 km au-dessus de l'équateur et 8 km au-dessus des pôles et selon les saisons, 13 kilomètres dans la zone tempérée. Cette région est chauffée par en-dessous essentiellement, par absorption des rayonnements visibles et infra-rouges provenant du sol. Elle est convectivement instable et c'est, dans cette couche, qu'a lieu la plus grande partie des phénomènes météorologiques.
- Puis la température augmente à nouveau et passe par un maximum vers 50 km, c'est **la stratosphère**. L'absorption des ultra-violets solaires par l'ozone produit un dégagement d'énergie sous forme de chaleur. Cette zone est très stable en ce qui concerne les mouvements verticaux et tend donc à être stratifiée horizontalement. La limite entre la troposphère et la stratosphère est appelée "**tropopause**".
- Au-dessus la température descend à nouveau, jusqu'à environ 85 km : c'est **la mésosphère**. Les poussières et les particules s'enflamment lorsqu'elles entrent dans la mésosphère par friction de l'air et nous apparaissent sous forme d'étoiles filantes. La limite entre la stratosphère et la mésosphère est appelée "**stratopause**".
- La température augmente fortement à cause de dégagements de chaleur par des processus d'ionisation dans la **thermosphère** (partie supérieure). La thermosphère atteint des milliers de kilomètres d'altitude. C'est dans cette région que se forment, près des pôles, des aurores boréales et australes. La pression y devient presque nulle et les molécules d'air sont très rares. La limite entre la mésosphère et la thermosphère est appelée "**mésopause**".
- **L'exosphère** (à partir de 500 km) où la température continue à augmenter. La limite entre la thermosphère et l'exosphère est appelée "**thermopause**".



Ces 5 grandes zones ne sont pas étanches. Lors de fortes tempêtes, par exemple, des incursions d'ozone stratosphérique augmentent les concentrations d'ozone de la troposphère en plein hiver.

Dans la troposphère où nous vivons, la température varie en fonction :

- **du facteur astronomique**

L'axe des pôles est incliné vers le soleil (angle de déclinaison) : en été, le pôle Nord est plus exposé, en hiver, c'est le contraire. Les cycles diurne et nocturne déterminent la quantité d'énergie reçue du soleil ; la latitude est un facteur déterminant (0° à l'équateur, 90° aux pôles).

- **de l'altitude**

La température diminue avec l'altitude d'environ 6°C tous les 1000 mètres près du sol. Toutefois, les transferts thermiques, les phénomènes météorologiques, les courants marins permettent en partie d'homogénéiser la température à la surface de la terre et d'éviter un réchauffement ou un refroidissement permanent de certaines zones.

- **des chaleurs massiques**

L'eau et le sol réagissent différemment à cause de leur chaleur massique différente. L'eau prendra donc plus de temps à se réchauffer que le sol, et l'air, venant en contact avec ces deux substances, se réchauffera plus ou moins rapidement selon les cas.

- **de la couleur du sol**

La couleur d'une substance influe sur la quantité de rayonnement qu'elle absorbe. La variable nommée albedo est le rapport entre le rayonnement solaire réfléchi et le rayonnement solaire incident.

Exemple : la neige renvoie la lumière et absorbe 15% de la lumière

albedo de la neige = 0,85

albedo du macadam = 0,05

Ce qui signifie que la neige n'absorbe que 15% du rayonnement solaire alors que le macadam en absorbe 95%.

Les régions couvertes de neige n'absorbent que très peu d'énergie solaire et réchauffent difficilement l'air ambiant.



Vue de la Terre par satellite

Composition chimique de la troposphère

Depuis la formation du globe terrestre, la composition de l'atmosphère a évolué lentement. Avec l'ère industrielle, l'évolution s'est considérablement accélérée. Cette perturbation concerne les gaz à l'état de trace dans l'atmosphère (oxydes de soufre, oxydes d'azote, composés organiques volatils).

Constituants	Ere pré-industrielle	Aujourd'hui
Diazote	78,09 %	
Dioxygène	20,95 %	
Argon	0,93 %	
Dioxyde de carbone	0,03% = 270 ppm	340 ppm
Néon	$1,8 \times 10^{-3}$ %	
Hélium	$5,2 \times 10^{-4}$ %	
Méthane	1,1 ppm	1,7 ppm
Krypton	1×10^{-4} %	
Hydrogène	5×10^{-5} %	
Xénon	8×10^{-6} %	
Ozone	1×10^{-6} %	
Monoxyde de carbone	0,05 à 0,2 ppm	0,13 ppm
Dioxyde de soufre	0,01 ppm	0,002 ppm
Chlorofluorocarbones	0,0	0,00015 ppm

Les Unités de concentration

Les teneurs en gaz polluants s'expriment en unités de masse par unité de volume (microgramme par mètre cube d'air ou milligramme par mètre cube d'air) ou en rapport de volume.

10^{-6} volume : ppm (partie par million)

10^{-9} volume : ppb (partie par billion)

L'équivalence entre ppb – ppm et $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ est calculée à 20°C et 101 325 Pa.

Exemple : 1 ppb NO_2 est équivalent à 10^{-3} cm^3 de NO_2 dans 1 m^3 d'air

D'après $PV = nRT = (m / M) \times RT$ où P = pression de l'atmosphère

m = masse

V = volume d'air

M = masse molaire

R = constante des gaz parfaits

$$m = (PV \times M) / RT$$

Dans les conditions normales de températures et de pression :

$$T = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K} \quad P = 1 \text{ atm} = 101 \,325 \text{ Pa}$$

$$M_{\text{NO}_2} = 46 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$m(\text{g}) = (101 \,325 \times 10^{-3} \times 10^{-6} \times 46) / (8,31 \times 293)$$

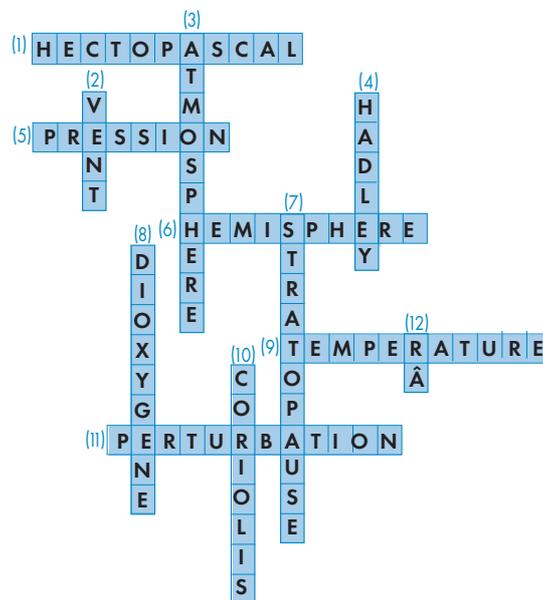
$$m(\text{g}) = 1,91 \times 10^{-6} \text{ g soit } 1,91 \mu\text{g} \text{ dans } 1 \text{ m}^3 \text{ d'air}$$

➔ **1 ppb NO_2 = 1,91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 20°C et 1 atm**

Grandeur	→	unité
P	en	Pa (pascal)
m	en	g (gramme)
V	en	m^3 (mètre cube)
T	en	K (degré kelvin)
M	en	$\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Mots croisés (solutions)

- (1) : une des 3 unités de mesure de la pression atmosphérique.
- (2) : déplacement de l'air entre les zones de haute et de basse pressions.
- (3) : couche d'air d'environ 1000 km d'épaisseur autour de la Terre.
- (4) : scientifique qui a donné son nom à une cellule créée par le mouvement de l'air, de l'équateur vers le pôle, aux environs de la trentième latitude.
- (5) : force exercée par le poids de l'atmosphère sur la surface de la Terre.
- (6) : au nombre de 2, il est soit au nord, soit au sud.
- (7) : séparation entre la stratosphère et la mésosphère.
- (8) : gaz incolore, inodore et sans saveur (de formule chimique O_2).
- (9) : grandeur physique permettant de savoir si l'air est chaud ou froid.
- (10) : mathématicien et physicien français qui a mis en évidence la force de déviation liée à la rotation d'un corps (par exemple, la Terre) sur un autre corps en mouvement.
- (11) : elle est engendrée par le contact de l'air chaud avec une masse d'air froid.
- (12) : dieu égyptien, emblème de l'étoile autour de laquelle gravite la Terre.





L'atmosphère dans tous ses états

I. – Naissance de la Terre et la constitution de l'atmosphère

L'atmosphère est la couche d'air qui entoure le globe terrestre. Sa composition a évolué pour avoir sa composition actuelle : 78% de diazote, 21% de dioxygène et 1% de gaz divers.

Il y a environ 5 milliards d'années, l'atmosphère dite primitive était dépourvue de dioxygène et ne permettait donc pas la vie telle qu'elle est actuellement. Elle était composée d'eau (80 à 90%), de dioxyde de carbone (10 à 20%) et d'azote (1 à 4%). Le refroidissement de la terre a permis la formation des océans par condensation de l'eau et une dissolution d'une grande partie du dioxyde de carbone.

Les premières formes de vie, il y a environ 3 milliards d'années, ont utilisé le dioxyde de carbone atmosphérique. Ces premiers organismes étaient des cyanobactéries photosynthétiques aquatiques. La photosynthèse a permis l'apparition de l'oxygène dans l'atmosphère.

Cependant, la vie hors de l'eau n'est apparue qu'il y a environ 360 millions d'années, à partir du moment où la concentration en oxygène était suffisante pour permettre la formation de la couche protectrice d'ozone, notamment contre les ultra-violets et une température compatible avec la vie à la surface du globe.

L'atmosphère actuelle est composée d'un mélange de gaz et de particules et est retenue autour du globe par la force d'attraction.

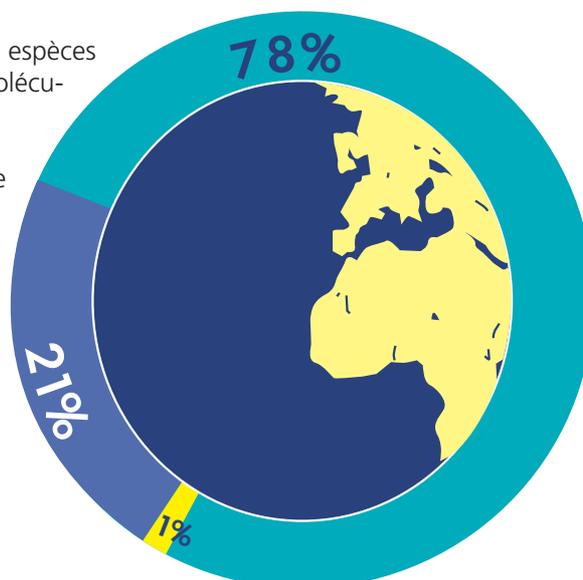


II. - Composition chimique de l'atmosphère

L'air que nous respirons contient différentes espèces gazeuses (ces espèces gazeuses sont des molécules).

Certains gaz sont indispensables à la vie humaine :

- le dioxygène
- le dioxyde de carbone permet d'obtenir une température agréable à la surface de la terre (effet de serre).



- Diazote N_2 : 78%
- Dioxygène O_2 : 21%
- Autres : 1%
Argon Ar
Dioxyde de carbone CO_2
Divers : Ozone, dihydrogène

Structure de l'atmosphère

III. – Structure verticale de l'atmosphère

L'atmosphère est une couche d'air d'environ 1000 km d'épaisseur qui entoure le globe terrestre. Indispensable à la vie, elle nous fournit l'air que nous respirons, assure la croissance des plantes et agit comme un bouclier :

- en nous protégeant des chutes de météorites qui se consomment en la traversant.
- en filtrant les rayons ultraviolets du soleil, nocifs pour la vie sur terre
- en piégeant la chaleur du soleil pour réguler la température de notre planète à 15°C (effet de serre).

L'atmosphère n'est pas uniforme en température, en pression et en composition : il est bien connu que le Nord - Pas-de-Calais est plus soumis aux températures fraîches et aux dépressions que la Corse !

La température et la pression varient suivant l'altitude. Plus on monte en altitude, plus elles diminuent. Dans la troposphère où nous vivons, **la température diminue d'environ 6°C tous les 1000 mètres** près du sol : c'est pour cela que la neige ne fond pas au sommet des montagnes !

L'atmosphère se compose de couches distinctes caractérisées par leur composition et leur température. Le gradient vertical de température permet de distinguer 5 grandes régions de l'atmosphère :

- **la troposphère** (du sol jusqu'à 15 km d'altitude en moyenne) où la température diminue fortement avec l'altitude. Cette région est chauffée essentiellement, par absorption des rayonnements visibles et infra-rouges provenant du sol. Son épaisseur est variable : 16 km au-dessus de l'équateur et 8 km au-dessus des pôles et, selon les saisons, 13 kilomètres dans la zone tempérée.

La troposphère contient les 9/10e de la totalité de la masse d'air et presque toute la vapeur d'eau. C'est dans cette couche que se produisent la plupart des phénomènes météorologiques et c'est entre 0 et 3 km d'altitude que s'effectue principalement la dispersion des polluants.

- **la stratosphère** (de 15 à 50 km) où la température augmente avec l'altitude. Cet échauffement est dû à l'absorption des ultra-violets solaires par l'ozone. La concentration maximale d'ozone se situe dans la stratosphère, entre 25 et 30 km d'altitude. Cette zone où la concentration d'ozone est maximale s'appelle "couche d'ozone". C'est cette couche qui nous protège des rayons ultra-violet (U. V.) émis par le soleil.

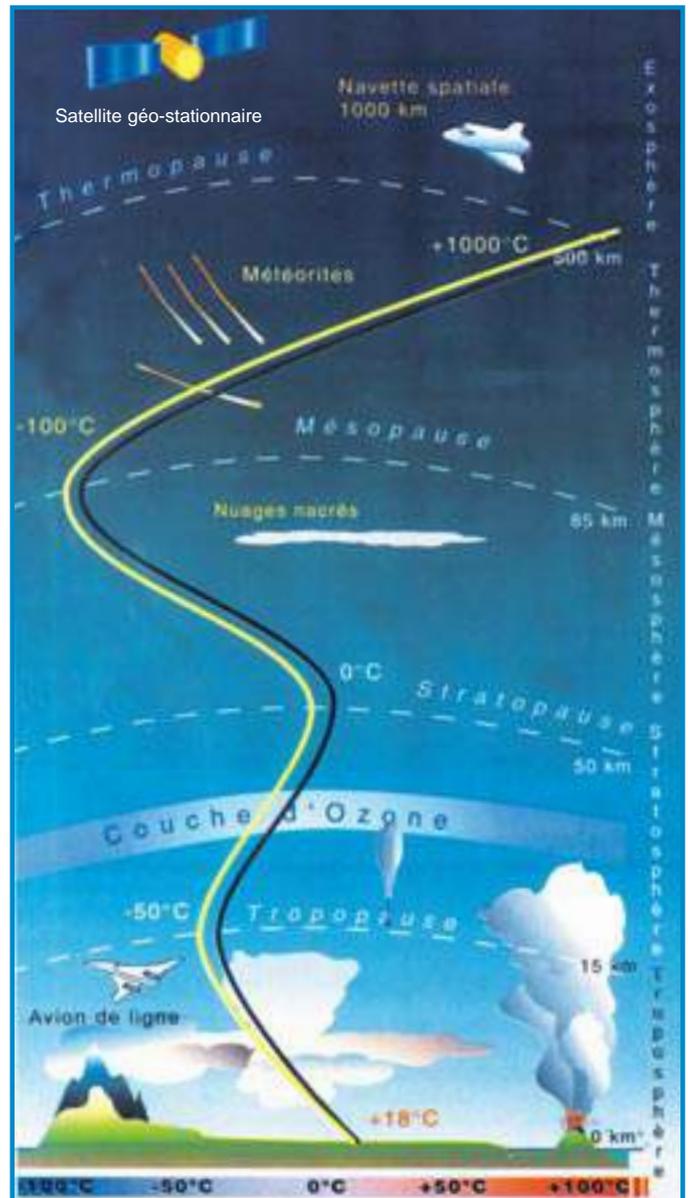
- **la mésosphère** (de 50 à 85 km) où la température diminue à nouveau

- **la thermosphère** (de 85 à 500 km) où la température augmente fortement à cause de dégagements de chaleur

- **l'exosphère** (à partir de 500 km) où la température continue à augmenter.



Vue de la Terre par satellite



La pression caractérise le poids d'une colonne d'air, d'une altitude donnée jusqu'au sommet de l'atmosphère.

L'unité de mesure utilisée est le kilopascal (kPa), l'hectopascal (hPa) ou le millibar (mbar), sachant que 1 kPa = 10 hPa = 10 mbar. La pression atmosphérique est représentée sur des cartes par des isobares (lignes reliant les points de pressions identiques).

Altitude (en km)	Températures (en °C)	Pression atmosphérique (en hPa)
0	15	1000
1	8,5	899
10	- 50	264
20	-56,5	55
25	- 54	26
40	- 5	3
50	0	1
85	- 90	0,01

Ces 5 grandes zones ne sont pas étanches. Lors de fortes tempêtes, par exemple, des incursions d'ozone stratosphérique augmentent les concentrations d'ozone, dans la troposphère.

- La séparation entre la troposphère et la stratosphère est appelée "tropopause"
- La séparation entre la stratosphère et la mésosphère est appelée "stratopause"
- La séparation entre la mésosphère et la thermosphère est appelée "mésopause"
- La séparation entre la thermosphère et l'exosphère est appelée "thermopause"

DEFINITION DES ATOMES, DES MOLECULES ET DES UNITES DE CONCENTRATION UTILISÉES EN CHIMIE DES GAZ

- Un atome est une structure chimique électriquement neutre, formée d'un noyau positif (composé de neutrons et de protons), entouré d'un nuage d'électrons négatifs.

La masse de l'atome est essentiellement concentrée dans le noyau

$$m_p \approx m_n \approx 1840 m_{e^-}$$
$$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

m_p : masse du proton ; m_n : masse du neutron ; m_{e^-} : masse de l'électron

La charge d'un proton est l'opposée de celle d'un électron

$$q_p = - q_e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Les atomes sont rarement libres à l'état naturel sauf ceux des gaz rares (ou l'hydrogène et l'oxygène, en très haute atmosphère).

Ils s'assemblent pour donner des molécules ou des composés ioniques (règle du duet et de l'octet)

- Les molécules sont formées par l'assemblage d'atomes. La molécule est un édifice stable, électriquement neutre.

Dans le domaine de la pollution atmosphérique, on cherche à connaître la concentration des gaz présents dans l'atmosphère.

Les unités de concentration utilisées sont le :

- **ppm : partie par million.**

Exemple : la concentration en monoxyde de carbone est de 2ppm. Cela signifie que pour 1 million de molécules de gaz, il y a 2 molécules de monoxyde de carbone.

- pour 1 000 000 molécules de gaz, il y a 2 molécules de monoxyde de carbone
- pour 1 000 molécules de gaz, il y a 0,002 molécules de monoxyde de carbone
- pour 100 molécules de gaz, il y a 0,0002 molécules de monoxyde de carbone soit 0,0002% de monoxyde de carbone.

- **1 $\mu\text{g. m}^{-3}$: microgramme par m^3 d'air.**

Exemple : la concentration de dioxyde d'azote est de 40 $\mu\text{g. m}^{-3}$. Cela signifie :

- qu'il y a 40 μg de dioxyde d'azote dans 1 m^3 d'air
- qu'il y a 0,040 mg de dioxyde d'azote dans 1 m^3 d'air
soit $40 \cdot 10^{-3}$ mg de dioxyde d'azote dans 1 m^3 d'air
soit $\frac{40}{1000}$ mg de dioxyde d'azote dans 1 m^3 d'air
- qu'il y a 0,000040 g de dioxyde d'azote dans 1 m^3 d'air
soit $40 \cdot 10^{-6}$ g de dioxyde d'azote dans 1 m^3 d'air
soit $\frac{40}{1000000}$ g de dioxyde d'azote dans 1 m^3 d'air

RAPPEL

$$1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3 ; 1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 ; 1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ L}$$

$$1 \text{ mg} = \frac{1}{1000} \text{ g} = 10^{-3} \text{ g}$$

$$1 \mu\text{g} = \frac{1}{1000000} \text{ g} = \frac{1}{1000} \text{ mg} = 10^{-6} \text{ g} = 10^{-3} \text{ mg}$$



Evaluez vos connaissances

"QUESTIONS D'AIR"

- Quelle est l'altitude maximale de l'atmosphère ?
- De combien de couches se compose-t-elle ?
(à citer dans l'ordre à partir du sol) :
- Quels sont les noms des limites de ces différentes couches ?
- A environ quelle altitude, la vie n'est-elle plus possible par l'homme ? Pourquoi ?
(attention, il peut y avoir plusieurs raisons).
- Si la température de l'air à 10 m du sol est de 15°C, à quelle altitude peut-on atteindre 0°C ?
- On mesure le même jour et à la même heure, au sol, une pression atmosphérique de 1000 hPa et une température de 15°C.
Quelle température et quelle pression mesurera-t-on à une altitude de :
 - ➔ 1 km : T = P =
 - ➔ 10 km : T = P =
 - ➔ 50 km : T = P =
 - ➔ 85 km : T = P =

Représentez vos résultats sur un graphique : une courbe pour la température et une seconde courbe pour la pression.

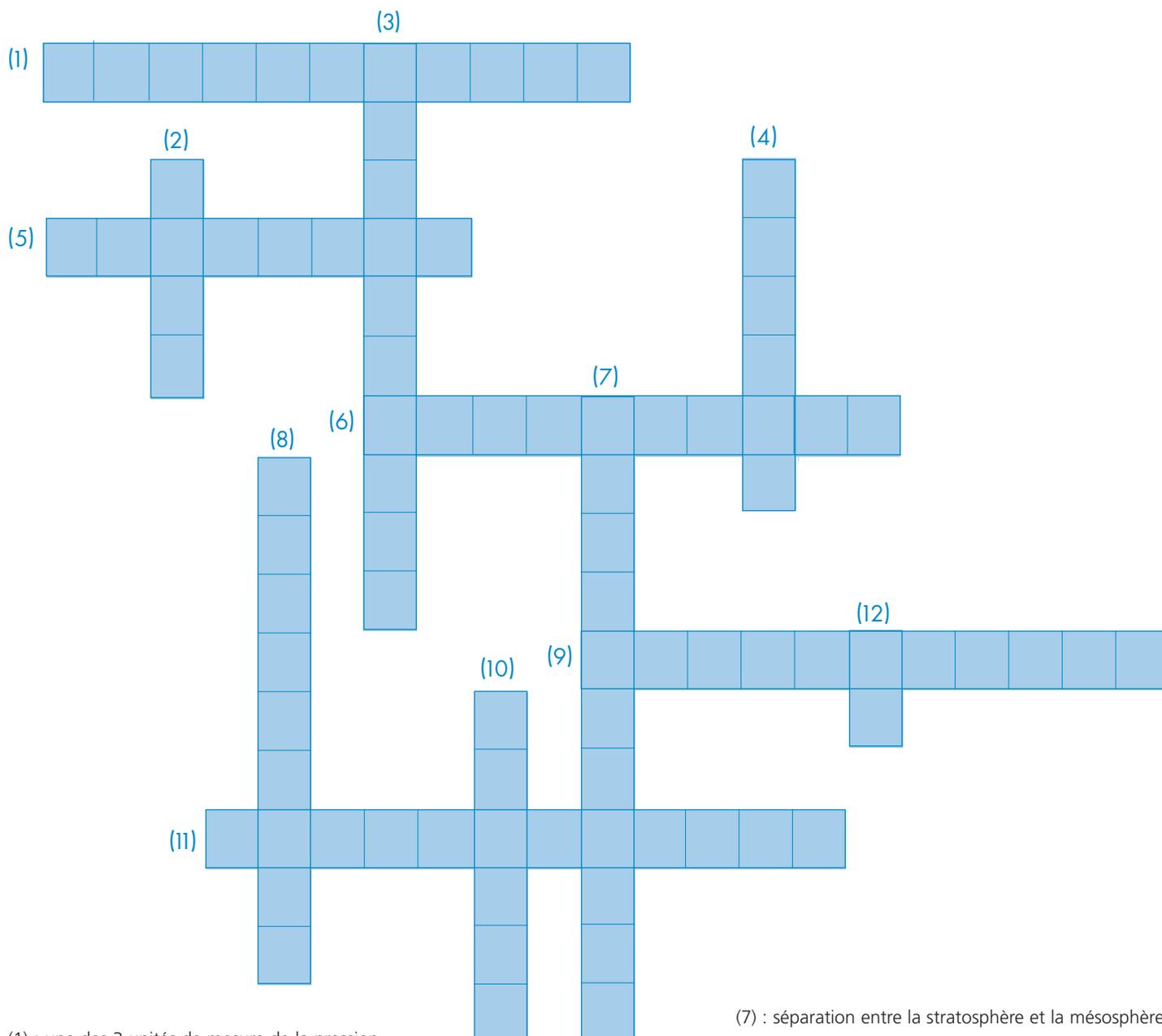
- Quels sont les principaux composants de l'air ?

Dans quelles proportions les trouve-t-on à notre époque ?

- Citez les composants de l'air qui jouent un rôle important dans les phénomènes ou mécanismes atmosphériques.
- Où rencontre-t-on de l'ozone dans l'atmosphère ?
- A quelle altitude s'effectue la dispersion des polluants ?

Structure de l'atmosphère

MOTS CROISES



(1) : une des 3 unités de mesure de la pression atmosphérique.

(2) : déplacement de l'air entre les zones de haute et de basse pressions.

(3) : couche d'air d'environ 1000 km d'épaisseur autour de la Terre.

(4) : scientifique qui a donné son nom à une cellule créée par le mouvement de l'air, de l'équateur vers le pôle, aux environs de la trentième latitude.

(5) : force exercée par le poids de l'atmosphère sur la surface de la Terre.

(6) : au nombre de 2, il est soit au nord, soit au sud

(7) : séparation entre la stratosphère et la mésosphère.

(8) : gaz incolore, inodore et sans saveur (de formule Chimique O_2).

(9) : grandeur physique permettant de savoir si l'air est chaud ou froid.

(10) : mathématicien et physicien français qui a mis en évidence la force de déviation, liée à la rotation d'un corps (par exemple, la Terre) sur un autre corps en mouvement.

(11) : elle est engendrée par le contact de l'air chaud avec une masse d'air froid.

(12) : dieu égyptien, emblème de l'étoile autour de laquelle gravite la Terre.



Le cycle de l'air

Le dynamisme général de l'atmosphère désigne les déplacements de l'air dans l'atmosphère.

Les particules, constituant l'air, sont soumises à diverses forces. Ces forces, présentes à tous les niveaux de l'atmosphère, induisent le vent.

- la force de Coriolis (rotation de la terre) qui fait légèrement dévier l'air vers la droite dans l'hémisphère nord.
- l'importance de l'écart des pressions entre deux points. Plus le vent est élevé, plus la force l'est également.
- la force centripète qui se manifeste lorsque la trajectoire de l'air s'incurve et agit perpendiculairement en direction du centre de rotation.
- la force de frottement, engendrée par la résistance du déplacement de l'air sur les reliefs et la surface du globe. A partir de 1000 m au-dessus du sol, cet effet s'estompe et les vents sont plus forts.

L'air se déplace des hautes pressions vers les basses pressions mais sa trajectoire n'est pas droite. La force, responsable de cette courbe de trajectoire de l'air, s'appelle "**la force de Coriolis**".
"toute particule en mouvement est déviée vers sa droite dans l'hémisphère nord et vers la gauche dans l'hémisphère sud"

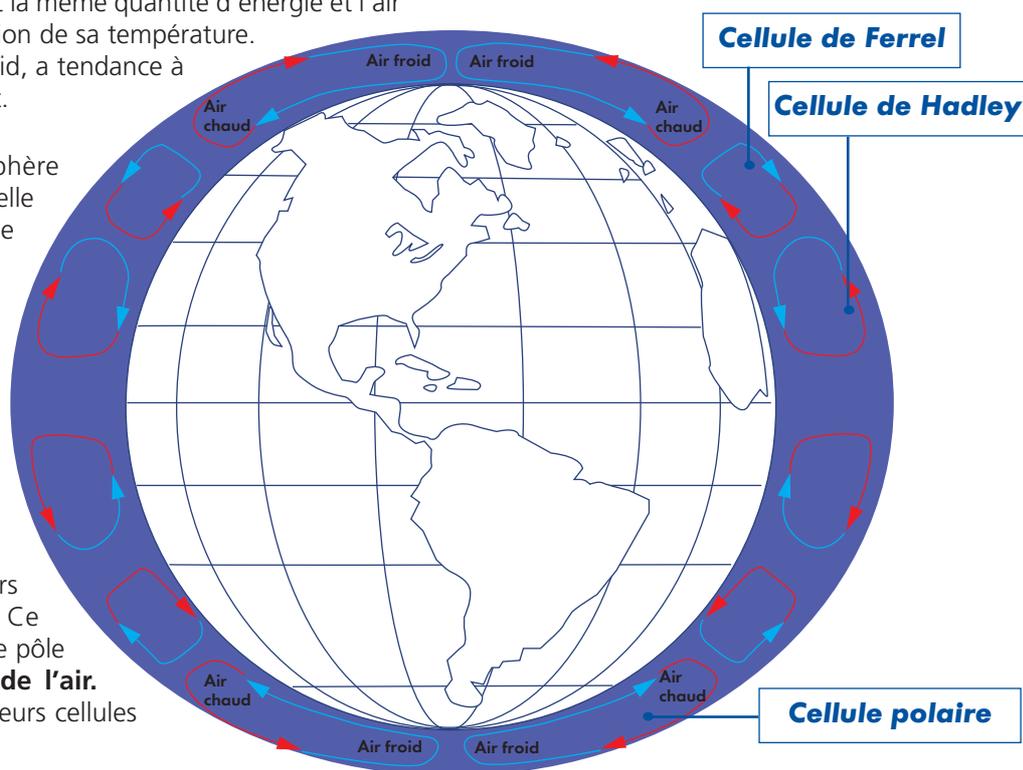
La force de Coriolis influence donc le mouvement de tout objet sur terre. Plus le déplacement est rapide, plus la déviation engendrée est importante. C'est le cas des avions en vol dont la trajectoire est déviée et nécessite d'être constamment rectifiée.

Le déplacement de l'air

L'atmosphère ne reçoit pas partout la même quantité d'énergie et l'air se déplace différemment en fonction de sa température. L'air chaud, plus léger que l'air froid, a tendance à monter en altitude et inversement.

La température de l'atmosphère à l'équateur est plus élevée que celle aux pôles. C'est cette différence de température qui provoque **des mouvements de l'air**.

A l'équateur, l'air plus chaud prend de l'altitude et se dirige vers le pôle, par conséquent se refroidit. Cette diminution de température rend l'air plus lourd et, vers la trentième latitude, le fait redescendre vers le sol. Il reprend alors son mouvement vers l'équateur pour se réchauffer. Ce mouvement de va-et-vient entre le pôle et l'équateur constitue **le cycle de l'air**. Celui-ci se réalise à partir de plusieurs cellules appelées "Hadley".



Structure de l'atmosphère

Sur les pôles, un mouvement similaire se produit : l'air des pôles redescend vers l'équateur pour être réchauffé tout en prenant de l'altitude puisqu'en se réchauffant il devient moins lourd. L'air, déjà présent en altitude, lui laisse sa place et se dirige vers le pôle. Ce mouvement crée des cellules dites "polaires", aux environs de la soixantième latitude.

Entre la cellule de Hadley et la cellule polaire (entre la trentième et la soixantième latitude) se trouve une troisième cellule dite "Ferrel", située entre elles où la circulation de l'air est inversée.

La circulation des vents dans les deux cellules, Hadley et Ferrel, est inversée :

- dans la cellule de Hadley : vents dominants de Nord-Est dans l'hémisphère Nord et de Sud-Est dans l'hémisphère Sud
- dans la cellule de Ferrel : vents dominants d'Ouest.

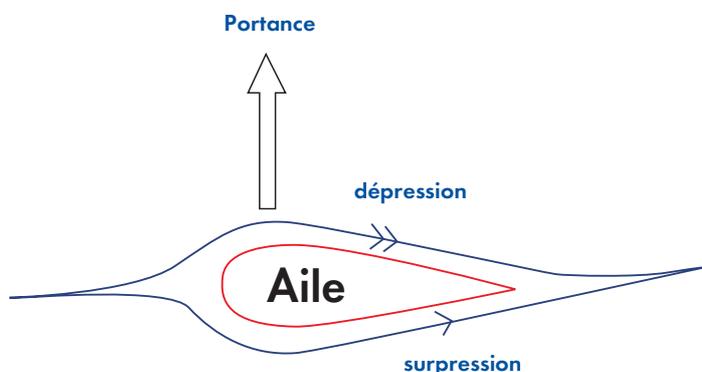
Le principe de vol d'un avion

Les mouvements de l'atmosphère ne sont pas parfaitement horizontaux puisqu'ils suivent des surfaces inclinées de l'ordre de 1 km tous les 1000 km. Ces mouvements verticaux dans l'atmosphère sont appelés **ascendances**.

Pour les planeurs ou autres avions non motorisés, la durée de vol dépend de la météorologie mais également de la précision du pilote pour mettre à profit les ascendances.

Pour voler, l'avion, s'appuie sur l'air, en inclinant légèrement ses ailes c'est-à-dire que l'air arrive sur ses ailes quand il avance. L'air, freiné par l'aile, circule plus lentement sous le dessous de l'aile qu'à côté et engendre **une surpression** (augmentation de la pression).

Au-dessus de l'aile, l'air suit précisément le profil de l'aile et est accéléré, ce qui crée une dépression, un "manque d'air". Au-dessus de l'aile, la pression est donc inférieure. Le filet d'air au-dessus de l'aile passe plus vite, et produit donc **une dépression** (diminution de la pression).



C'est la combinaison de cette dépression au-dessus de l'aile et de la surpression au-dessous qui fait que l'avion est soutenu par l'air. Un avion peut voler lorsque la différence de pression entre le dessus et le dessous de l'air est supérieure au poids total de l'avion. L'avion est alors "aspiré" vers le haut et c'est ce qu'on appelle **"la portance"**. La surface plane d'une aile et son inclinaison contre le vent favorise l'élévation de l'avion. Si l'aile est plus inclinée, l'avion freine encore plus l'air, et la surpression augmente. Cependant, au-delà d'un certain point, l'air au-dessus de l'aile ne suit plus le profil de l'aile, et donc il n'y a plus de dépression au-dessus de l'aile.

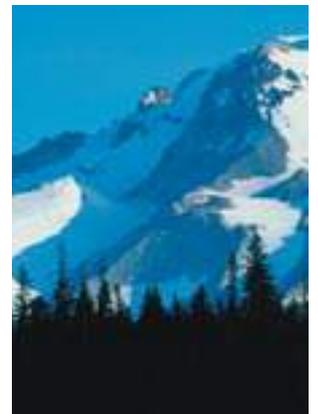




En quête d'air

Effectuez des recherches par groupe de 2 ou 3 élèves pour répondre aux questions suivantes : (3 questions sont à traiter au choix)

- Pourquoi l'air chaud est-il moins dense que l'air froid ?
- Pourquoi plus l'air est chaud, plus il peut contenir d'eau ?
- Quelle est le rôle de l'humidité dans l'instabilité de l'air ?
- Comment qualifie-t-on l'air quand on s'élève en altitude ?
Quelles en sont les conséquences pour les espèces vivantes ?
- Comment les planètes se sont-elles formées ?
- Qu'est ce qu'une "masse d'air" ? Comment se forme-t-elle ?
- Que se passe-t-il lorsque deux masses d'air se rencontrent ?
- Qu'est ce qu'un nuage ? Comment se forme-t-il ?
Combien existe-t-il de nuages différents ?
- Qu'est ce qu'un orage ?
Comment se forme-t-il ?
- Qu'est ce que l'effet de Foehn ?
- Quand il pleut sur le versant d'une montagne, l'autre versant ne sera pas touché par les précipitations, il fera même très beau et beaucoup plus chaud. Pourquoi ?



Les résultats de vos recherches pourront être exposés à votre classe.

Les adresses des sites, présentées ci-dessous, sont susceptibles d'être modifiées.

<http://meteolafleche.free.fr/foehn.html>

<http://www.univers-nature.com/dossiers/air.html>

<http://www.ffme.fr/technique/meteorologie/introduction/intro.htm>

Structure de l'atmosphère

Expliquez le principe d'élévation d'une montgolfière :



Pollution atmosphérique et polluants



Ozone, poussières, métaux, dioxyde de soufre, oxydes d'azote

Définition de la pollution atmosphérique : (Conseil de l'Europe)

On appelle pollution atmosphérique, toute modification de la composition normale de l'air par :

- l'augmentation de la concentration d'un gaz existant
- la présence de nouveaux gaz
- la mise en suspension de poussières

susceptibles de provoquer un effet nuisible, compte tenu des connaissances scientifiques du moment, ou de créer une gêne.

Définition de la pollution atmosphérique : (Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie de 1996)

Constitue une pollution atmosphérique, l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels ou à provoquer des nuisances olfactives excessives (article 2).

Définition d'un polluant :

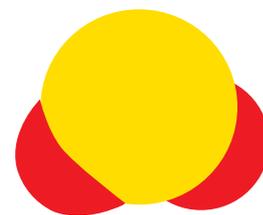
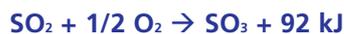
Substance, introduite dans l'atmosphère, dont la concentration augmente et dont les effets sont mesurables sur l'environnement, l'homme, la faune, la flore et les matériaux. Il s'agit alors d'un **polluant primaire**.

Le **polluant secondaire** est un polluant qui n'est pas émis directement dans l'atmosphère mais qui apparaît lors de conditions particulières et en présence d'autres polluants. *Exemple : l'ozone O₃*

Le dioxyde de soufre SO₂

Caractéristiques physico-chimiques :

Composé d'un atome de soufre et de deux atomes d'oxygène, le dioxyde de soufre est un gaz incolore, d'odeur piquante très irritante, plus dense que l'air. Il est hydro-soluble et donne, par réaction avec la vapeur d'eau, l'acide sulfurique :



Molécule de
dioxyde de soufre SO₂

Origine :

Le dioxyde de soufre provient essentiellement de la combustion de combustibles fossiles (charbons, fiouls...), au cours de laquelle les impuretés soufrées contenues dans le combustible sont oxydées avec le dioxygène O₂ de l'air en dioxyde de soufre SO₂.

Ce polluant est ainsi rejeté par de multiples sources domestiques ou industrielles : installations de chauffage domestique, véhicules à moteur diesel, centrales de production électrique ou de vapeur, chaufferies urbaines, raffineries de pétrole, métallurgie de métaux non ferreux...

Ce gaz peut être d'origine naturelle : les éruptions volcaniques représentent dans certaines régions du monde une part très importante des rejets en dioxyde de soufre.

CODES COULEURS :

Carbone = noir
Hydrogène = blanc
Oxygène = rouge
Azote = bleu
Chlore = vert
Soufre = jaune

Pollution atmosphérique et polluants

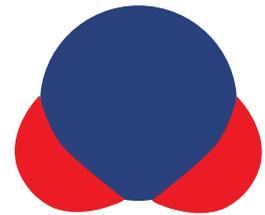
Les oxydes d'azote

Parmi les nombreux oxydes d'azote existants dans l'atmosphère (protoxyde d'azote N_2O , sesquioxyde N_2O_3 , pentoxyde N_2O_5 ...), le monoxyde d'azote NO et le dioxyde d'azote NO_2 sont les plus impliqués dans les mécanismes de pollution atmosphérique. Ce sont ces deux polluants que l'on désigne communément sous le terme d'oxydes d'azote.

Caractéristiques physico-chimiques :

Le monoxyde d'azote NO est un gaz incolore et inodore à température ambiante. Instable au contact de l'air, il se transforme en dioxyde d'azote NO_2 .

Le dioxyde d'azote NO_2 est un gaz de couleur rouge brun et d'odeur très irritante. Il est hydrosoluble et donne par réaction avec l'eau, l'acide nitreux HNO_2 et l'acide nitrique HNO_3 .



Molécule de dioxyde d'azote NO_2

Origine :

Le monoxyde d'azote NO se forme par combinaison du diazote N_2 avec le dioxygène O_2 atmosphériques, lors des combustions à haute température. Ce polluant est donc émis par les installations de chauffage des locaux, les centrales thermiques de production électrique, les usines d'incinération et les automobiles.

Il est rapidement oxydé en dioxyde d'azote NO_2 par réaction avec différents oxydants de l'air : dioxygène O_2 , ozone O_3 ...



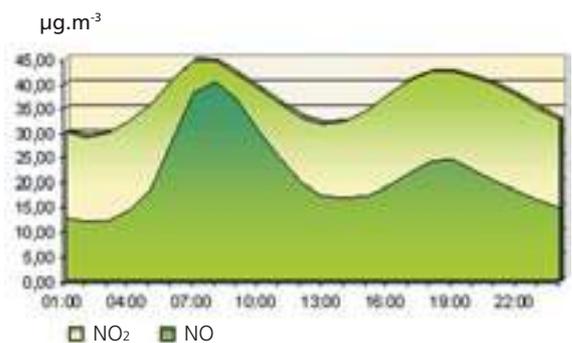
La fabrication et l'utilisation d'acide nitrique, la déflagration d'explosifs et les soudages sont également à l'origine de ces composés.

Ces gaz peuvent aussi être d'origine naturelle : les orages, les éruptions volcaniques et les activités bactériennes produisent de très grandes quantités d'oxydes d'azote. Toutefois, en raison de la répartition de ces émissions à la surface de la Terre, les concentrations atmosphériques naturelles restent très faibles.

Evolution journalière des concentrations en oxydes d'azote (courbe 1)

Les courbes présentent l'évolution de la concentration en oxydes d'azote, relevée sur une station de mesure de la qualité de l'air en proximité du trafic automobile. Les maxima horaires se retrouvent aux heures de grande circulation (heures des écoles et bureaux). En centre ville, la présence des oxydes d'azote est principalement liée au trafic automobile.

Evolution journalière des concentrations en oxydes d'azote



Courbe 1

Les Particules en suspension

Caractéristiques physico-chimiques :

Les particules en suspension dans l'air, encore appelées aérosols, sont constituées de substances solides et/ou gazeuses. Minérales (érosion des roches, embruns marins) ou organiques (produits complexes), composées de matières vivantes (bactéries, virus...) ou non, les particules en suspension constituent un ensemble extrêmement hétérogène de polluants, dont la taille varie de quelques dixièmes de nm à une centaine de μm . Leur toxicité dépend, notamment, de leur diamètre et de leur composition.

Origine :

A échelle mondiale, les particules en suspension ont une origine naturelle : embruns océaniques, éruptions volcaniques, érosion des sols...

Toutefois, les activités humaines génèrent des quantités importantes de particules en suspension. La première des sources est l'utilisation de combustibles fossiles et de déchets : les installations de chauffage, les centrales électriques, les usines d'incinération des déchets et les véhicules à moteurs (diesel notamment).

Certains procédés industriels tels que la fabrication de ciments, l'extraction de minerais, la métallurgie ou le transport de produits pulvérulents représentent des sources non négligeables de particules en suspension.

La pollution atmosphérique par les particules en suspension concerne de façon majoritaire les agglomérations et les zones industrielles. Les axes de circulation présentent en général les taux d'empoussièrement les plus élevés. Les épisodes de pollution par les particules en suspension se déroulent majoritairement en période hivernale : les émissions, liées aux chauffages domestiques, sont beaucoup plus élevées durant cette saison.

Il existe également **des particules sédimentables**, émises par les usines ou provenant des ré-envols à partir des tas de minerais. Ces grosses particules n'ont pas le même impact sur la santé que les particules fines, car étant plus grosses, elles pénètrent moins profondément dans les poumons.



Les particules sont, par exemple, émises par les moteurs diesel.

L'ozone

Caractéristiques physico-chimiques :

Le nom "ozone" vient du grec "ozein" qui signifie "sentir". La molécule d'ozone est composée de trois atomes d'oxygène. Gaz instable, il se dissocie à température ambiante pour donner un atome d'oxygène O^{\cdot} et une molécule de dioxygène O_2 . Le radical oxygène O^{\cdot} est un puissant oxydant de matières organiques, ce qui confère à l'ozone sa nocivité lorsqu'il est présent dans la troposphère.

Origine :

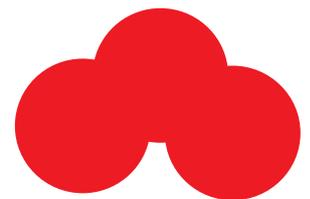
L'ozone est présent dans les deux premières couches de l'atmosphère. Dans la stratosphère, il nous protège des rayonnements ultraviolets de longueur d'onde inférieure à 290 nm. En revanche, dans la troposphère, il agresse les espèces vivantes : il irrite les muqueuses et nécrose les tissus végétaux.

D'où vient l'ozone troposphérique ?

L'ozone n'est pas émis directement : c'est un polluant secondaire. Il se forme par réaction chimique entre divers composés : c'est ce qu'on appelle la pollution "photochimique".

En atmosphère "propre", la seule source d'ozone est la combinaison d'une molécule de dioxygène avec un radical oxygène. Ce dernier est issu de la réaction de photodissociation du dioxyde d'azote.

- 1- Photodissociation de NO_2 : $NO_2 + h \lambda \rightarrow NO + O^{\cdot}$ (pour λ 400 nm)
 - 2- Recombinaison du radical O^{\cdot} : $O_2 + O^{\cdot} + M \rightarrow O_3 + M$ (M est un troisième corps)
 - 3- $NO + O_3 \xrightarrow{h\nu} NO_2 + O_2$ (phénomène majoritaire)
- Equation Bilan :
- 4- $NO_2 + O_2 \rightleftharpoons NO + O_3$ Cycle de Chapman (1930)



Molécule d'ozone O_3

Il s'établit un équilibre de formation / destruction entre les oxydes d'azote et l'ozone. Cette réaction à elle seule ne produit pas de grandes quantités d'ozone : elle épuise NO_2 et NO réagit à son tour avec O_3 . Il y aura production nette d'ozone lorsque la réaction 3 n'aura pas lieu.

Perturbation du cycle de Chapman en présence de composés organiques volatils (schéma 1)

En atmosphère "polluée", interviennent les Composés Organiques Volatils (COV). Ils réagissent de préférence avec le monoxyde d'azote NO, le recyclant en dioxyde d'azote NO₂ et empêchant la réaction avec l'ozone O₃. L'ozone s'accumule donc dans l'atmosphère.

Le point sur les COV :

On les définit comme l'ensemble des hydrocarbures d'origine humaine autre que le méthane, capables, en présence d'oxydes d'azote et de lumière, de produire des polluants photochimiques. Cet ensemble regroupe les alcanes, alcènes, alcynes, composés aromatiques, aldéhydes, alcools, esters, cétones... Le potentiel de création d'ozone photochimique est d'autant plus élevé que les COV concernés sont chimiquement réactifs.

La transformation de monoxyde d'azote NO en dioxyde d'azote NO₂ sans consommation d'ozone O₃ se produit en présence d'espèces radicalaires telles que HO₂• (radical hydroperoxyde) et RO₂• (radical alkylperoxyde). Ces puissants oxydants proviennent de la dégradation des COV dans l'air sous l'effet d'un autre radical : le radical hydroxyle OH•. Son action sur les COV déclenche une chaîne complexe de réactions. Il s'agit d'un processus dont le bilan peut conduire à la production de plusieurs molécules d'ozone à partir d'une seule molécule carbonée.

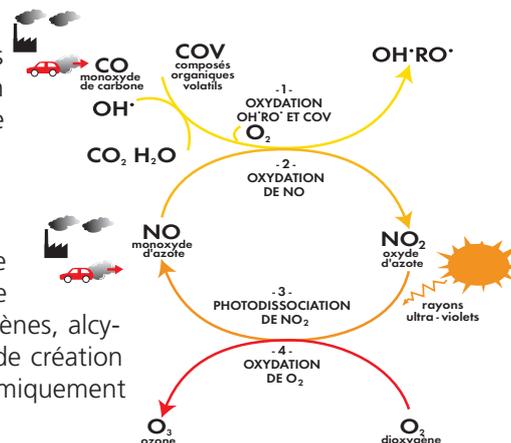
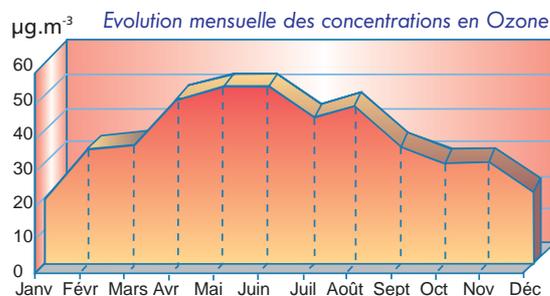


Schéma 1

Evolution de l'ozone au cours de l'année Profil annuel de concentration en Ozone (courbe 2)

En atmosphère libre dans l'hémisphère Nord, loin des continents, la variation annuelle de l'ozone présente un maximum au printemps et un minimum à l'automne. En hiver, comme l'ensoleillement est réduit, les précurseurs de l'ozone - les hydrocarbures et les oxydes d'azote - s'accumulent et se déplacent dans l'atmosphère. Avec le printemps, le rayonnement solaire augmente, les conditions propices à la formation de l'ozone sont réunies : on observe alors un maximum en concentrations. En atmosphère continentale, l'ozone présente un maximum en été. Près des sources, le milieu riche en précurseurs d'ozone est très bien irradié, il y a alors une forte production d'ozone. En hiver, le faible ensoleillement produit peu d'ozone et la consommation est le phénomène prépondérant.



Courbe 2

Les métaux

Origines : (source : IRE 2000)

Les émissions de métaux lourds, notamment le plomb, le zinc et le cadmium, sont particulièrement surveillées dans la région Nord Pas de Calais, compte tenu de la présence d'émetteurs industriels importants. Le secteur de la métallurgie des non ferreux représente la quasi totalité des émissions de ces trois polluants, mais l'incinération des ordures ménagères, peut également en émettre des quantités non négligeables.

Les rejets d'origine industrielle ont été évalués en 2000 dans la région, à 62 tonnes par an pour le plomb, 37 tonnes par an pour le zinc et 1,5 tonnes par an pour le cadmium. Une diminution des rejets de plomb est attendue au cours des trois prochaines années, compte tenu de réductions supplémentaires prévues chez certains industriels de la région.

Les effets des métaux lourds, mis à part le plomb, ne sont pas encore entièrement connus. La maladie liée à l'absorption de plomb est appelée "saturnisme".



Pollution atmosphérique et polluants



Ozone, poussières, dioxyde de soufre, oxydes d'azote

Définition de la pollution atmosphérique : (Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie de 1996)

Constitue une pollution atmosphérique, l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels ou à provoquer des nuisances olfactives excessives (article 2).

Définition d'un polluant :

Substance, introduite dans l'atmosphère, dont la concentration augmente et dont les effets sont mesurables sur l'environnement, l'homme, la faune, la flore et les matériaux. Il s'agit alors d'un **polluant primaire**.

Le **polluant secondaire** est un polluant qui n'est pas émis directement dans l'atmosphère mais qui apparaît lors de conditions particulières et en présence d'autres polluants.

Exemple : l'ozone O_3 .

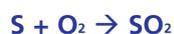
Les polluants :

Le dioxyde de soufre SO_2

Sa composition :

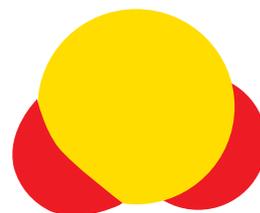
Molécule composée d'un atome de soufre et deux atomes d'oxygène, il s'agit d'un gaz incolore, d'odeur piquante. Il est soluble dans l'eau. Au contact de la vapeur d'eau, il donne l'acide sulfurique de formule H_2SO_4 .

Le dioxyde de soufre provient essentiellement de la combustion de produits fossiles contenant du soufre : le soufre réagit avec les molécules de dioxygène dans l'air pour donner le dioxyde de soufre SO_2 .



Les sources :

Industries, raffineries, chauffage domestique, trafic automobile, éruptions volcaniques.



Molécule de
dioxyde de soufre SO_2

Les oxydes d'azote

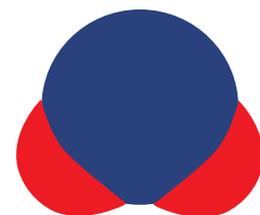
Leur composition :

Les oxydes d'azote désignent le monoxyde d'azote NO et le dioxyde d'azote NO_2 .

NO : Molécule composée d'un atome d'azote et d'un atome d'oxygène, c'est un gaz incolore et inodore à température ambiante.

NO_2 : Molécule composée d'un atome d'azote et deux atomes d'oxygène, c'est un gaz de couleur rouge brun, très irritant.

En présence de dioxygène, le monoxyde d'azote réagit pour donner du dioxyde d'azote :



Molécule de
dioxyde d'azote NO_2

CODES COULEURS :

Carbone = noir
Hydrogène = blanc
Oxygène = rouge
Azote = bleu
Chlore = vert
Soufre = jaune

Pollution atmosphérique et polluants

Le monoxyde d'azote NO se forme par réaction du diazote N₂ avec le dioxygène O₂ atmosphériques lors des combustions à haute température.

Le dioxyde d'azote NO₂ est formé par réaction du monoxyde d'azote NO avec les différents oxydants de l'air : le dioxygène O₂, l'ozone O₃...

Le dioxyde d'azote NO₂ réagit avec la vapeur d'eau atmosphérique H₂O pour donner l'acide nitrique HNO₃.

Les sources :

Chauffages domestiques, automobiles, usines d'incinération, éruptions volcaniques, orages.

Poussières :

particules en suspension et particules sédimentables

Leur composition :

Les particules en suspension sont aussi appelées aérosols et sont constituées de substances solides ou gazeuses. Elles peuvent être minérales ou organiques, vivantes ou non. Leur taille varie de quelques dixièmes de nanomètres ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} = \frac{1}{1000000000} \text{ m}$) à quelques

centaines de micromètres ($1 \text{ }\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m} = \frac{1}{1000000} \text{ m}$). Elles peuvent transporter des

substances nocives (tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques) provenant notamment des émissions des véhicules diesel ou encore des métaux tels que le plomb, le cadmium, le zinc...

Il existe également **des particules sédimentables**, émises par les usines ou provenant des ré-envols à partir des tas de minerais. Ces grosses particules n'ont pas le même impact sur la santé que les particules fines.

Les sources :

Fabrication de ciments, métallurgie, trafic automobile, embruns marins, éruptions volcaniques.



L'ozone O₃

Sa composition :

La molécule d'ozone est composée de trois atomes d'oxygène. C'est un gaz instable qui se dissocie à température ambiante pour donner un radical oxygène O[•] et une molécule de dioxygène O₂.

L'ozone troposphérique n'est pas émis directement : c'est un polluant secondaire. Il se forme sous l'effet du rayonnement solaire en présence de certaines espèces chimiques : c'est **la pollution photochimique**.

L'ozone se forme par réaction entre un atome d'oxygène et une molécule de dioxygène ; l'atome d'oxygène provenant des molécules de dioxyde d'azote NO₂ :

- 1- le dioxyde d'azote NO₂ absorbe le rayonnement solaire et libère un radical oxygène O[•]
- 2- le radical oxygène O[•] se recombine avec le dioxygène de l'air : O[•] + O₂ → O₃
- 3- le monoxyde d'azote NO réagit avec l'ozone pour former le dioxygène O₂ et le dioxyde d'azote NO₂

Il y a donc équilibre entre NO, NO₂, O₃ et O₂.

(schéma 1)

Dans l'atmosphère continentale, l'ozone présente des concentrations maximales durant l'été, en raison de l'ensoleillement. L'hiver, le milieu faiblement irradié ne produit pas ou peu d'ozone.

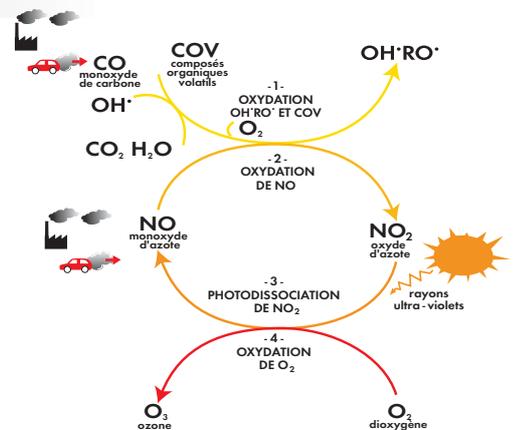


Schéma 1 :
CYCLE DE FORMATION DE L'OZONE

En atmosphère polluée, interviennent d'autres polluants : les composés Organiques Volatils notés en abrégé COV.

Ils regroupent une grande quantité de produits : hydrocarbures, produits aromatiques, alcools...

Ces composés réagissent avec les molécules de monoxyde d'azote NO et empêchent ainsi la réaction avec l'ozone. L'ozone n'est plus détruit et s'accumule dans l'atmosphère.

Pollution atmosphérique et polluants



Evaluez vos connaissances

Questionnaire vrai / faux :

• Répondez par vrai ou faux :

- 1- L'ozone est un polluant émis par les automobiles V F
- 2- L'ozone est un gaz naturellement présent dans la stratosphère V F
- 3- Les pics de pollution par l'ozone sont plus fréquents la nuit V F
- 4- Les oxydes d'azote regroupent tous les composés contenant un atome d'azote V F
- 5- Le maximum de concentrations en ozone est rencontré l'hiver dans notre hémisphère V F
- 6- Le dioxyde de soufre est un polluant secondaire V F
- 7- La présence de composés organiques volatils dans l'atmosphère favorise la production d'ozone V F
- 8- La première source de particules en suspension est la combustion de combustibles fossiles V F



Jeu de flèches :

• Reliez le polluant à sa (ou ses) source(s) d'émissions.

Dioxyde de soufre
Oxydes d'azote
Poussières en suspension
Ozone
Composés Organiques Volatils

Production d'herbicides
 Usines d'incinération
 Chauffage
 Trafic automobile
 Raffineries
 Eruptions volcaniques
 Pas d'émission directe



Pollution atmosphérique et polluants

Fabrication d'un collecteur de particules

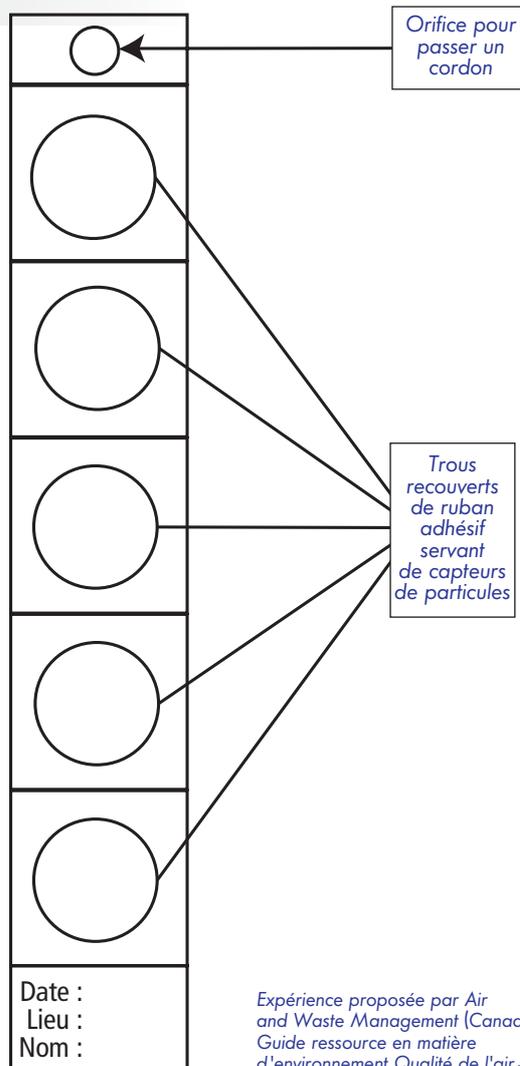
•Montage :

- 1- Découpez une bande de carton de 50 mm de large sur 250 mm de long.
- 2- Découpez dans cette bande 5 trous ronds de 25 mm de diamètre.
- 3- Percez un petit trou à l'extrémité de la bande, attachez-y une ficelle qui servira à suspendre le collecteur.
- 4- Collez une large bande de ruban adhésif sur l'une des surfaces en couvrant complètement les 5 trous.
- 5- Indiquez votre nom, la date et le lieu de prélèvement
- 6- Installez les capteurs pour au moins une semaine de prélèvement sur plusieurs endroits différents à proximité d'un site industriel, du trafic routier, de résidences...
- 7- Relevez chaque jour, pendant l'exposition les conditions météorologiques.

•Précautions à prendre :

- 1- Evitez de toucher la surface du ruban adhésif avant le prélèvement.
- 2- Transportez les collecteurs avec précaution après exposition.
- 3- Analysez les résultats assez rapidement pour éviter les pertes de matière dues à l'assèchement du collecteur.

Les prélèvements obtenus seront analysés par les élèves et les enseignants en fonction des conditions météorologiques. Indiquez, en fonction du site, dans un tableau les résultats d'observation : densité des poussières, couleur, granulométrie (si possible)... Concluez sur la nature des poussières rencontrées dans les différents environnements.



Exercice Moléculaire

A partir des codes couleurs, présentés dans votre fiche, représentez la molécule de :

- dioxyde de carbone (CO_2)
- ozone (O_3)
- acide chlorhydrique (HCl)
- hydrogène sulfureux (H_2S)
- ammoniac (NH_3)

Pollution atmosphérique et polluants



Cas de l'ozone troposphérique

Sources

La principale source d'ozone troposphérique est la réaction photochimique (réaction déclenchée par la lumière) de certains polluants : les oxydes d'azote et les composés organiques volatils (notés COV).

Les oxydes d'azote et les COV, du fait de leur durée de vie assez courte dans l'atmosphère (de quelques heures à quelques jours), favorisent la formation de l'ozone à échelle locale et régionale.

Le rayonnement solaire, responsable des réactions photochimiques, dépend de la hauteur du soleil, de la latitude et de la saison. Dans notre hémisphère, les conditions optimales de formation d'ozone sont réunies les après-midi d'été.

Malheureusement, l'ozone formé en troposphère a une durée de vie trop courte (quelques jours) pour pouvoir être envoyé dans la stratosphère et remplacer la couche d'ozone détruite notamment par les chlorofluorocarbones.



Evolution au cours d'une journée d'été

L'évolution de la concentration d'ozone au cours d'une journée dépend fortement de l'environnement : c'est pour cette raison que l'on peut parler d'ozone des villes et d'ozone des campagnes...

1- En zone urbaine :

En ville, l'ozone apparaît sous forme de pointes de concentrations soudaines et élevées (cf schéma au verso). Ce phénomène est lié à la variation rapide des polluants évoqués précédemment. Une des situations la plus fréquente en milieu urbain est la suivante :

Monsieur et Madame Toulemonde prennent leur voiture entre 7h et 9h tous les matins pour déposer les enfants à l'école et se rendre au travail.

Il se produit alors des pointes de concentrations pour les oxydes d'azote ou pour les hydrocarbures. En matinée, l'ensoleillement est limité : ces molécules s'accumulent dans l'atmosphère urbaine. Dans la journée, l'augmentation de l'ensoleillement favorise la production d'ozone avec une augmentation brutale l'été, vers 14h-15h et un maximum vers 18h.

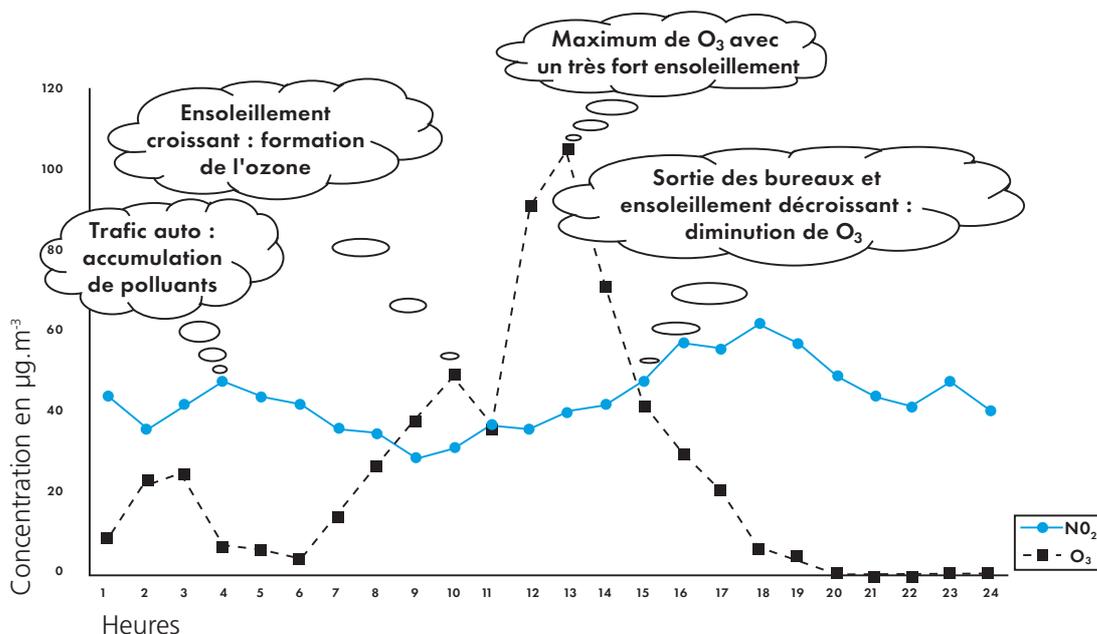
C'est vers 18h que Monsieur et Madame Toulemonde quittent leur bureau, passent prendre les enfants et faire quelques courses, avant de rentrer à leur domicile.

Les émissions d'oxydes d'azote augmentent de nouveau, l'ozone est consommé et ses concentrations diminuent.



Pollution atmosphérique et polluants

Concentration en dioxyde d'azote NO_2 , en microgrammes par mètre cube d'air ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) et concentration en ozone O_3 en fonction de l'heure du jour.



Attention :
heures GMT
En été, heure GMT = heure locale - 2 heures
En hiver, heure GMT = heure locale - 1

2- En zone rurale :

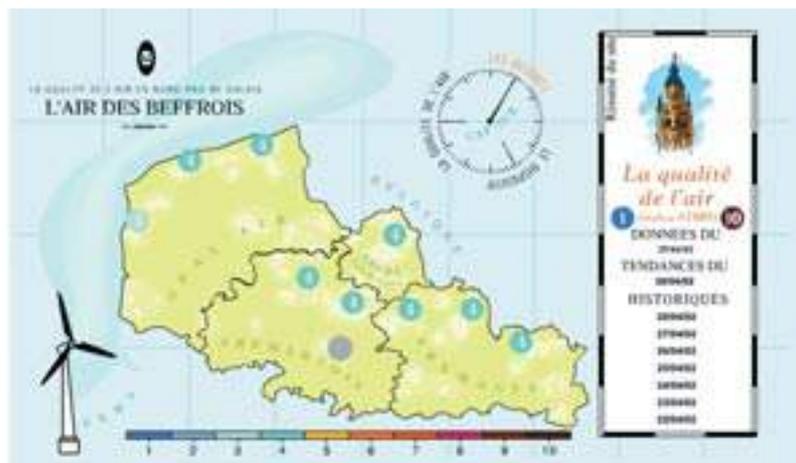
En milieu rural, les hydrocarbures émis naturellement ont une durée de vie trop courte pour pouvoir être transportés vers les villes. Par contre, les fortes quantités d'oxydes d'azote émises dans les grandes agglomérations se transportent vers les zones forestières et rurales. Les émissions de substances détruisant l'ozone étant très faibles, les concentrations en ozone sont fortes en période estivale. Plus stables qu'en milieu urbain, elles ne présentent pas de variations importantes durant la journée.

3- Comment empêcher la progression de la pollution par l'ozone ?

La limitation de la pollution par l'ozone implique la réduction des rejets des polluants qui favorisent sa formation. Dans le domaine industriel, des normes sont définies pour les émissions de gaz. Pour les polluants d'origine automobile, la baisse des rejets passe par l'entretien régulier des véhicules, la limitation de leur usage (transports en commun, bicyclette, covoiturage...), voire la restriction de la circulation les jours de pics d'ozone.

4- Comment s'informer sur les niveaux de pollution par l'ozone en Nord Pas-de-Calais ?

Chaque jour, les associations de surveillance de la qualité de l'air de la région Nord Pas de Calais diffusent l'indice de qualité de l'air Atmo au travers de divers médias (internet : www.airdesbeffrois.org, presse régionale, télévision, radios...). Elles éditent, de façon régulière, un bulletin d'information dans lequel nous retrouvons les données des stations de mesure. Ces données sont mises à jour quotidiennement sur le site internet régional www.airdesbeffrois.org



Pollution atmosphérique et polluants



Comment réduire la pollution automobile ?

L'énergie qui n'est pas consommée est celle qui pollue le moins!

La maîtrise de l'énergie devient essentielle. Actuellement, le secteur des transports consomme principalement des énergies fossiles, et les enjeux dans ce domaine sont considérables.

Faut-il le rappeler, le transport représente 29% des émissions de gaz à effet de serre en France (Source CITEPA 1997).

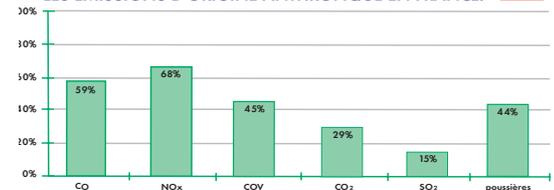
Les solutions, pour réduire la pollution automobile, ne sont pas uniquement technologiques, elles passent d'abord par la maîtrise de la mobilité et la réduction des déplacements inutiles, ensuite par l'utilisation plus importante des modes doux (Bus, marche, vélos..) et enfin pour certains types de déplacements, par l'automobile "propre".

Les améliorations technologiques, présentées ci-après, ne représentent que quelques-unes des solutions existantes.

Il faut y ajouter :

- le véhicule bicarburant ou hybride dont les performances environnementales sont importantes,
- les biocarburants,
- l'essence reformulée,
- les gazoles oxygénés,
- les apports du programme Auto-oil à l'échelon européen, (programme de recherches sur la composition des carburants)
- la pile à combustible (Recherches).

PARTS DES EMISSIONS DU TRANSPORT ROUTIER DANS LES EMISSIONS D'ORIGINE ANTHROPIQUE EN FRANCE.



Source : CITEPA. Emissions du transport routier en France. 1995.

Dans la région Nord/Pas de Calais, le transport routier est le plus important émetteur de polluants dans l'atmosphère.

Il est responsable de :

- 51% des émissions de NO_x, précurseur de l'ozone,
- 40% des émissions de COV, précurseur de l'ozone,
- 35% des émissions de CO₂,
- 17% des émissions de CO₂

Les villes recueillent à elles seules 50 à 75% des émissions régionales totales.

Source : Plan Régional de la Qualité de l'Air du Nord - Pas - de - Calais.

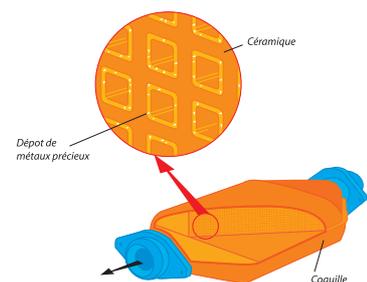
1- Pot catalytique

Coupe d'un pot catalytique (figure 1)

Le pot catalytique a été mis au point par les constructeurs automobiles afin de mieux respecter l'environnement et de répondre aux normes internationales en matière de dépollution. Il est constitué d'une double enveloppe d'acier, au sein de laquelle est placée une céramique creusée en "nid d'abeille", recouverte de métaux précieux comme le palladium et le platine.

A température élevée (environ 400°C), ces métaux jouent le rôle de "catalyseurs", c'est à dire qu'ils favorisent des réactions chimiques capables d'éliminer le monoxyde de carbone et certains hydrocarbures des gaz d'échappement, qui sont transformés en eau (H₂O) et en dioxyde de carbone (CO₂). En revanche, les pots catalytiques ne permettent pas d'éliminer le dioxyde de carbone (CO₂) et les particules fines. Pour réduire ces émissions, il faut donc employer d'autres types de carburants, améliorer le rendement énergétique du moteur et réduire le trafic automobile.

Figure 1



2- Filtre à particules

Le filtre à particules est une structure poreuse, en carbure de silicium, constituée de canaux qui piègent les particules au passage des gaz d'échappement. Le filtre à particules peut se régénérer en brûlant périodiquement les particules qu'il accumule.

La combustion de ces particules, principalement composées de carbone et d'hydrocarbures, se réalise en présence de dioxygène (O₂) à une température de 550°C. La filtration des gaz d'échappement, grâce à ce système, est permanente. Selon l'état de colmatage du filtre, la régénération interviendra tous les 400 à 500 km environ et le filtre sera nettoyé à l'eau sous pression, tous les 80 000 km afin d'éliminer les éventuels dépôts.

Le filtre à particules doit faire l'objet d'un entretien régulier si l'on souhaite conserver ses performances initiales.

Pollution atmosphérique et polluants

3- Carburants de substitution

La mise en place de la loi sur l'air amène les municipalités à choisir des transports en commun plus propres. Deux stratégies sont alors possibles :

- agir sur le parc existant en équipant les anciens bus de filtres à particules et/ou des gazoles oxygénés comme l'Aquazole
- renouveler son parc en optant, soit pour le GNV (gaz naturel pour véhicules), le GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié), soit pour l'énergie électrique à l'horizon 2005.

De nombreux critères influent sur ce choix : nombre de véhicules, état de vétusté, investissements nécessaires...

3-1- Le Gaz Naturel Véhicules

Le Gaz Naturel Véhicules (GNV) est le même gaz que celui utilisé pour le chauffage ou la cuisson domestique, il est acheminé par des réseaux souterrains, supprimant ainsi les nuisances du transport de carburants par route.

Le gaz naturel se présente constamment en phase gazeuse, il est composé à plus de 85% de méthane (CH_4). Sa combustion ne dégage ni fumée, ni particule. Le GNV produit moins de CO_2 (dioxyde de carbone), responsable de l'effet de serre et divise par 2 la production de NO_x (oxydes d'azote), responsables des pluies

acides. Il émet beaucoup moins d'hydrocarbures non méthaniques, responsables entre autres, du smog d'été.

Le GNV ne contient ni toluène, ni xylène, ni butadiène, considérés comme cancérigènes.

Le GNV est un carburant alternatif pour les véhicules lourds : autobus, bennes à ordures ménagères...ces véhicules sont équipés de moteurs dédiés.

Le GNV est également utilisé par les véhicules légers qui sont dotés de moteur bicarburant : GNV/Essence.

3-2- Le GPL : un carburant propre, respectueux de l'environnement

Mélange à 55% de butane (C_4H_{10}) et 45% de propane (C_3H_8) obtenus par raffinage du pétrole brut ou issus de gisements de gaz naturel, le Gaz de Pétrole Liquéfié, GPL, ne contient pas de plomb et peu de soufre et de benzène (C_6H_6).

Il présente des atouts écologiques :

- réduction de 70 à 85% d'émissions de monoxyde de carbone
- réduction de 55 à 85% d'émissions d'hydrocarbures imbrûlés
- réduction de 16 à 80% d'émissions d'oxyde d'azote, selon les moteurs.

Le GPL est le carburant de substitutions le plus facile à mettre en œuvre. Aujourd'hui, les véhicules GPL sont des bi-carburant essence/GPL. Le passage d'un carburant à l'autre s'effectue instantanément par simple pression d'un commutateur situé sur le tableau de bord. Il existe également des véhicules "hybrides" essence/énergie électrique pour une utilisation mixte pour, les courts trajets en ville et les plus longs trajets.

3-3- Véhicules électriques

Le véhicule électrique, en supprimant les gaz d'échappement, permet de diminuer les rejets dans l'air d'hydrocarbures imbrûlés, de monoxyde de carbone et d'oxydes d'azote. C'est le seul véhicule qui n'émet aucun rejet toxique dans l'atmosphère. Il contribue aussi à la maîtrise de l'effet de serre en réduisant les émissions de dioxyde de carbone CO_2 ainsi qu'à la lutte contre les pluies acides. Le véhicule élec-

trique n'émet pas de polluants, a un effet bénéfique sur les pollutions olfactive et sonore, et il n'engendre aucune dégradation des bâtiments ou monuments historiques. Toutefois, pour produire de l'électricité, la France a recours à différents types d'énergie notamment nucléaire ou thermique, qui posent d'autres problèmes en terme de sécurité ou de gestion des déchets.

Pollution atmosphérique et polluants

La pollution par les métaux lourds

Outre les émissions de gaz polluants tels que le dioxyde de soufre ou les oxydes d'azote, les émissions de métaux lourds, notamment le plomb, le zinc et le cadmium, sont particulièrement suivies dans la région Nord Pas de Calais, compte tenu de la présence d'émetteurs industriels importants. Le secteur de la métallurgie représente la quasi totalité des émissions. Les ordures ménagères peuvent également émettre des quantités non négligeables de métaux lourds.

Vous rechercherez, dans la presse ou sur Internet, des articles concernant la pollution par le plomb dans l'air, dans les sols ou dans les eaux, ainsi que leurs conséquences sur la santé et l'environnement.

Vous contacterez, si nécessaire, les administrations, telles que l'ADEME ou la DRIRE, pour obtenir des informations sur la réglementation française et européenne de certains métaux lourds, notamment le plomb.

GUIDE DE REFLEXION :

- Pourquoi parle t-on d'essence "sans plomb" ?
- L'essence sans plomb est-elle vraiment "verte" ?
- Suite à vos recherches, indiquez plusieurs solutions visant à réduire les rejets de plomb dans l'environnement.

QUELQUES REPERES

(les adresses des sites, présentées ci-dessous, sont susceptibles d'être modifiées)

➤ Les sites pollués du Nord Pas de calais 1996

www-cal.univ-lille1.fr/~cv/ecologie/by_place/europe/france_et_ue.htm - 19k

➤ les Amis de la Terre

site web <http://www.amisdelaterre.org/> (campagne plomb)

[accès direct : <http://www.amisdelaterre.org/campagnes/Plomb/index.html>].

➤ UdeM:Forum/Inoffensive, l'essence sans plomb? Selon Joseph Zayed ...

www.forum.umontréal.ca/numeros/1999-2000/forum_99-10-25/article_01.html

➤ Essence sans-plomb

www.203world.net/essence/essence_sans_plomb.html - 32k -

www.consumersinternational.org/rightsday97/french4/vraiment.html

➤ Article paru dans le N°210 d'août 1998 du magazine ÇA M'INTÉRESSE



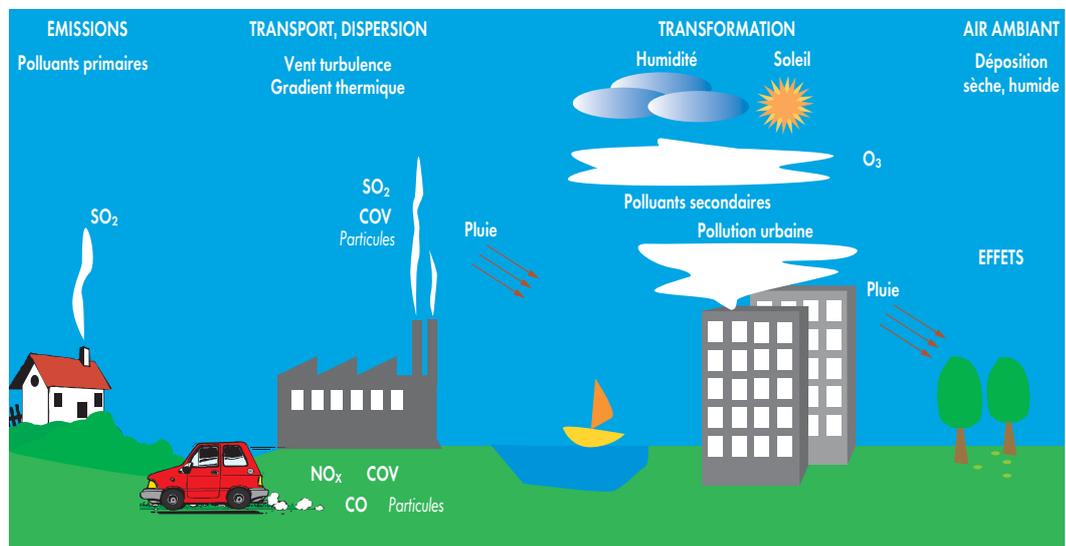
Influence de la météorologie sur la qualité de l'air

La pollution atmosphérique possède une propriété particulière, en ce sens qu'elle connaît une très grande variabilité dans l'espace et dans le temps.

Elle est due à deux facteurs principaux :

- le facteur "émission" lié à la nature, aux conditions et à la quantité des rejets ;
- le facteur "dispersion" induit par les conditions météorologiques du moment.

Les conditions météorologiques jouent généralement le rôle le plus important, car on peut estimer que les rejets des sources fixes, notamment ceux d'origine industrielle, sont à peu près constants. Pour les sources mobiles (trafic routier ou urbain), on observe la plupart du temps des fluctuations importantes.



Tous les paramètres "physiques" d'ordre météorologique liés aux propriétés de l'atmosphère jouent un rôle, à des degrés divers.

Ce rôle peut être alternativement positif ou négatif sur la qualité de l'air, suivant les circonstances (heure, saison) et les caractéristiques du lieu (facteurs géographiques). Dans la réalité, c'est l'ensemble de ces paramètres combinés entre eux qui influent sur la plus ou moins bonne dispersion des polluants atmosphériques.

Ainsi la qualité de l'air peut varier considérablement d'une journée à l'autre et même en l'espace d'une heure.

A plus grande échelle, la pollution tend à se déplacer en suivant les masses d'air. Au cours du transport, elle subit un processus d'auto-épuration de certains de ses éléments, notamment ceux qui présentent la plus grande réactivité (dépôts secs par captation, dépôts humides par lessivage, condensation par nucléation, ...).

Ce transport, suivant le type et la nature du polluant, se fait à plus ou moins longue distance (de quelques centaines de mètres jusqu'à plusieurs milliers de kilomètres). Si l'impact sur la santé est moindre, il n'en est pas de même pour l'incidence sur le milieu (sol, eaux, végétaux, ...) où il peut se produire des mécanismes d'accumulation dans le temps.

On explique ainsi :

- la présence de particules, composées pour partie de carbone et de composés minéraux comme les métaux lourds (ex : plomb, mercure, ...), dans des régions éloignées des zones urbanisées et industrialisées.
- le mécanisme d'acidification des lacs ou zones humides (en Scandinavie, Amérique du Nord, Canada, déforestation en Europe centrale).

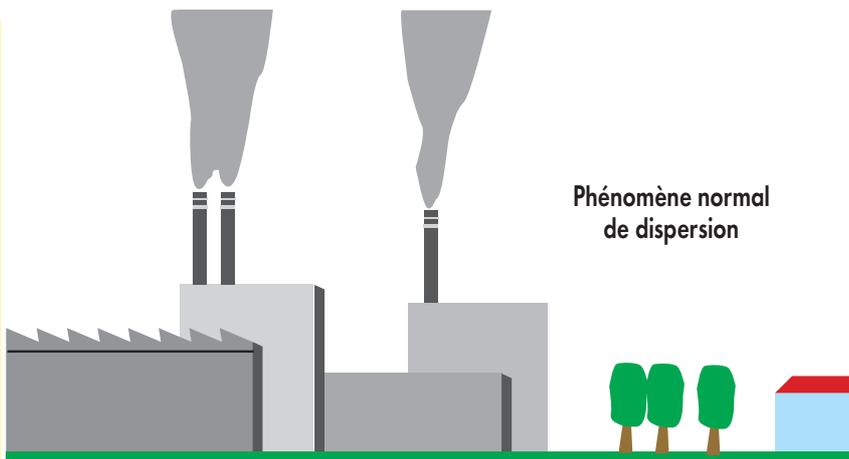
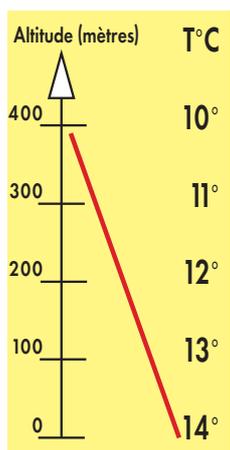
Météorologie et pollution atmosphérique

Les principaux paramètres météorologiques qui influent :

- la température
- la pression atmosphérique
- le vent (vitesse et direction)
- l'ensoleillement
- la pluviométrie et l'humidité

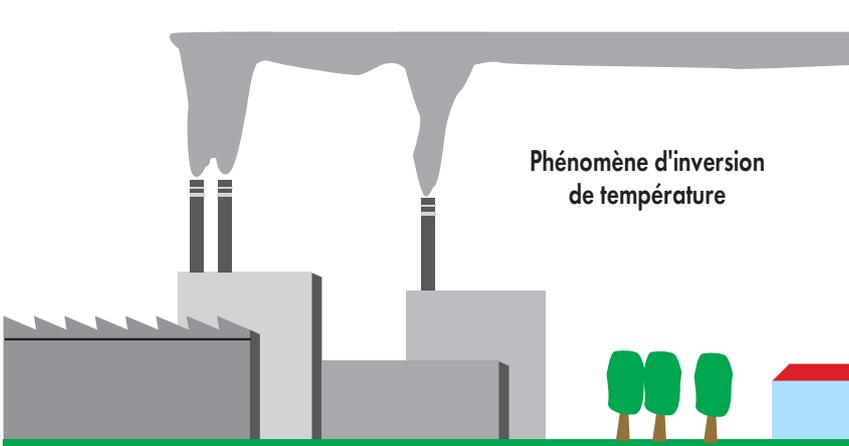
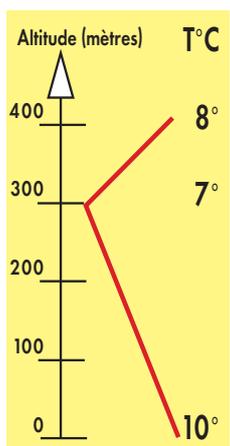
Rôle de la température et du rayonnement solaire :

La température joue un rôle dans la dispersion verticale des polluants atmosphériques (ce processus sera moins efficace si l'air ambiant est chaud, notamment en été).



En situation normale, plus l'altitude est élevée, plus la température diminue. L'air chaud, qui contient les polluants s'élève naturellement (principe de la montgolfière). La dispersion des polluants s'effectue alors verticalement.

Quelquefois, surtout l'hiver par beau temps, le sol se refroidit, une couche d'air froid, plus lourd que l'air chaud, stagne en faible altitude.



C'est ce qu'on appelle "l'inversion de température".

Dans de telles conditions, il peut faire plus froid dans les vallées ou les plaines qu'en moyenne montagne.

Structure extrêmement stable, l'inversion de température se manifeste par une stratification d'air chaud et froid dans la basse atmosphère.

La couche d'air froid, située entre 2 couches d'air chaud près du sol, agit comme un couvercle et empêche l'air contenant les polluants de s'élever.

Rôle de la pression atmosphérique :

Dans un lieu et à un moment donnés, la pression atmosphérique est constante (mais décroît très lentement en fonction de l'altitude). Un gaz polluant à priori plus chaud que l'air ambiant s'élève et se détend, car il est moins dense.

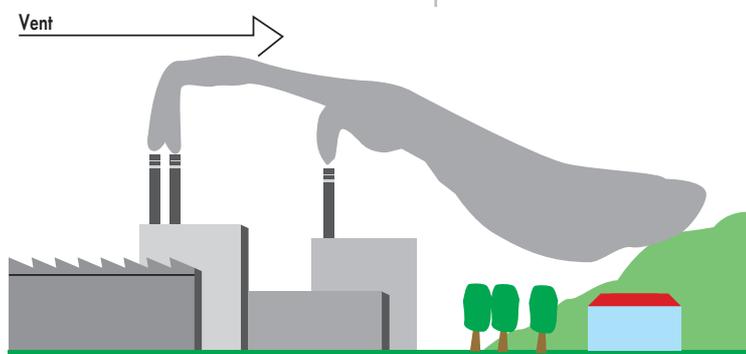
Le mouvement ascendant du gaz polluant et sa détente ont pour conséquence de le diriger vers une couche plus haute et ainsi d'en diminuer la concentration au niveau du sol.

Rôle du vent :

Le vent joue un double rôle en matière de dispersion horizontale de la pollution atmosphérique, par l'intermédiaire de sa direction et de sa vitesse.

Le vent oriente le panache dans une direction unique et privilégiée.

La qualité de l'air dépendra principalement, sur un lieu donné, de la position des sources émettrices et de l'éloignement de celles-ci par rapport aux zones urbanisées.



Plus le vent est fort, plus la dispersion des polluants est bonne. En parcourant une distance plus grande, les polluants gazeux et particulaires se diluent progressivement avant de retomber sur le sol.

Lorsque le vent est très faible, les niveaux de pollution sont les plus élevés au sol.

Rôles de l'ensoleillement :

- il favorise, en atmosphère stable, les phénomènes locaux de convection thermique ;
- il est à l'origine, au printemps et en été, des réactions photochimiques conduisant à la formation de composés néfastes pour la santé (ozone, oxydes d'azote et autres composés organiques). Il contribue à la formation du "smog photochimique".

Le rayonnement solaire influe sur la dispersion des polluants. Il est mesuré en Watts.

Cette action est généralement défavorable à la qualité de l'air car elle est propice à la formation photochimique de l'ozone.

Rôle de la pluviométrie :

La pluie agit comme un épurateur de l'air, on parle de "lessivage", pour les polluants gazeux et particulaires présents dans le milieu ambiant. La pollution ne disparaît pas, elle est transférée dans le sol ou dans les eaux (de surface ou souterraines).

La pluviométrie a donc un rôle bénéfique pour l'air mais défavorable pour le sol et l'eau.

La qualité de l'air est meilleure lorsque les précipitations sont importantes.

Les conditions météorologiques associées :

Plus généralement, c'est la combinaison de ces différents facteurs, pouvant par ailleurs subir de fortes variations dans le temps, qui induit de plus ou moins bonnes conditions de dispersion.

Les phénomènes à petite ou moyenne échelle :

Ils concernent un secteur d'une dizaine de km² ou une région de plusieurs dizaines de km².

Ils associent une situation météorologique à un contexte géographique particulier, notamment :

- les sites urbains ;
- les reliefs marqués (vallée, zone côtière) ;

ainsi que les zones connaissant des conditions climatiques extrêmes et/ou qui font l'objet de fluctuations brusques (à l'échelle de la journée).

Ces phénomènes sont généralement de courte durée (de quelques heures à plusieurs jours) et se rencontrent essentiellement en été et en hiver.

Quelques exemples de profils de pollution :

• Profils des polluants :

Suivant la stabilité chimique du polluant et l'activité émettrice (industrie, trafic véhicules), les profils font apparaître des constances dans la forme.

Pour la pollution industrielle, on observe généralement (à conditions de vent constant en force et direction) un profil en cloche similaire au profil de température.

Pour la pollution issue des véhicules, on constate des teneurs plus importantes à trois périodes de la journée (le matin, à midi, le soir) liés directement au flux de véhicules et aux conditions de trafic (bouchons).

Cas particuliers des polluants photochimiques instables comme l'ozone et ses précurseurs, les oxydes d'azote NO_x

• Profil journalier de l'ozone :

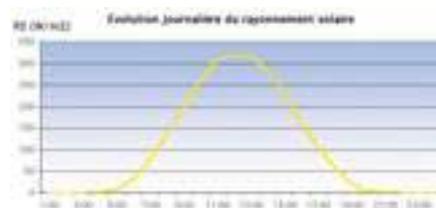
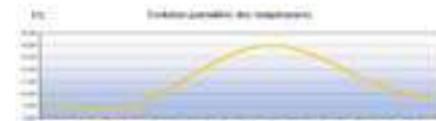
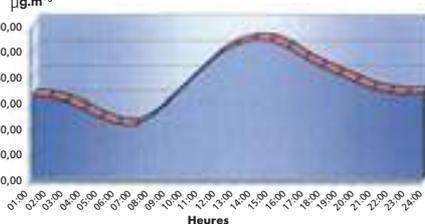
Du fait de leurs propriétés chimiques, ces composés ont la faculté de se former pour les uns ou de se détruire pour les autres, en présence d'un ensoleillement important (rayonnement U.V.) et de températures élevées. (voir cycle de formation et destruction de l'ozone dossier2).

On remarque que les concentrations d'ozone suivent le profil de la température et de l'ensoleillement (rayonnement).

Plus la température augmente, plus les teneurs en ozone dans l'air sont élevées.

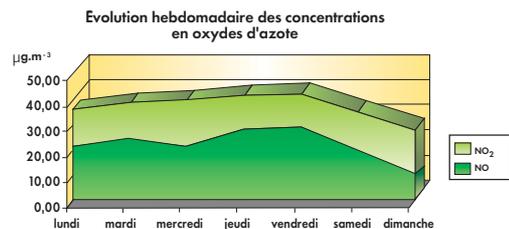
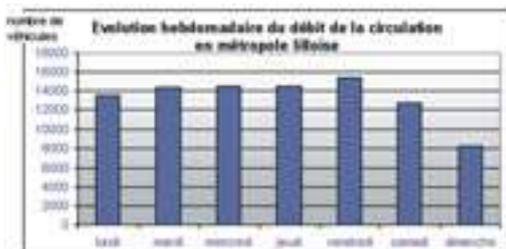
De même, du milieu de la nuit jusqu'à 7 heures, lorsque les températures et le rayonnement solaire sont plus faibles, les concentrations d'ozone diminuent.

Evolution journalière des concentrations en ozone



• Profil hebdomadaire des oxydes d'azote :

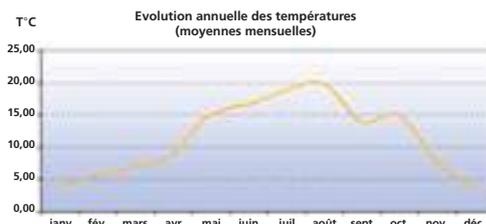
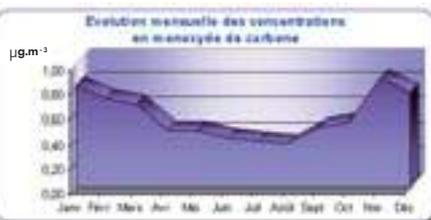
Le jour de semaine influe peu sur la pollution industrielle. En revanche, on peut observer pour certains jours des variations significatives liées principalement au trafic routier et urbain, dont les flux sont modifiés aux heures de pointes et en périodes de vacances. Les concentrations d'oxydes d'azote, relevées par une station de mesure, à proximité du trafic automobile, sont plus élevées aux jours de grande circulation.



• Profil saisonnier du monoxyde de carbone :

Si l'on peut rencontrer, à tout moment, des conditions défavorables à une bonne qualité de l'air, les épisodes les plus critiques sont le plus fréquemment observés en périodes estivale et hivernale. Ceci est vrai principalement pour les polluants gazeux et en partie pour les particules les plus fines. Pour les plus grosses, ce sont essentiellement les conditions de vent (vitesse et direction) et de pluie qui interviennent.

La pollution au monoxyde de carbone est plus forte en automne et en hiver, en raison de conditions météorologiques, favorisant l'accumulation des polluants primaires dans l'atmosphère. L'été, la baisse des concentrations en monoxyde de carbone s'explique également par la diminution du trafic automobile et l'arrêt des installations de chauffage.





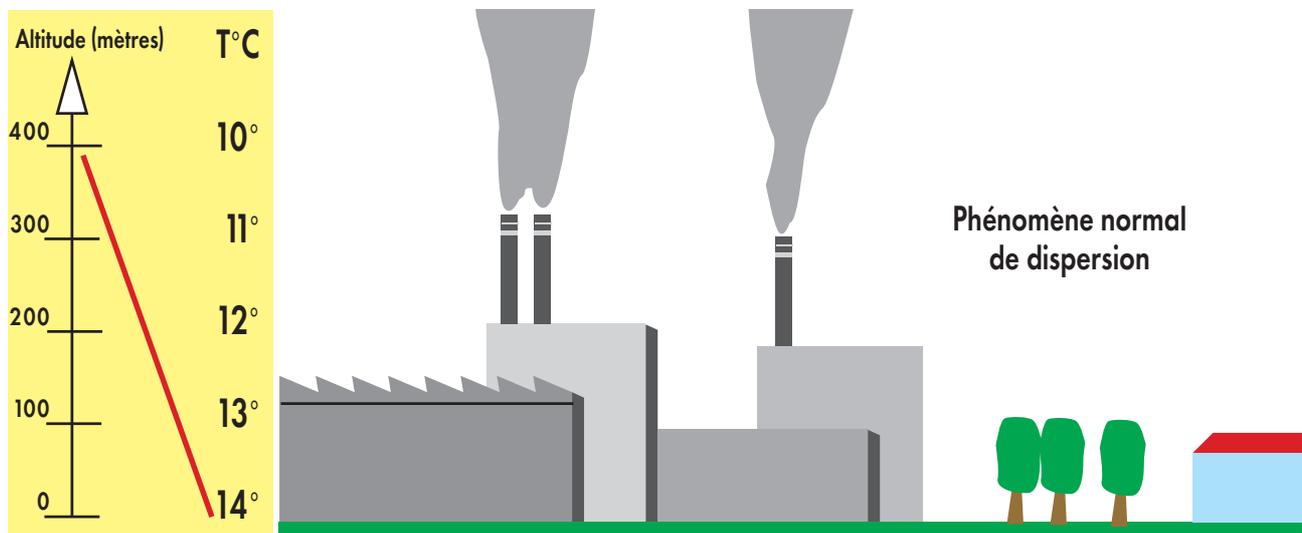
Influence de la météorologie sur la qualité de l'air

Le polluant rejeté dans l'atmosphère, soit à partir d'une cheminée, soit au niveau du sol par un pot d'échappement, va connaître une dispersion qui dépend des facteurs météorologiques et des caractéristiques du lieu (relief, zone urbaine ou rurale, présence d'obstacles, ...). Habituellement, cet air pollué, plus chaud (donc moins dense) que l'air ambiant, tend à s'élever assez facilement. Cependant, il existe des situations moins favorables à cette dispersion.

Les facteurs météorologiques qui influent sur la pollution atmosphérique sont :

- la température, la pression atmosphérique
- le vent (vitesse et direction) ;
- la pluviométrie, l'humidité ;
- la nébulosité ;
- l'ensoleillement.

Phénomène normal de dispersion :



Le panache s'élève verticalement dans le ciel (droit ou légèrement incliné, en fonction de la vitesse du vent).

Les conditions de dispersion sont bonnes.

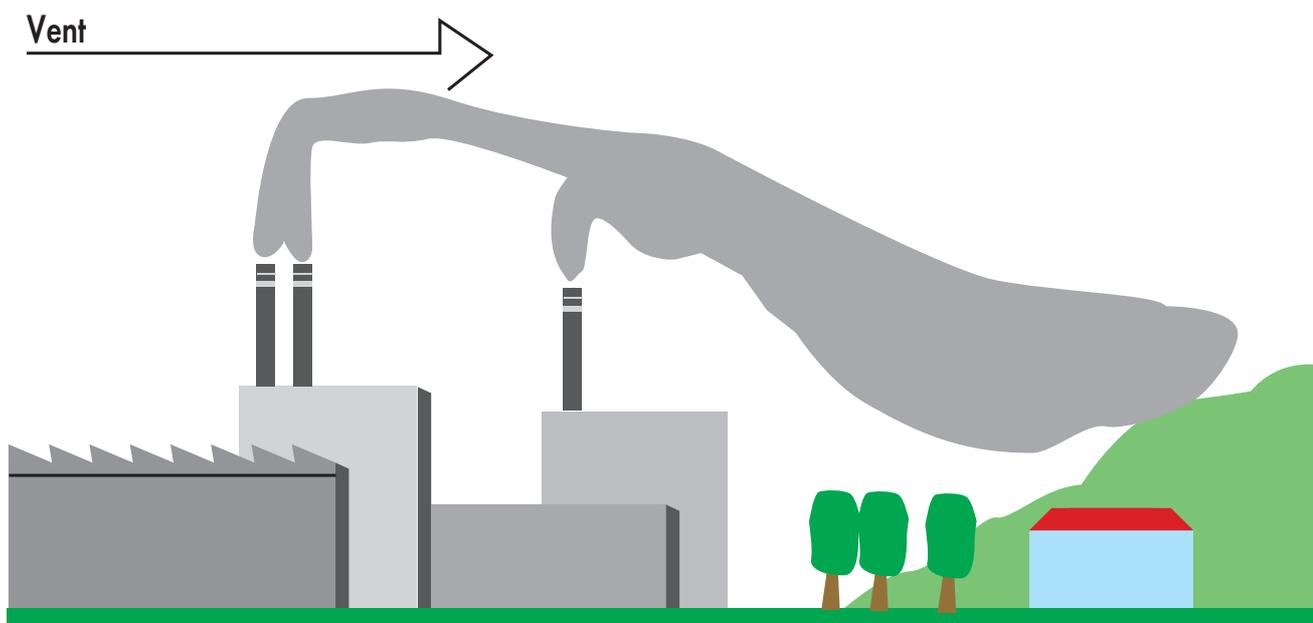
Autres cas de dispersion :

Il existe plusieurs situations pouvant engendrer des mauvaises conditions de dispersion des polluants atmosphériques. Nous présenterons ici les cas les plus critiques et les situations les plus fréquemment rencontrées dans notre région.

A signaler que ces phénomènes peuvent toucher d'autres régions. Les conséquences sur la qualité de l'air sont encore plus marquées dans les zones les plus froides et les plus chaudes (Mexico, Athènes...)

Météorologie et pollution atmosphérique

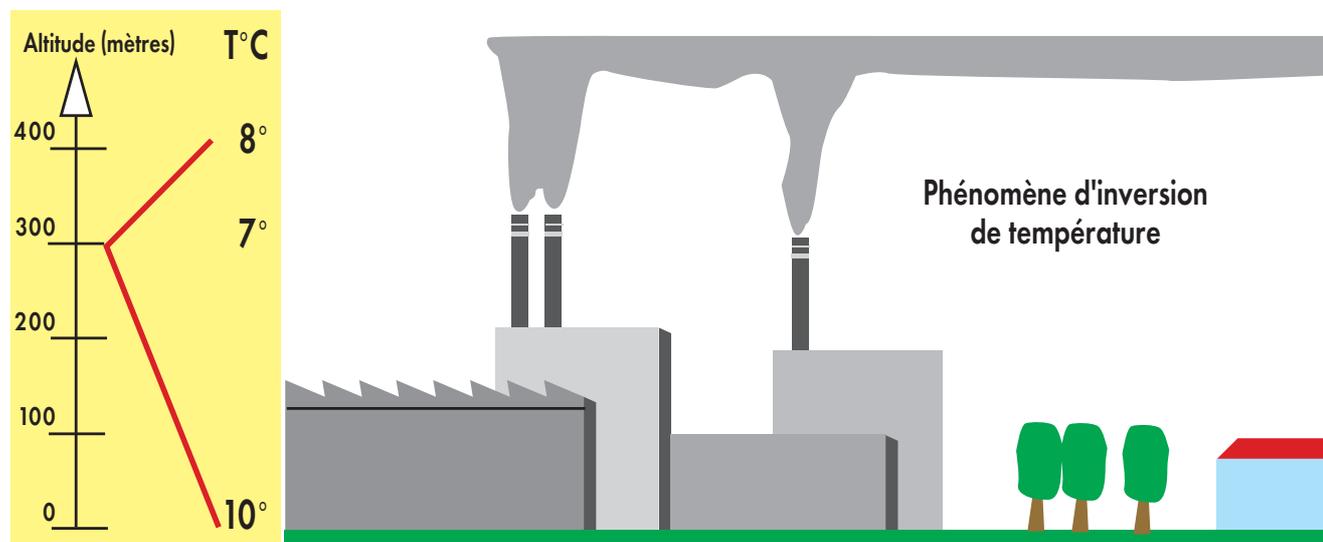
Retombées de panache :



Plus le panache parvient à s'élever, plus sa dispersion dans l'atmosphère est importante. Dans certains cas de vents forts, il est possible que des polluants soient rabattus vers le sol. Les concentrations de polluants peuvent être très élevées, mais ces phénomènes sont très localisés et de courte durée.

Inversion de température :

Ce phénomène se produit naturellement la nuit et peut persister plusieurs journées, surtout l'hiver.



Au cours de la nuit, le sol se refroidit plus vite que l'air, aussi la couche d'air directement en contact avec le sol devient plus froide que les couches situées au-dessus. Les polluants ne peuvent plus s'élever et ont alors tendance à s'accumuler au niveau du sol.

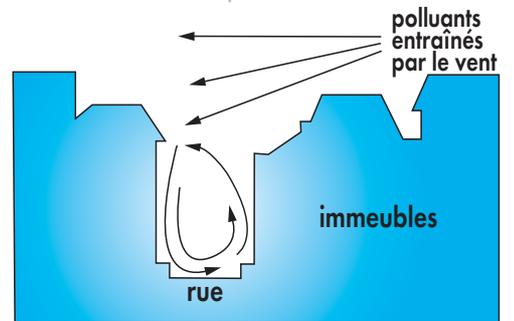
Ces inversions de température apparaissent plutôt en présence de conditions anticycloniques, favorisant la stabilité des masses d'air.

Rôle du relief ou de l'urbanisation :

Certains types de relief provoquent l'apparition de tourbillons d'air entraînant une mauvaise dispersion des polluants atmosphériques.

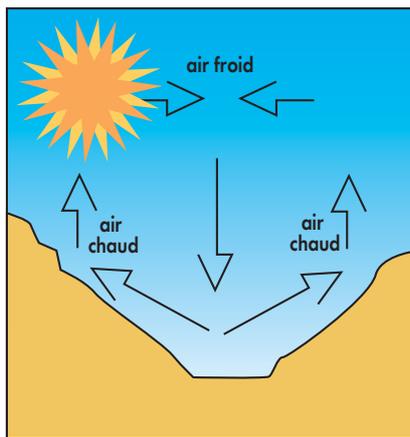
Brise de ville :

Dans les villes, on constate un effet d'îlot de chaleur en hiver et en été. La différence de températures entre la ville et la campagne environnante entraîne un phénomène assimilable à une inversion de température.



Brise de vallée :

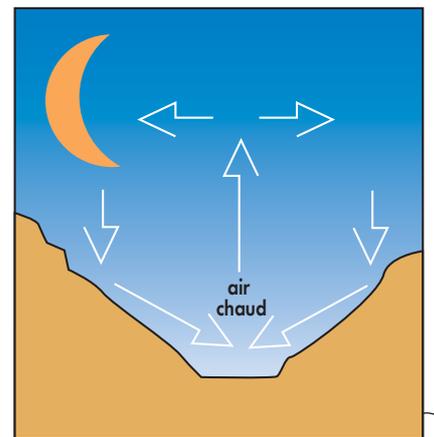
Le même type de mécanisme se produit en hiver et en été dans les vallées. Une différence de température s'établit entre la nuit et le jour et entre le bas et le sommet de la vallée ; elle provoque la formation d'une couche d'inversion. La conséquence est de bloquer les polluants accumulés dans le fond de cette vallée.



L'air sur les versants s'échauffe plus rapidement que l'air d'altitude

Brise montante

Brise de vallée, alternance jour - nuit

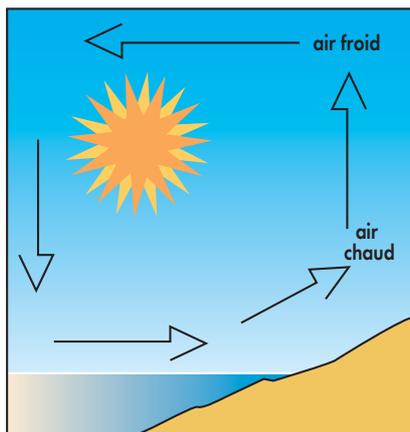


L'air au fond de la vallée est plus chaud que l'air en altitude

Brise descendante

Brise de mer :

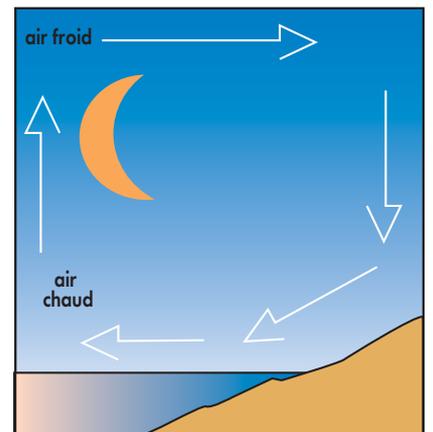
Ce phénomène particulier aux zones côtières se produit au printemps ou en été. Il est provoqué par la différence de réchauffement entre l'air marin et l'air au contact du sol. Ainsi l'air au-dessus du sol tend à s'élever, en cours de journée, car il devient moins dense que l'air froid. Cela provoque une dépression que l'air marin comble rapidement. La nuit le mécanisme s'inverse.



L'air s'échauffe plus rapidement au-dessus du sol que sur la mer

Brise de mer

Brise côtière, alternance jour - nuit



L'air au-dessus de la mer se refroidit plus lentement que l'air au-dessus du sol

Brise de terre

La dispersion des polluants sous-entend que l'air voyage et traverse les frontières. Par conséquent, les polluants mesurés dans l'air ne proviennent pas nécessairement d'émetteurs proches. La pollution atmosphérique s'aborde donc à l'échelle mondiale.

Lexique :

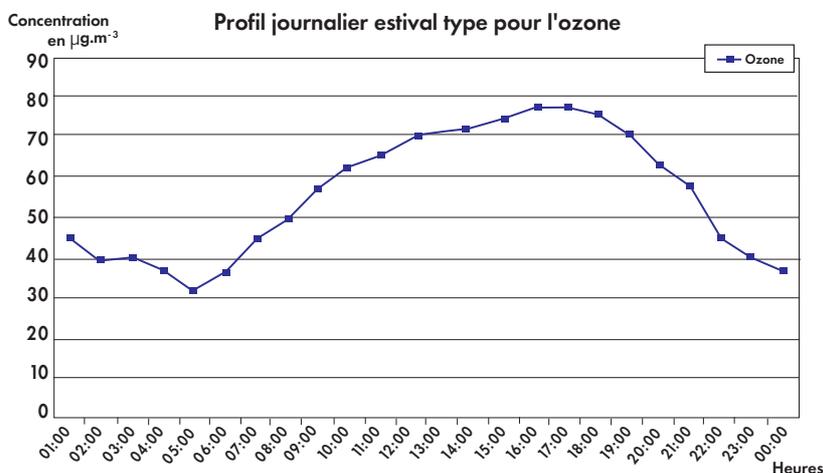
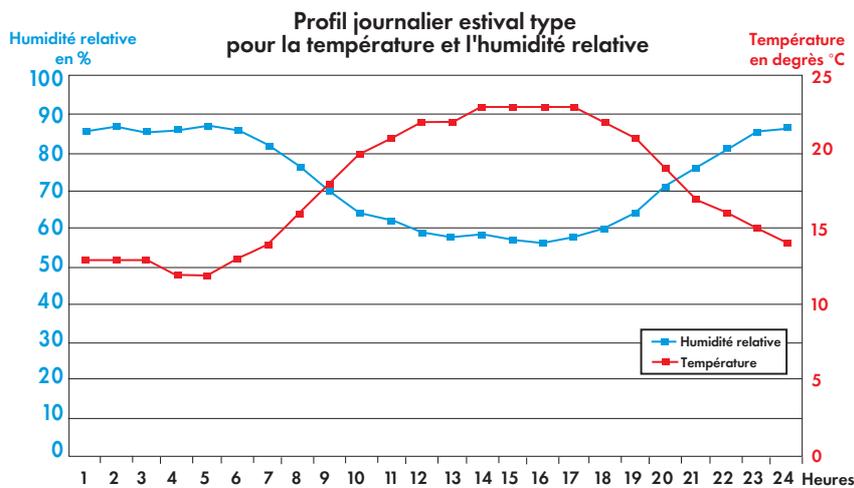
Anticyclone : zone de hautes pressions (désignée par la lettre A sur les cartes de prévisions) ; les vents tournent dans le sens des aiguilles d'une montre, autour du centre de l'anticyclone.

Dépression : zone de basses pressions (désignée par la lettre D sur les cartes de prévisions) ; les vents tournent dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, autour du centre de la dépression.

Emissions : rejets dans l'atmosphère des polluants gazeux et particuliers (cheminées, pots d'échappement)

Dispersion : c'est le terme utilisé le plus couramment pour décrire l'ensemble des phénomènes d'élimination des polluants dans l'atmosphère (diffusion, lessivage, ...)

• Profil journalier de l'ozone :



On remarque que les concentrations d'ozone suivent le profil de la température et de l'ensoleillement (rayonnement). Plus la température augmente, plus les teneurs en ozone dans l'air sont élevées.

De même, du milieu de la nuit jusqu'à environ 7 heures du matin, lorsque les températures et le rayonnement solaire sont plus faibles, les concentrations en ozone diminuent.



Observations Météoro...logiques !!

Réfléchir, en groupe de plusieurs élèves, pour mettre en évidence les propriétés physiques de l'atmosphère

A. à l'échelle locale

Dans votre collège ou lycée, utilisez un thermomètre, un baromètre, un pluviomètre, un hygromètre, un anémomètre, une girouette.

- Effectuez les mesures de la pression, de la température, de la pluviométrie, de l'humidité, de la vitesse et de la direction du vent.
- Réalisez ces mesures pendant plusieurs jours (voire plusieurs semaines) à la même heure.
- Notez sur vos fiches de relevés de mesures météorologiques :
 - Le lieu et son altitude
 - L'heure des relevés
 - La pression atmosphérique
 - La température
 - L'humidité et la pluviométrie
 - Le type de nuages observés
 - La vitesse et la direction des vents
- Tracez vos courbes de relevés pour la pression atmosphérique, la température, la pluviométrie, l'humidité, la vitesse des vents.
- Renouvelez cette expérience à des heures différentes pendant plusieurs jours, pour obtenir plusieurs séries de relevés. Comparez vos résultats entre les différentes séries de relevés.

B. à l'échelle nationale

- Travaillez en réseau avec un autre collège ou lycée, situé dans une autre région (par exemple par Internet) afin de comparer les résultats sur des lieux géographiques différents.
- Reportez-vous également sur les serveurs de Météo-France, sur les chaînes de télévision spécifiques à la météo.
- Réalisez des relevés en jumelage avec le collège ou le lycée, les mêmes jours à la même heure.
- Reprenez la même démarche que celle suivie à l'échelle locale (A)
- Comparez vos résultats avec ceux du ou des collèges/lycées jumelés
- Comparez les températures du Nord et du Sud de la France
- Repérez où se trouvent les hautes et basses pressions
- Indiquez la direction du vent la plus fréquente

1) Lors des journées de relevés, les conditions météorologiques étaient-elles favorables à la dispersion des polluants, présents dans l'air ?

2) Au cours de ces journées, comment pouvait être, selon vous, la qualité de l'air : bonne, moyenne ou mauvaise ?

Consultez les indices de la qualité de l'air sur le site Internet www.atmofrance.org

Météorologie et pollution atmosphérique

Questionnaire Vrai/Faux

1. – On appelle "inversion de température", la différence de température entre le jour et la nuit VRAI FAUX
2. – Le phénomène de brise de mer ne se produit qu'en hiver..... VRAI FAUX
3. – L'air pollué est plus chaud que l'air ambiant et se disperse vers le haut plus facilement. ... VRAI FAUX
4. – "L'inversion de température" a lieu surtout l'été VRAI FAUX
5. – En centre ville, les polluants se dispersent moins rapidement qu'en campagne..... VRAI FAUX
6. – Les données météorologiques sont nécessaires pour prévoir la qualité de l'air VRAI FAUX
7. - Un anticyclone est une zone de hautes pressions VRAI FAUX
8. – Les teneurs en ozone dans l'air varient en fonction de la température..... VRAI FAUX
9. – L'air au-dessus de la mer se refroidit plus rapidement que l'air au-dessus du sol..... VRAI FAUX
10. – L'air, au fond de la vallée, est plus chaud que l'air en altitude VRAI FAUX





Prévisions météorologiques

Interview de Patrick MARLIERE,
Attaché de clientèle au service Relations publiques et commerciales de Météo France

Report'Air : "Quelle est votre mission au quotidien ?"

"Mon travail est de vulgariser l'information météorologique et de la distribuer auprès des usagers et des clients. Si cette information doit être simple pour les usagers qui reçoivent cette information via les médias ; elle est beaucoup plus précise pour les professionnels, qui ont des attentes très spécifiques.

La mission première de Météo France est la sécurité des personnes puis des biens. Les centres de Météo-France se situent en métropole mais aussi dans les DOM-TOM, dans les terres australes. La France est divisée en 7 grandes régions météo. Notre région est la région Nord Météorologique. Elle recouvre 11 régions économiques et 4 départements. Un ingénieur et un technicien suivent en permanence 24 heures sur 24, les phénomènes météorologiques : ils envoient les messages quotidiens de prévisions et avertissent les institutionnels (Préfecture, Protection civile) en cas de phénomènes météorologiques dangereux."

Report'Air : " De combien de stations météo disposez-vous ? Où sont-elles implantées dans la Région ? "

"Dans la Région Nord-Pas de Calais, nous disposons de 3 types de stations météo :

- Le 3^{ème} niveau est constitué d'une trentaine de stations, par département, qui mesurent uniquement les températures et/ou, les précipitations. Elles permettent de bien connaître les climats locaux.
- Le 2^{ème} niveau est constitué d'une quinzaine de stations automatiques reliées aux centres. Ces stations sont autonomes (fonctionnement par capteur solaire) et mesurent la direction, la force du vent, la température, la pression, l'humidité ;
- Le niveau principal est composé de 4 centres (Port de Dunkerque, Lesquin, Cambrai, et Boulogne) avec des opérateurs humains. En plus des mesures automatiques, l'opérateur apporte des observations que l'on ne peut pas mesurer par des appareils : hauteur et type de nuages, visibilité, orage, pluie..."

Report'Air : "Comment mesurez-vous les variations de température et de pression ?"

"On mesure la variation verticale de température et de pression à l'aide de ballons-sondes. 7 sites en France effectuent des lâchers de ballon-sonde dans l'atmosphère. Ces ballons-sondes sont équipés de capteurs de température et de pression et sont suivis par des radars. Par retour d'informations radio-électriques, on acquiert les informations des températures/ pression/ force et direction de vent à toutes les altitudes : les ballons-sondes peuvent monter jusqu'à 12 kilomètres d'altitude.

Si la pression diminue avec l'altitude, la température ne suit pas tout à fait le même schéma. On observe quelquefois, une température plus faible au niveau du sol qu'en altitude : c'est le cas lors des inversions de température. C'est elle qui accentue le phénomène de pollution car elle forme un couvercle au-dessus de l'endroit où elle se trouve."

Report'Air : "Dans la Région Nord-pas de-Calais, la pluviométrie est-elle vraiment plus importante qu'ailleurs en France ?"

"La pluviométrie n'est pas plus importante dans le Nord-pas de Calais que dans les autres régions de France. Elle est même moindre que dans certains endroits de France. Biarritz ou les zones proches de la Méditerranée ont un cumul annuel de pluie plus important que dans le Nord de la France.

Par contre, la région Nord-Pas de Calais détient le record du nombre de jours de pluies : il pleut moins mais plus souvent que dans le Sud. Par ailleurs, on peut trouver des différences allant du simple au double dans la région Nord-Pas de Calais. La zone la plus sèche est le bassin minier avec 650 litres de pluie par an et le maximum est observé dans les collines du Boulonnais avec 1200 litres de pluie. Cette différence est due au relief qui soulève les masses d'air et accentue le phénomène précipitant."



Météorologie et pollution atmosphérique

Report'Air : "Comment établissez-vous vos cartes isobares ?"

"Elles sont tracées automatiquement à partir de plusieurs points de mesure de pression en Europe et dans le monde. Toutes ces mesures seront un peu différentes car la pression n'est jamais la même au même moment dans différents endroits. Les zones de même pression sont reliées sur la carte pour mettre, ainsi, en évidence des zones de hautes pressions et des zones de basses pressions. Les zones, situées entre les hautes et les basses pressions, sont des zones de conflit : on y retrouve les dépressions."

Report'Air : "Comment élaborez-vous vos prévisions de passages d'averses ?"

"Un nuage va commencer à se former quand il y a une saturation dans l'atmosphère (c'est à dire une humidité suffisante). Tant que les gouttelettes, qui forment le nuage, ont une température plus élevée que l'air ambiant, le nuage s'élève en altitude. C'est donc à partir des températures que l'on pourra estimer la puissance des averses et des orages."

Pour les températures, on utilise tous les points de mesures et un modèle de prévision, qui estime le déplacement des masses d'air. Ainsi, on suit le déplacement des masses d'air et on peut prévoir la température."

Report'Air : "Les prévisions à 24 heures sont-elles plus certaines que les prévisions à 5 jours ?"

"Oui, on atteint plus de 90% de bonnes prévisions à 24H ou à 36H. Pour élaborer ces prévisions, un état complet de l'atmosphère autour de la Terre sera réalisé, à partir des mesures des températures, pressions, et humidité. Puis un modèle, utilisant des calculateurs très puissants et très rapides, intègre ces données et les équations de l'atmosphère. On obtient une situation de l'atmosphère qui a évolué par rapport à la situation initiale, prise en compte pour les calculs. Plus on s'éloigne de la situation initiale, plus le risque de se tromper est important car le modèle s'éloigne de la réalité."

Des modèles à 15 jours existent mais la fiabilité de la prévision est beaucoup moins bonne. Des modèles de saison existent aussi et s'attachent à évaluer un paramètre."

Report'Air : "Dans la Région, observez-vous une variation du climat et des températures en général ?"

"Ces 10 dernières années, le climat a varié : on observe clairement une hausse des températures et des précipitations plus importantes. Ces 10 ans sont une période très courte sur l'échelle du temps ! Est-ce qu'il y a eu des variations de climat de ce genre au cours des derniers siècles ? Cela est-il dû à l'accroissement de l'effet de serre ? La période de recul est trop courte pour pouvoir répondre."

La mémoire météorologique a 60 ans en France. On observe déjà sur ces 60 ans, des phénomènes qui se produisent régulièrement : les séries de tempête de janvier/février 2002 sont déjà survenues en janvier/février 1950 et 1951. La plus grande tornade, qui a balayé la France, date de 1967 et s'est produite dans le Nord-Pas de Calais à Pommereuil. En 1967, on ne parlait pas d'effet de serre ou de couche d'ozone mais il existait déjà des phénomènes extrêmes. On a retrouvé des écrits d'ecclésiastiques du Moyen-Age qui relataient des inondations dans la Somme : les moines et les prêtres allaient nourrir la population, isolée depuis plusieurs mois dans leurs greniers!"

Report'Air : "Quelles études faut-il suivre pour travailler à Météo France ?"

"Ce que l'on conseille pour des personnes qui souhaitent travailler dans la météorologie, c'est tout d'abord de suivre une filière de baccalauréat série S. Suite à l'obtention du bac, on peut alors passer le concours de technicien de la météorologie : 2 filières possibles :

- exploitation de la météo : pour ceux qui veulent faire de la prévision ;
- instrumentation : pour ceux qui veulent installer les appareils dans les stations de mesure.

On peut aussi suivre des études supérieures type Maths SUP et SPE et intégrer, après concours, l'école d'ingénieurs de Toulouse. Les ingénieurs se trouvent ensuite à la tête d'une division météo dans un centre inter-régional avec des missions d'encadrement, des responsabilités vis à vis d'institutionnels ou continuent dans le domaine de la recherche et de la prévision."



Prévisions de la qualité de l'air

Interview de **JEAN-YVES SAISON**,
Responsable technique à l'**AREMA Lille Métropole**

Report'Air : "Vous travaillez dans une Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air. Quel est le rôle de cette structure ?"

Jean-Yves SAISON : "Les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) ont plusieurs missions :

- Surveiller la qualité de l'air par les mesures de polluants
- Prévenir la pollution de l'air
- Informer le public sur les résultats des mesures ou en cas d'épisodes de pollution

Dans la région Nord / Pas-de-Calais, nous sommes 4 Associations chargées de surveiller et d'informer sur les mesures des polluants et chacune a une zone de mesures particulière : l'AREMA Lille Métropole sur la métropole Lilloise, l'AREMARTOIS sur les arrondissements d'Arras, de Béthune et de Lens, l'AREMASSE sur les arrondissements de Cambrai, Douai, Avesnes sur Helpe et de Valenciennes, OPAL'AIR sur les arrondissements de Boulogne-sur-Mer, Calais, Dunkerque, Montreuil sur Mer et de Saint-Omer."



Report'Air : "Quelle est l'influence de la météorologie sur la qualité de l'air ?"

Jean-Yves SAISON : "Les teneurs des polluants dans l'atmosphère dépendent d'une part des émissions et, d'autre part, de la dispersion des polluants, liée elles-mêmes aux conditions météorologiques. Les conditions météorologiques vont influencer sur les teneurs des polluants, présents dans l'atmosphère par différents facteurs :

- Le vent, par exemple, aura un effet dispersif sur les polluants émis. Plus le vent sera fort, plus les polluants seront dispersés et moins la concentration de ces polluants dans l'air sera importante. La direction du vent, nous indiquera d'où viennent les polluants (les sources d'émissions) mais aussi sur quels secteurs ils se dirigent.
- De même, une forte pression atmosphérique, relevée sur une zone, agira comme un couvercle et bloquera les polluants au niveau du sol, empêchant leur dispersion. Les mesures des polluants, dans ces conditions, mettront en évidence de fortes concentrations."

Report'Air : "Existe-t-il d'autres paramètres météorologiques, agissant sur la qualité de l'air ?"

Jean-Yves SAISON : "La température, particulièrement en été, sera à l'origine d'une activité "photochimique". L'action du soleil sur les éléments chimiques conduira à la formation d'ozone en quantité importante.

Si les services météorologiques prévoient une journée pluvieuse, les polluants seront peu présents en phase gazeuse (donc dans l'air) et seront plutôt précipités au niveau du sol avec les gouttes d'eau.

Des vents très faibles et un fort ensoleillement seront, quant à eux, propices à une forte augmentation des teneurs en ozone."

Météorologie et pollution atmosphérique

Report'Air : "En quoi les données météorologiques vous sont-elles utiles pour vos mesures de polluants ?"

Jean-Yves SAISON : "Lorsque les teneurs d'un polluant sont élevées, nous recherchons les conditions météorologiques pour en comprendre les causes (pression atmosphérique forte, ensoleillement important ...).

D'autre part, les données météorologiques nous sont utiles pour prévoir la qualité de l'air du lendemain et pour déclencher les procédures d'information ou d'alerte en cas de prévisions de dépassements des seuils réglementaires. Aujourd'hui, le public demande de plus en plus souvent, d'être informé sur la qualité de l'air qu'il respire, mais également de pouvoir obtenir les prévisions sur la qualité de l'air pour le lendemain, au même titre que les prévisions météorologiques".

Report'Air : "Sur quelles bases, prévoyez-vous la qualité de l'air pour le lendemain ?"

Jean-Yves SAISON : "La démarche de prévision de la pollution atmosphérique est complexe à mettre en place. Les quatre Associations de Surveillance de la Qualité de l'Air du Nord/Pas de Calais travaillent ensemble actuellement, pour développer cette question.

Les données météorologiques ont, comme je le disais précédemment, un impact manifeste sur la qualité de l'air. La prévision de la qualité de l'air s'appuiera donc sur les prévisions météorologiques.

Les émissions de polluants dans l'atmosphère sont relativement constantes, tout au long de l'année : le matin aux heures de pointes (de 7h à 9h), nous mesurons des teneurs élevées d'oxydes d'azote, émis essentiellement par les véhicules. Ce scénario se répète le soir, lorsque les personnes actives quittent leur travail. L'été, les températures sont plus fortes en milieu de journée et entraînent des niveaux importants en ozone. Les émissions de polluants sont donc assez stables. En revanche, les conditions météorologiques le sont moins. C'est pour cette raison que les données météorologiques sont nécessaires.

Tous les jours, nous obtenons les prévisions météorologiques de la région sur 24h et 48h, par les services de Météo-France, et nous les comparons à nos mesures de polluants. Parallèlement aux données de Météo-France, nous disposons de nos propres données. Chaque Association de Surveillance de la Qualité de l'air a, en effet, équipé sa zone de surveillance de plusieurs mâts météorologiques. Elle obtient ainsi des informations sur la direction et la vitesse du vent. Certains points de la région mesurent également le rayonnement solaire.

Lorsque les données météorologiques prévues sont propices à la présence de teneurs élevées de polluants dans l'air, nous pouvons anticiper et affiner notre indice de pollution pour le lendemain. Aujourd'hui, la corrélation des mesures des polluants avec les données météorologiques est empirique, elle se base sur les connaissances qu'a notre technicien de sa région, des émissions sur le secteur, de la météo... Toutes ces informations lui permettent de prévoir l'évolution de l'indice de la qualité de l'air pour le lendemain. Il est prévu, à moyen terme, de s'appuyer sur des modèles statistiques, qui seront néanmoins toujours basés sur les prévisions météorologiques."

"Néanmoins, nous diffusons, d'ores et déjà, chaque soir sur notre site Internet www.airdesbeffrois.org, l'indice de pollution de l'air du jour (sur une échelle de 1 à 10 cf dossier "Surveillance et Information sur la qualité de l'air") ainsi que celui prévu pour le lendemain. Plus cet indice est bas, meilleure est la qualité de l'air."

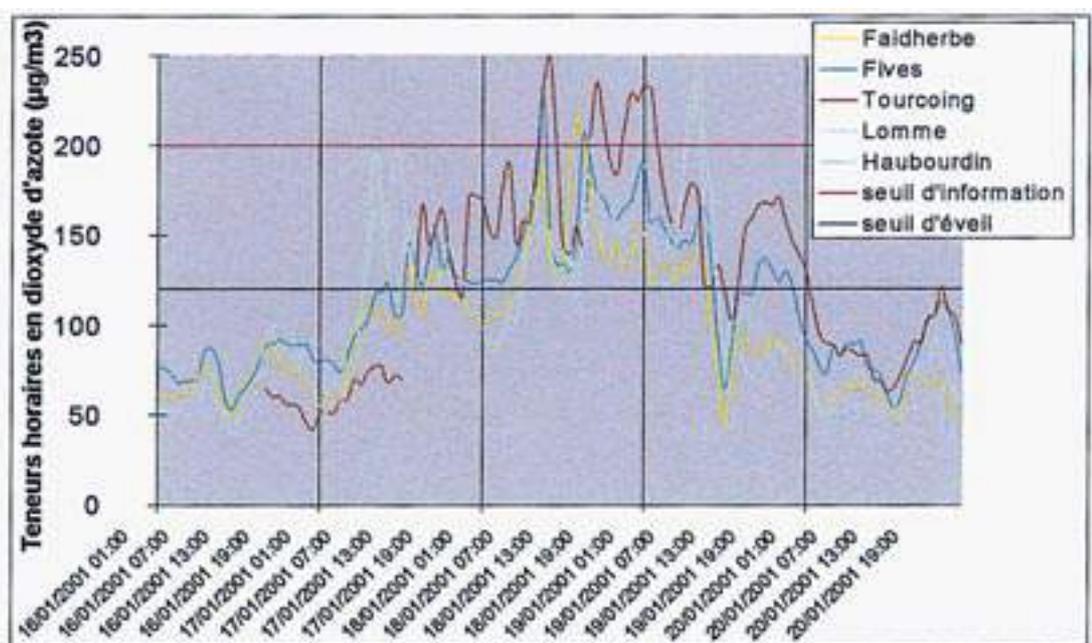


Gros plan sur... L'épisode de pollution de janvier 2001

Les 17, 18 et 19 janvier 2001 ont été marqués, sur l'ensemble de la région Nord/Pas-de-Calais et sur la Picardie, par l'installation d'une période anticyclonique (pression élevée à 1020 hPa). La vitesse des vents, inférieure à 1 m/s, n'assurait plus la dispersion des polluants et les inversions de températures ont maintenu les polluants au niveau du sol. Cela s'est traduit par une élévation très importante des concentrations, visible surtout pour le dioxyde d'azote et les poussières en suspension. La stabilité des masses d'air n'a pas permis, au cours des 3 jours, une légère dispersion de ces polluants.

Résultats des mesures enregistrées sur la métropole lilloise

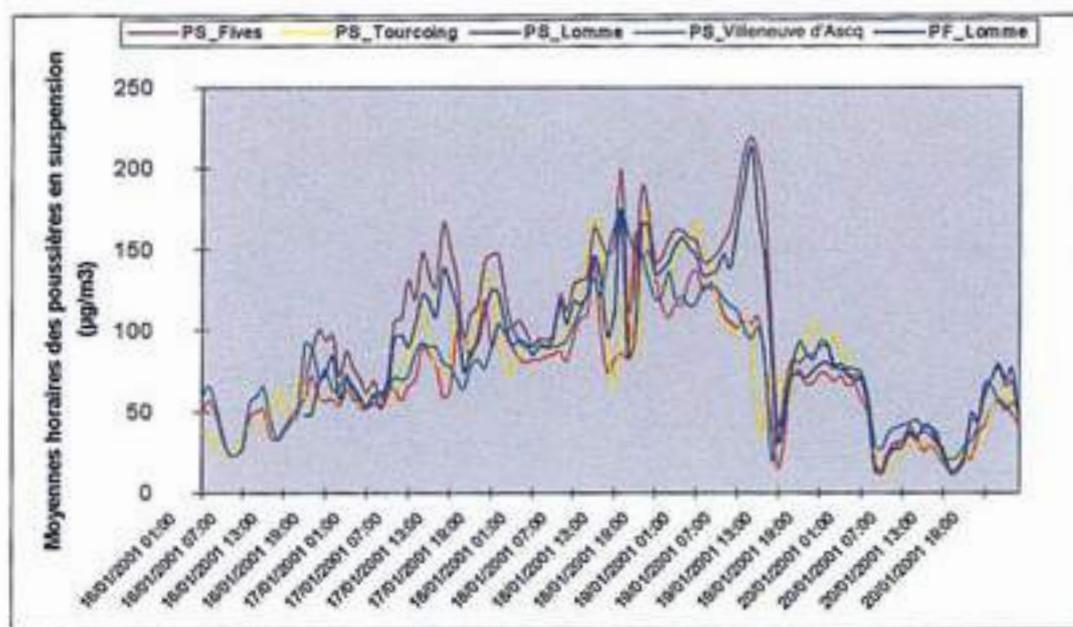
Le dioxyde d'azote



Des concentrations supérieures à 200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ont été enregistrées sur les stations urbaines de Lille Fives et Tourcoing le 18 janvier. Cet air pollué s'est peu déplacé et a été mesuré sur les stations de l'Ouest de l'agglomération (Lomme et Haubourdin) le 19 janvier. Le niveau d'information a été franchi, lors de ces deux journées consécutives.

Météorologie et pollution atmosphérique

Les poussières en suspension



Cette stabilité de l'air a provoqué également une hausse, jamais observée auparavant, des concentrations des poussières. Ces moyennes ont occasionné un sous-indice ATMO égal à 9 "mauvaise qualité de l'air" (supérieur à celui du dioxyde d'azote, égal à 8). Ce polluant a donc été responsable de la qualité d'air mauvaise.



Après la pluie, le beau temps !

1. ENQUETES DE TERRAIN

- Observez les panaches des cheminées d'usines, notez et/ou dessinez leurs formes.
- Notez le jour et l'heure (faire deux relevés dans la journée, le matin vers 9h00 et le soir vers 17h00).
- Relevez les paramètres météorologiques du jour : pression atmosphérique, température de l'air, vent (vitesse, direction), humidité. Décrivez l'ensoleillement et le type de nuages.
- Donnez l'explication sur les conditions de dispersion des fumées et les variations en cours de journée.



2. RECHERCHES METEOROLOGIQUES

- Recherchez sur le site Internet "www.airdesbeffrois.org", les indices ATMO et les tendances du lendemain, calculées par les réseaux de la région Nord / Pas-de-Calais.
- Intégrez sur la carte de France, au verso, les données météorologiques
 - Nom des principales villes
 - Températures mini/maxi
 - Vitesse et direction du vent
 - Pluviométrie
 - Type de temps
 - Indice ATMO

Représentez les zones ensoleillées par le symbole d'un **soleil**, couvertes par un **nuage**, pluvieuses par des **gouttelettes d'eau**.

- Expliquez les variations de l'indice ATMO sur l'ensemble de la France :
 - En fonction du jour de la semaine, de la période de l'année
 - En fonction du type de temps.

3. EXPOSE

Après la lecture de la fiche "pour aller plus loin", dans laquelle interviennent M. MARLIÈRE de Météo-France et M. SAISON de l'AREMA Lille Métropole, réalisez un résumé de leurs explications que vous pourrez présenter à l'ensemble de votre classe.

Météorologie et pollution atmosphérique

- Recherchez le nom des villes et complétez les tableaux de relevés.

The image shows a map of France divided into administrative regions. Ten specific locations are marked with blue dots. Each dot is connected by a thin line to an empty data table. The tables are arranged as follows:

- Top-left: A table with fields for 'Jour', 'Nom de la ville', 'Température mini', 'maxi', 'Pluviométrie', 'humidité', 'Vitesse du vent', 'Direction du vent', 'Type de temps', and 'Indice Atmo'.
- Top-center: A table with fields for 'Jour', 'Nom de la ville', 'Température mini', 'maxi', 'Pluviométrie', 'humidité', 'Vitesse du vent', 'Direction du vent', 'Type de temps', and 'Indice Atmo'.
- Top-right: A table with fields for 'Jour', 'Nom de la ville', 'Température mini', 'maxi', 'Pluviométrie', 'humidité', 'Vitesse du vent', 'Direction du vent', 'Type de temps', and 'Indice Atmo'.
- Middle-left: A table with fields for 'Jour', 'Nom de la ville', 'Température mini', 'maxi', 'Pluviométrie', 'humidité', 'Vitesse du vent', 'Direction du vent', 'Type de temps', and 'Indice Atmo'.
- Middle-right: A table with fields for 'Jour', 'Nom de la ville', 'Température mini', 'maxi', 'Pluviométrie', 'humidité', 'Vitesse du vent', 'Direction du vent', 'Type de temps', and 'Indice Atmo'.
- Bottom-left: A table with fields for 'Jour', 'Nom de la ville', 'Température mini', 'maxi', 'Pluviométrie', 'humidité', 'Vitesse du vent', 'Direction du vent', 'Type de temps', and 'Indice Atmo'.
- Bottom-center: A table with fields for 'Jour', 'Nom de la ville', 'Température mini', 'maxi', 'Pluviométrie', 'humidité', 'Vitesse du vent', 'Direction du vent', 'Type de temps', and 'Indice Atmo'.
- Bottom-right: A table with fields for 'Jour', 'Nom de la ville', 'Température mini', 'maxi', 'Pluviométrie', 'humidité', 'Vitesse du vent', 'Direction du vent', 'Type de temps', and 'Indice Atmo'.

Effets de la pollution atmosphérique sur la santé



Chaque individu respire, en moyenne et par jour, 15 000 litres d'air.

Si nous sommes capables de sélectionner nos aliments ou l'eau que nous voulons boire, nous ne pouvons, cependant, pas choisir l'air que nous respirons.

Les voies respiratoires (bouche, nez, trachée), premières entrées de l'air dans l'organisme, sont également les principales cibles des polluants atmosphériques. Les maladies respiratoires causent près de 40 000 décès par an (4^{ème} cause de mortalité en France). Plusieurs millions de personnes souffrent de problèmes respiratoires plus ou moins graves. Bien évidemment, tous les cas ne sont pas causés par la pollution atmosphérique ; il ne faut pas perdre de vue que le **tabac** est, de loin, la première cause de pathologies respiratoires. Néanmoins, les études menées en France ont montré un lien avéré entre pollution atmosphérique et pathologies.

Les nuisances, occasionnées par les odeurs et le bruit, font également partie intégrante de la pollution. Leurs conséquences dépendent du seuil de tolérance des individus, de leur durée d'exposition et de leur sensibilité.

Les conséquences de la pollution de l'air varient selon différents facteurs :

- Le type de polluant : selon leur composition chimique, les polluants agiront davantage sur les muqueuses de l'appareil respiratoire, sur le système sanguin ou sur les tissus de l'organisme.
- La concentration des polluants.
- La durée d'exposition des personnes, c'est-à-dire le temps pendant lequel l'individu est dans une atmosphère polluée et ingère, inhale ou est en contact avec un ou plusieurs polluants.
- La sensibilité de la personne, qui dépend de son âge et de son état de santé. Les populations dites "sensibles" (enfants, personnes âgées, personnes atteintes de pathologies cardiorespiratoires, femmes enceintes) sont particulièrement affectées par la pollution de l'air.
- L'activité physique. Plus elle est intense, plus la consommation d'air augmente et par conséquent, des quantités plus importantes de polluants sont inhalées.

La pollution atmosphérique est principalement engendrée par les activités humaines, que ce soit à l'intérieur des locaux, où nous passons plus de 80 % de notre temps, qu'à l'extérieur. Dans des habitations ou des lieux de travail mal ventilés, la concentration de composés organiques volatils et de monoxyde de carbone peut atteindre des niveaux très supérieurs à ceux que l'on pourrait trouver à l'extérieur et les effets sur la santé seront, par conséquent, plus sérieux.

Les effets de la pollution se distinguent selon trois types :

- **Les effets subaigus** apparaissent lors de pics de pollution ponctuels. Ils sont désagréables mais ne présentent pas de réelle gravité pour les adultes sains. En revanche, ils peuvent être plus sérieux chez les personnes sensibles. Ils se manifestent par des irritations des yeux, du nez ou de la gorge, des gênes respiratoires, des déclenchements de crises d'asthme, des bronchites...
- **Les effets aigus** se manifestent presque immédiatement après une exposition d'une durée très courte (quelques heures ou quelques jours) avec une concentration importante de polluants. Si les concentrations de polluants sont similaires, ce sont les mêmes effets à l'intérieur ou à l'extérieur de locaux.
- **Les effets chroniques** qui apparaissent sur le long terme (plusieurs années) à la suite d'expositions répétées avec des concentrations peu élevées. Il s'agit notamment d'effets cancérogènes.

L'étude des effets sur la santé de la pollution atmosphérique peut être réalisée à partir de

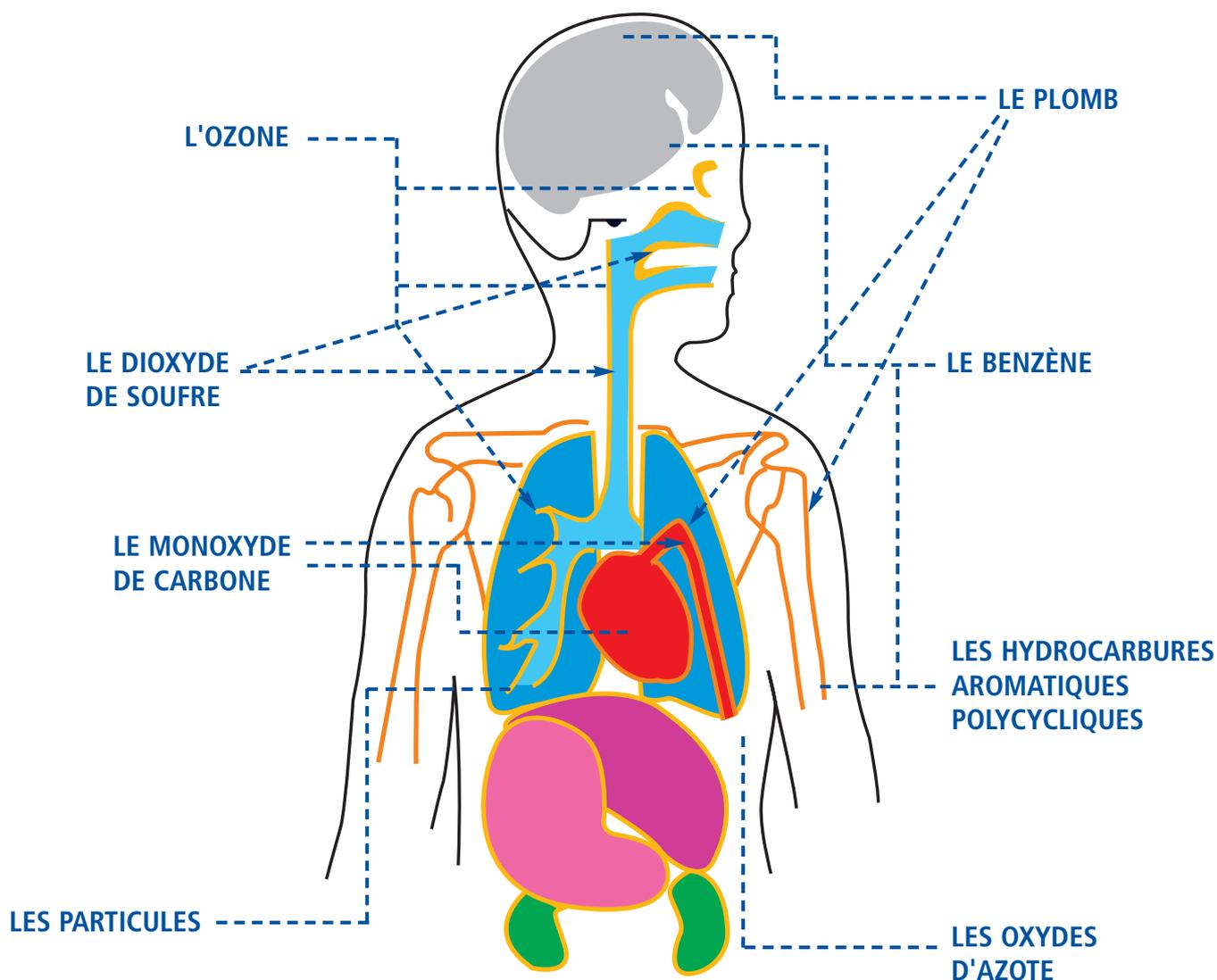
Effets de la pollution atmosphérique sur la santé

différents "outils". Des études fonctionnelles, réalisées sur des sujets sains ou fragilisés, permettent de préciser les concentrations et la durée d'exposition, au-delà desquelles les individus commencent à percevoir des désagréments.

L'étude des intoxications accidentelles, suite à des expositions avec des doses élevées, permettent de préciser les effets et les doses toxiques. Enfin, les études épidémiologiques visent à comparer les effets chroniques chez des personnes qui ont été exposées, sur une longue durée, à la pollution étudiée par rapport à des personnes qui n'ont pas été exposées. Elles étudient un nombre important d'individus pendant plusieurs années et sont, par conséquent, difficiles à mettre en place.

LES EFFETS DES DIFFÉRENTS POLLUANTS SUR L'ORGANISME

Ils se manifestent essentiellement par l'irritation des muqueuses dans les voies respiratoires.



POLLUANTS DANS L'AIR INTÉRIEUR

Effets aigus et subaigus

Céphalées, nausées, vertiges, évanouissement,
troubles cardiovasculaires, décès :
monoxyde de carbone

Irritations (nez, yeux et gorge)
Gênes respiratoire et olfactive :
tabac

Troubles neurologiques
"saturnisme" et hématologiques
Effets rénaux et osseux :
plomb

Irritations bronchiques et
contribution au déclenchement
de crises d'asthme
poussières/particules

Réactions inflammatoires
et allergiques, troubles de la fonction
respiratoire (crise d'asthme...)
**acariens, moisissures,
poils d'animaux**

POLLUANTS DANS L'AIR EXTÉRIEUR

Effets aigus et subaigus

Céphalées, vertiges, irritations des yeux,
troubles de la vision :
**monoxyde de carbone, ozone,
composés organiques volatils**

Gênes respiratoires et irritations du nez,
des yeux, de la gorge,
des poumons et des bronches
et accentuation des crises d'asthme :
**particules, oxydes d'azote,
dioxyde de soufre, ozone**

Irritations bronchiques et contribution
au déclenchement de crises d'asthme
poussières/particules

Troubles du système nerveux,
diminution de la capacité
respiratoire :
**composés organiques volatils
tel que le Benzène**

EFFETS CHRONIQUES :

- Cancer des voies aérodigestives (langue, gorge, œsophage, bronches, poumons) : **tabac**
La fumée de tabac contient de nombreux produits cancérigènes dont les hydrocarbures aromatiques polycycliques tel que le benzo-a-pyrène)
 - Troubles cardiovasculaires : **monoxyde de carbone**
 - Cancers, altérations génétiques : **radioactivité, amiante**
 - Atteinte du tissu pulmonaire : **amiante**
- Propriétés cancérigènes de certains **hydrocarbures aromatiques polycycliques, contenus dans les particules.**

QUE FAIRE EN CAS D'ÉPISODE DE POLLUTION ?

Afin d'éviter ou de réduire les risques d'intoxication, liés à l'exposition des polluants présents dans l'atmosphère, des valeurs limites pour chaque polluant mesuré définissent la concentration et le temps d'exposition au-delà desquels il est conseillé de suivre les recommandations présentées dans le tableau (pour en savoir plus, reportez-vous à la fiche 8)

On distingue 2 seuils : exemple de l'ozone

- Lorsque le "seuil d'information et de recommandation", fixé à 180 µg/m³* sur 1 heure, est atteint, le public en est informé par les médias et il est recommandé aux personnes sensibles d'éviter de sortir.
- Lors du dépassement du "seuil d'alerte", fixé à 360 µg/m³* sur 1 heure, la population est invitée à limiter ses déplacements à l'extérieur.

*Ces seuils sont susceptibles d'évoluer suivant la définition de nouvelles réglementations Européennes.

Le Conseil Supérieur d'Hygiène Public de France a établi, selon différents niveaux de concentration de polluants dans l'air ambiant, des recommandations à suivre lors d'épisodes de pollution.

GROUPES	ACTIVITES	DEPASSEMENT	
		SEUIL D'INFORMATION	SEUIL D'ALERTE
Enfants de moins de 6 ans (crèches, écoles maternelles,...)	Déplacements habituels (domicile/lieu de garde ou école)	Ne pas les modifier	Ne pas modifier les déplacements indispensables mais éviter les promenades
	Récréations ou temps équivalents	Laisser les enfants s'aérer Ne pas modifier les activités sauf pour les personnes sensibles ou qui présenteraient une gêne à cette occasion ; pour eux, éviter les exercices physiques intenses et privilégier les activités calmes.	Eviter les activités à l'extérieur
Enfants de 6 à 15 ans (écoles primaires, collèges, centres aérés,...)	Déplacements habituels (domicile/lieu de garde ou école)	Ne pas les modifier	Ne pas les modifier
	Récréations ou temps équivalents sans activité sportive organisée	Laisser les enfants s'aérer normalement.	Eviter les activités à l'extérieur
	Activités sportives	Ne pas modifier les activités sportives sauf pour les personnes sensibles ou qui présenteraient une gêne à cette occasion ; privilégier, pour eux, les exercices physiques moins intenses, voire suspendre leurs activités.	Eviter les sports extérieurs et privilégier en intérieur les exercices physiques d'intensité moyenne ou faible
	Compétitions sportives	Ne pas modifier les compétitions sauf pour les sujets connus comme sensibles ou qui présenteraient une gêne à cette occasion ; il leur est conseillé de s'abstenir de concourir	Reporter toute compétition qu'elle soit prévue à l'extérieur ou à l'intérieur des locaux
Adolescents et adultes	Déplacements	Ne pas modifier les déplacements prévus	Ne pas modifier les déplacements prévus
	Activités sportives	Ne pas modifier les activités sportives sauf pour les sujets connus comme sensibles ou qui présenteraient une gêne à cette occasion ; privilégier, pour eux, les exercices physiques moins intenses, voire suspendre leurs activités.	Eviter à l'extérieur des locaux les activités violentes et les exercices d'endurance. Privilégier les activités dans les gymnases. Pour les personnes connues comme sensibles ou qui présenteraient une gêne à cette occasion, adapter ou suspendre l'activité physique en fonction de la gêne ressentie.
Adolescents et adultes	Compétitions sportives	Ne pas modifier les compétitions sauf pour les sujets connus comme sensibles ou qui présenteraient une gêne à cette occasion ; il leur est conseillé de s'abstenir de concourir	Déplacer dans la mesure du possible, les compétitions prévues à l'extérieur des locaux. N.B. il incombe aux sportifs de haut niveau de juger de l'opportunité de leur participation à la compétition, en fonction de leur expérience et de l'avis de leur médecin.

Effets de la pollution atmosphérique sur la santé



L'air est un élément vital pour l'homme, qui en respire, en moyenne, 15 000 litres par jour.

Si nous sommes capables de sélectionner nos aliments et l'eau que l'on veut boire, nous ne pouvons cependant pas choisir l'air que l'on respire. Les voies respiratoires (bouche, nez, trachée), premières entrées de l'air dans l'organisme, sont les principales cibles des polluants atmosphériques, présents aussi bien à l'intérieur des bâtiments qu'à l'extérieur.

Les effets de la pollution de l'air sur la santé peuvent varier selon :

- Le **type de polluant** : selon leur composition chimique, les polluants agiront davantage sur les muqueuses de l'appareil respiratoire, sur le système sanguin ou sur les tissus de l'organisme.
- La **concentration des polluants** dans l'air : il s'agit de la "dose" de polluants présents dans l'air. Les concentrations sont, en général, plus importantes dans les locaux (logements et espaces professionnels), dans les villes et à proximité des industries.
- La **durée d'exposition** des personnes, c'est-à-dire le temps pendant lequel on reste dans une atmosphère polluée.
- La **susceptibilité de la personne**, c'est-à-dire sa sensibilité aux polluants. Elle dépend de son âge et de son état de santé. Les personnes "sensibles" (enfants, personnes âgées, personnes atteintes de pathologies cardiorespiratoires) sont particulièrement affectées par la pollution de l'air.
- L'**activité physique** : plus elle est intense, plus la consommation d'air augmente.



Il existe trois types d'effets :

- Les **effets subaigus** apparaissent lors de pics de pollution ponctuels.
- Les **effets aigus** se manifestent, presque immédiatement après une exposition d'une durée très courte (quelques heures ou quelques jours) avec une concentration importante de polluants. Si les concentrations de polluants sont similaires, ce sont les mêmes effets à l'intérieur ou à l'extérieur de locaux.
- Les **effets chroniques**, qui apparaissent sur le long terme (plusieurs années) à la suite d'expositions répétées avec des concentrations peu élevées.

Les effets de la pollution de l'air sur la santé se manifestent, le plus souvent, par des irritations des voies respiratoires et le déclenchement plus fréquent de crises d'asthme. En cas d'expositions prolongées et répétées, les effets peuvent évoluer vers une altération de la fonction pulmonaire. La composition chimique de chaque polluant agit aussi spécifiquement sur l'organisme.

Les maladies respiratoires causent près de 40 000 décès par an et affectent plusieurs millions de personnes. Tous les cas ne sont pas causés par la pollution atmosphérique, il ne faut pas perdre de vue que le tabac est, de loin, le premier responsable des pathologies respiratoires. Les nuisances occasionnées par les odeurs et le bruit sont également sources de pollution. Leurs conséquences dépendent du seuil de tolérance des individus, de leur durée d'exposition et de leur sensibilité.

Effets de la pollution atmosphérique sur la santé

EFFETS DES POLLUANTS A L'INTERIEUR DES BÂTIMENTS

Monoxyde de carbone

- maux de tête, vertiges, nausées, évanouissement, troubles cardiovasculaires
- risques de décès à fortes doses

Tabac

- irritations du nez, des yeux et de la gorge
- cancers des voies aérodigestives (langue, gorge, œsophage, bronches, poumons)

Plomb

- troubles du cerveau "saturnisme", problème dans la fabrication du sang
- effets rénaux et osseux

Poussières/particules

- irritations des fonctions respiratoires
- contribution au déclenchement de crises d'asthme

Acariens, moisissures

- réactions inflammatoires et allergiques

Poils d'animaux / pollens

- troubles de la fonction respiratoire (déclenchement de crises d'asthme)

Amiante

- atteintes du tissu pulmonaire
- cancers



EFFETS DES POLLUANTS A L'EXTERIEUR

Monoxyde de carbone

- migraines, vertiges, nausées, troubles cardiaques

Ozone

- irritations des yeux, de la gorge et des bronches
- irritations des voies respiratoires (toux)

Composés organiques volatils

(ex : le benzène)

- troubles du système nerveux
- diminution de la capacité respiratoire
- risques de cancer si les doses sont fortes pour certains COV

Dioxyde d'azote

- fragilisation de la muqueuse pulmonaire et des bronches

Poussières/particules

- infections des bronches et des poumons
- altération des fonctions pulmonaires
- propriétés cancérogènes de certains Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques, contenus dans les particules

Plus les poussières sont fines, plus elles pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire

Dioxyde de soufre

- inflammations pulmonaires
- accentuation des crises d'asthme

Radioactivité

- cancers, altérations génétiques

Recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Public de France à suivre en cas d'épisodes de pollution atmosphérique

	Seuil d'information et de recommandation *	Seuil d'alerte *
Personnes "sensibles"	<ul style="list-style-type: none"> • éviter les exercices physiques intenses • privilégier les activités calmes 	<ul style="list-style-type: none"> • éviter les activités à l'extérieur • à l'intérieur, privilégier les activités physiques d'intensité faible ou moyenne
Adolescents et adultes	<ul style="list-style-type: none"> • ne pas modifier ses déplacements • ne pas modifier ses activités sportives 	<ul style="list-style-type: none"> • éviter les activités à l'extérieur • ne pas modifier ses déplacements habituels • reporter toute compétition sportive, prévue à l'intérieur comme à l'extérieur

*On entend par **seuil d'information et de recommandation**, le niveau à partir duquel les pouvoirs publics informent de la situation. Ils mettent en garde les personnes sensibles et recommandent des mesures destinées à la limitation des émissions.

*On entend par **seuil d'alerte**, le niveau au delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine, à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

Effets de la pollution atmosphérique sur la santé



Evaluez vos connaissances

Activité 1 :

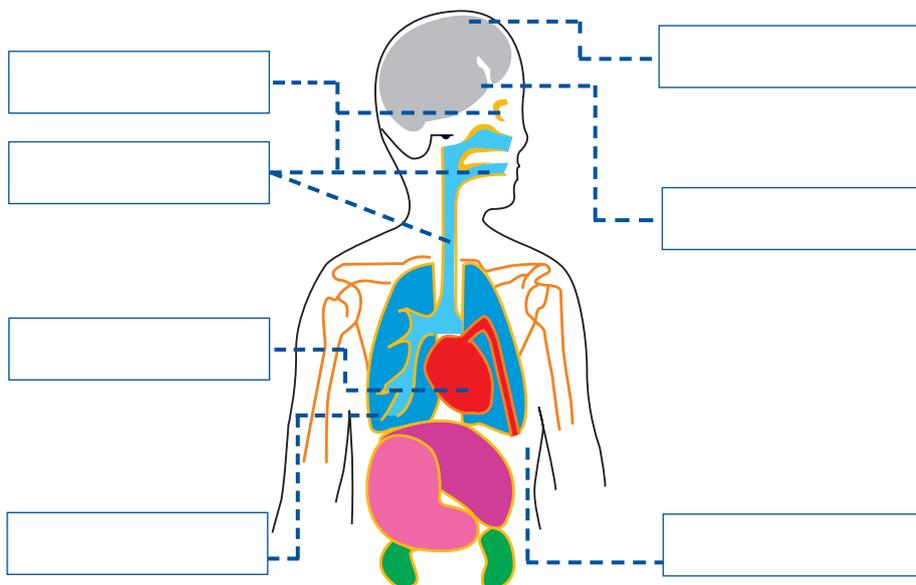
Répondez par vrai ou faux aux affirmations suivantes :

- 1 - Les maladies respiratoires causent près de 5 000 décès par an en France. VRAI FAUX
- 2 - Le tabac est le premier responsable des pathologies respiratoires. VRAI FAUX
- 3 - Les odeurs et le bruit sont des sources de pollution atmosphérique. VRAI FAUX
- 4 - Les effets de la pollution de l'air sur la santé se manifestent, le plus souvent, par des irritations de la peau. VRAI FAUX
- 5 - Les concentrations de composés organiques volatils sont, en général, plus importantes dans les locaux (logements et espaces professionnels), dans les villes et à proximité des industries. VRAI FAUX
- 6 - Les conséquences des polluants sur la santé dépendent du seuil de tolérance des individus, de leur durée d'exposition et de leur sensibilité. VRAI FAUX
- 7 - Le " saturnisme " est une maladie causée par les acariens. VRAI FAUX
- 8 - Une exposition au monoxyde de carbone peut provoquer des migraines, des nausées voire des troubles cardiovasculaires. VRAI FAUX
- 9 - Lorsque l'on atteint le seuil d'alerte pour un polluant, il est recommandé d'éviter les activités à l'extérieur. VRAI FAUX

Activité 2 :

Placez sur le schéma ci-dessous le / les polluant (s) ayant des effets sur la partie du corps désignée.

- Monoxyde de carbone
- Tabac
- Plomb
- Ozone
- Oxydes d'azote
- Dioxyde de soufre
- Benzène
- Poussières / particules



Effets de la pollution atmosphérique sur la santé

Activité 3 :

En vous reportant aux dossiers 2 "les polluants", 4 "les effets sur la santé", et 6 "la pollution de l'air intérieur", complétez le tableau ci-dessous sur les origines et les effets sanitaires de chaque polluant :

POLLUANT	ORIGINES	EFFETS SUR LA SANTE
acariens		
amiante		
dioxyde d'azote		
dioxyde de soufre		
monoxyde de carbone		
ozone		
plomb		
pollens		
poussières/particules		
radioactivité		
tabac		

Activité 4 :

Dans le Nord/Pas-de-Calais, il existe 4 organismes chargés de mesurer la qualité de l'air. Voici les relevés des mesures de l'une d'entre elles, lors d'une journée :

	Dioxyde de soufre	Dioxyde d'azote	Ozone
• Quantité minimale	7	26	38
• Quantité maximale	570	79	115
• Seuil d'alerte* exprimé dans les mêmes unités	600	400	360

Quantités horaires de gaz polluants mesurées en microgrammes dans 1 m³ d'air

Par l'activité respiratoire, un organisme humain ventile environ 15 m³ d'air par jour.

- Indiquez si le seuil d'alerte a été approché pour un ou plusieurs polluants. Si oui, lesquels ?
- Précisez les mesures qui pourraient être mises en place pour éviter ces pointes de pollution.
- Calculez la quantité maximale de dioxyde de soufre, de dioxyde d'azote et d'ozone que vous avez été susceptible de respirer au cours de cette journée.
Convertissez vos résultats en milligrammes (1 mg = 1000 microgrammes)

*Une procédure nationale prévoit, en cas de dépassement des seuils horaires prédéfinis par certains polluants, l'information et l'alerte de la population.

Effets de la pollution atmosphérique sur la santé



Interview de Christophe Declercq

Médecin chargé d'études à l'Observatoire Régional de la Santé Nord - Pas de Calais

Qu'est-ce-que l'ORS ?

L'Observatoire Régional de la Santé Nord - Pas de Calais est une association loi 1901 qui a pour mission de contribuer à améliorer la connaissance de l'état de santé de la population.

En quoi les missions de l'ORS diffèrent-elles des missions de la DDASS ?

La Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales est un service déconcentré du Ministère de la Santé, qui a une vocation de décision.

L'ORS, grâce aux études qu'il mène, apporte des éléments de connaissance qui permettent d'aider à la décision des différents acteurs de santé publique que sont les élus locaux et régionaux, la DDASS, le Ministère de la santé.

Quel est votre rôle au sein de l'ORS ?

Je suis chargé d'études (formation de médecin épidémiologiste). Je réalise soit des synthèses de connaissance, à partir de données disponibles dans la littérature, ou je mène des enquêtes comme, par exemple, sur les liens entre la santé et l'environnement.

Alors la pollution atmosphérique est-elle dangereuse pour la santé ?

A forte dose, la pollution atmosphérique peut tuer et peut avoir des conséquences significatives pour la santé comme l'ont montré les grands épisodes de pollution (Smog de Londres, de Pennsylvanie, de Belgique).

La question à l'heure actuelle est de savoir si les niveaux actuels rencontrés dans des villes, comme Lille, peuvent présenter des effets sur la santé. Les épidémiologistes ont apporté beaucoup d'éléments de connaissance ces vingt dernières années : même si les niveaux de pollution rencontrés sont plus faibles que par le passé, l'impact de la pollution sur la santé reste significatif. L'impact, sur le court terme, des variations de la pollution de l'air sur la santé s'évalue à partir des indicateurs de mortalité, d'entrées hospitalières, des crises d'asthme...

Cet impact est assez faible et ne peut pas être identifié par les médecins, dans leur clientèle. Il est mis en évidence par des techniques statistiques fines.

Quels effets observez-vous ?

Les effets de la pollution atmosphérique portent principalement sur l'appareil respiratoire.

L'appareil respiratoire est une interface entre l'homme et son environnement, c'est à dire qu'une affection respiratoire aura aussi des conséquences plus générales. Par exemple, les effets à court terme se reflètent sur la mortalité totale : ils sont significatifs sur la pathologie respiratoire mais aussi sur la pathologie cardiaque.

Les variations de la pollution d'un jour à l'autre vont faire varier la mortalité. Les dernières études américaines montrent que la pollution a des effets, à long terme, sur la mortalité donc sur l'espérance de vie.

Comment évalue-t-on l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé ?

Pour évaluer cet impact, on a recours aux méthodes de l'épidémiologie.

Celles-ci consistent à croiser des indicateurs grâce à des techniques statistiques.

Pour la pollution de l'air, on croisera

• des indicateurs de santé

- données de santé individuelles : utilisation d'un débitmètre de pointe pour connaître la capacité respiratoire ;
- données globales : nombre de décès, nombre d'entrées hospitalières par jour.

• avec **des indicateurs d'exposition** (concentration des polluants dans l'air). Cette exposition varie très fortement d'un individu à l'autre car elle est très liée à leur environnement domestique (mode de chauffage utilisé, fumeurs dans leur entourage, hygiène de vie...)

On essaie donc de se placer dans une situation moyenne d'exposition : les données des associations de mesure de la qualité de l'air fournissent les informations sur les concentrations moyennes rencontrées dans l'air ambiant.

La difficulté des études est que l'on n'est pas en laboratoire : il faut donc éliminer tous les facteurs de confusion, c'est à dire les facteurs autres que la pollution qui peuvent avoir des effets sur la santé. Par exemple : la météorologie. Quand il fait froid, il y a plus de décès notamment liés aux épidémies de virus.

Effets de la pollution atmosphérique sur la santé

Dans vos études, utilisez-vous des cobayes humains ?

L'épidémiologie ne travaille pas sur des cobayes humains puisqu'elle travaille sur la vraie vie dans toute sa complexité (mélange de polluants) et avec tous ses facteurs de confusion. Pour analyser les effets des polluants pris isolément, on peut travailler aussi avec des données expérimentales sur des cellules isolées (macrophages alvéolaires) et éventuellement sur des animaux et des cobayes humains. L'expérimentation et l'épidémiologie sont complémentaires pour mieux comprendre les différents effets de la pollution sur la santé.

En quoi le travail des associations de mesure de la qualité de l'air peut-il vous aider ?

Pour avoir une idée de l'impact sanitaire des polluants, il faut d'abord évaluer l'exposition de la population à la pollution et donc mesurer systématiquement les teneurs de ces polluants dans l'air. Les études épidémiologiques, effectuées depuis une quinzaine d'années, n'ont été possibles que depuis l'existence des réseaux de mesure. Ils permettent de connaître à tout moment les concentrations des polluants dans l'air. Les données des réseaux de mesure sont donc essentielles.

Les études épidémiologiques sont réalisées en fonction de la nature et du nombre des polluants mesurés mais également en fonction du nombre d'années de mesure disponibles.

Inversement, l'épidémiologie a permis de constater que les particules très fines sont les plus néfastes pour la santé. C'est pourquoi, les réseaux de mesure modifient leurs mesures vers les poussières très fines.

Quelles sont les études menées dans la Région ?

2 types d'études sont en cours :

- Un programme est mené par l'Institut de Veille Sanitaire, dans 9 grandes agglomérations françaises : Bordeaux, Le Havre, Lille, Lyon, Marseille, Paris, Rouen, Strasbourg, Toulouse. L'Institut de veille Sanitaire s'est associé avec la DDASS et l'ORS. Le but de cette étude est, dans le cadre de la loi sur l'air, de surveiller l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé dans plusieurs métropoles. Les premiers résultats ont porté sur la mortalité. La suite du programme sera basé sur les admissions hospitalières.

- Une étude plus ponctuelle avec l'AREMA Lille Métropole/ORS/ APPA : recherche d'un lien entre les concentrations d'ozone et la fonction respiratoire de l'enfant. Chaque année, les enfants évaluent leur capacité respiratoire grâce à l'utilisation de débitmètre de pointe. Un impact non négligeable a pu être montré. Le même type d'étude avait été mené dans une zone soumise à la pollution industrielle

avec la collaboration d'OPAL'AIR au début des années 90.

La situation de la Région Nord-Pas de Calais est-elle plus inquiétante que celle du reste de la France ?

L'impact de la qualité de l'air sur la santé est le même sur la métropole lilloise que dans les autres grandes agglomérations urbaines : cet impact est moyen.

Dans la région, il existe des zones exposées à la pollution industrielle (exposition au dioxyde de soufre, aux particules, au plomb, aux métaux lourds). Si l'on compare les résultats de l'étude des 9 villes, dont une d'entre elles était industrielle (Le Havre), l'impact de la pollution de l'air sur la santé, dans la ville industrielle, est plus important car les niveaux de pollution observés sont plus élevés.

Que doit-t-on faire pour se protéger de la pollution ?

En cas de pic de pollution, il est conseillé, pour les personnes sensibles (jeune enfant, personne âgée, asthmatique, bronchitique chronique), de suivre les consignes diffusées à la radio ou à la télé et de demander conseil au médecin. Il est également préférable, pour un jeune enfant d'éviter les efforts physiques à l'extérieur et de rester à l'intérieur des maisons (à condition de ne pas être exposé aux fumées de tabac).

En dehors de ces cas particuliers, c'est en tant que citoyen qu'il faut agir pour réduire la pollution de fond.

Individuellement, nous devons adopter des pratiques qui permettent de réduire les émissions de polluants, notamment en matière de transport. Collectivement, il est demandé aux municipalités de s'engager sur des plans d'aménagement des villes.

Est ce vous, qui fixez, pour les polluants, les normes à ne pas dépasser ?

L'ORS n'apporte qu'une contribution comme toutes les structures qui effectuent des études sur la santé.

L'élaboration d'une norme au niveau européen est le fruit d'une négociation, dans laquelle les études scientifiques sur la santé et sur la métrologie ainsi que les enjeux économiques sont pris en considération.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) peut recommander, aux gouvernements, des niveaux de polluants à ne pas dépasser sur la base de toutes ces connaissances scientifiques.

Question subsidiaire : Quelles études faut-il suivre pour travailler à l'ORS ?

Les profils sont assez différents au sein de l'ORS, qui emploie une quinzaine de personnes.

Ces personnes ont suivi, soit une formation en médecine, soit un cursus universitaire en biologie, en sociologie, en épidémiologie, ou en statistiques.

Effets de la pollution atmosphérique sur la santé



Etude de l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé dans 9 villes françaises

Dans le contexte de la loi sur l'air et de l'utilisation rationnelle de l'énergie de décembre 1996, qui prévoit une "surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé", les ministères chargés de l'Environnement et de la Santé ont demandé à l'Institut de Veille Sanitaire d'étudier les effets de la pollution atmosphérique sur la santé en milieu urbain.

Objectifs et méthodologie de l'étude

Cette étude consiste à analyser les relations entre les indicateurs de pollution atmosphérique et les données de mortalité hospitalière sur la période 1990/1995, dans neuf agglomérations françaises (Bordeaux, Le Havre, Lille, Lyon, Marseille, Paris, Rouen, Strasbourg, Toulouse). Chacune de ces agglomérations, retenues pour l'étude, diffèrent par ses conditions climatiques, ses sources et ses niveaux de pollution.

A Lille, l'étude a été animée par la CIRE (Cellule Interrégionale d'Épidémiologie) et par l'ORS (Observatoire Régional de la Santé) à partir des données de l'AREMA Lille Métropole (pour les mesures de pollution) et de l'INSERM* (pour les données sur la mortalité).

Indicateurs de pollution à Lille

Il est construit à partir de 4 stations de fond ayant fonctionné sur la période 1990-95. Il s'agit des stations de Marquette, de Roubaix, de Lomme et de Villeneuve d'Ascq. Sur cette période, seules les séries de mesures du dioxyde de soufre **SO₂** ont un historique suffisant pour être utilisées.

Pour chaque station, les moyennes journalières sont calculées et les valeurs manquantes sont remplacées à partir des 3 autres séries. La série finale est réalisée à partir de la moyenne des 4 séries reconstituées.

Indicateurs de santé

Les données utilisées concernent le **nombre journalier de décès** selon 3 rubriques :

- la mortalité toutes causes hors symptômes, signes et états morbides mal définis ;
- la mortalité par maladie de l'appareil respiratoire ;
- la mortalité par maladie de l'appareil circulatoire.

Le nombre moyen de décès (pour les 3 rubriques) par jour, dans la Communauté urbaine de Lille, est de 22 entre 1990 et 1995.

L'ensemble de ces données ont permis d'estimer, en fonction des niveaux de pollution observés dans chacune des agglomérations, le taux annuel de **mortalité anticipée***, attribuable à la pollution, pour 100 000 habitants.

mortalité anticipée * : il s'agit de décès qui surviennent, un jour donné, en relation avec la pollution, indépendamment de l'âge ou d'autres facteurs de risque et qui, en l'absence de pollution ce jour là, ne se seraient pas produits.

*INSERM : Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale.

Effets de la pollution atmosphérique sur la santé

Résultats de l'étude

A partir des données utilisées, il est possible de calculer, pour 100 000 habitants, le taux annuel cumulé de décès "anticipés*" attribuables à la pollution.

En prenant en compte les facteurs susceptibles de biaiser ces relations, l'analyse a montré que l'impact sur la mortalité, pour une même augmentation du niveau de polluant, était comparable d'une ville à l'autre.

De plus, il n'existe pas de seuil en dessous duquel on ne ressent pas les effets de la pollution.

Les résultats de cette étude, présentés dans le tableau ci-dessous, incluent l'ensemble des 9 zones étudiées. Ils sont exprimés en pourcentage (%) d'augmentation de risques de mortalité quotidienne, lorsque les niveaux de pollution de fond augmentent d'un jour à l'autre de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	Dioxyde de soufre	Dioxyde d'azote	Ozone
• Mortalité totale	3,6 %	3,8 %	2,7 %
• Mortalité cardio-vasculaire	5,3 %	4,6 %	2,4 %
• Mortalité respiratoire	5,6 %	4 %	0,8 %

Comment lire le tableau :

Exemple pour le dioxyde de soufre

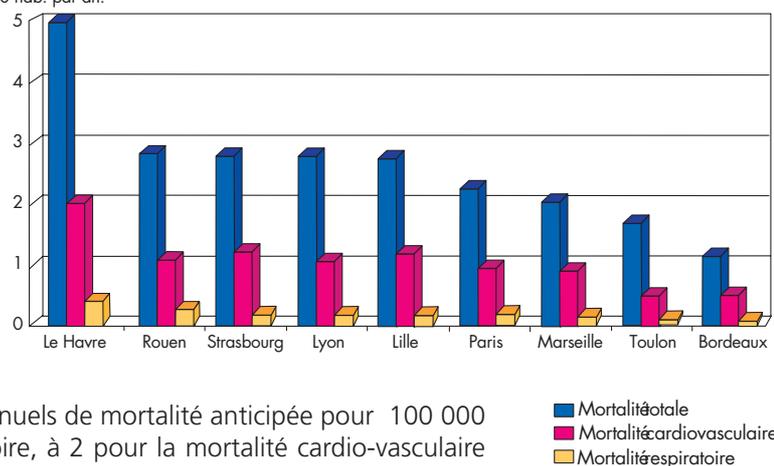
Si la concentration de dioxyde de soufre augmentait de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'un jour à l'autre, le risque de décès anticipés dus à des maladies respiratoires augmenterait de 5,6%, le risque de décès anticipés liés aux maladies cardio-vasculaires augmenterait de 5,3% et le risque de décès anticipés, toutes causes confondues, augmenterait de 3,6%.

Les différences de taux de décès anticipés, observées dans les 9 villes françaises, sont liées aux différences de niveaux d'exposition

à la pollution atmosphérique. Au Havre, les taux annuels de mortalité anticipée pour 100 000 habitants varient de 0,5 pour la mortalité respiratoire, à 2 pour la mortalité cardio-vasculaire et à presque 5 pour la mortalité totale.

A Rouen, Strasbourg, Lyon et Lille, les taux annuels cumulés de décès "anticipés" (pour 100 000 habitants) sont de 0,2 pour la mortalité respiratoire, 1 pour la mortalité cardio-vasculaire et 2,8 pour la mortalité totale. A Marseille, Toulouse et à Bordeaux, ils varient entre 0,04, 0,5 et 2.

taux de décès anticipés pour 100 000 hab. par an.



Dans cette première phase, seule l'association entre la pollution atmosphérique urbaine et la mortalité a été étudiée. Cette étude a permis de montrer qu'il existe bien une relation à court terme entre la pollution atmosphérique et la mortalité respiratoire et cardio-vasculaire. La suite du projet permettra d'étudier l'impact des indicateurs de la pollution sur la morbidité (les admissions hospitalières) pendant la période 1995-1999.

Effets de la pollution atmosphérique sur la santé



Menez votre enquête...

- 1 - A partir du guide d'entretien proposé, interrogez votre entourage pour connaître les effets que peut avoir la pollution atmosphérique sur sa santé.
- 2 - Lorsque vous aurez interrogé une dizaine de personnes, vous pourrez dresser un bilan de vos résultats sous forme de statistiques (pourcentages).
- 3 - Comparez vos résultats avec ceux des autres élèves.

Age de la personne interrogée : ans

Sexe : F H

Commune de résidence :

1. – Etes-vous préoccupé par la pollution atmosphérique ?

très préoccupé légèrement préoccupé pas du tout préoccupé

2. – Avez-vous l'impression que dans la région Nord / Pas-de-Calais, la question de la pollution atmosphérique est prise en compte ?

oui non ne sait pas

3. – Avez-vous déjà dû respirer lors d'un pic de pollution ?

oui non

...Cette question est un indicateur de la compréhension des personnes interrogées. Si une personne vous répond non, demandez-lui comment elle fait pour ne plus respirer ...

4. – Quelle était l'origine de cette pollution ?

voiture industrie chauffage météo autres, précisez :

.....
.....

5. – Avez-vous perçu une odeur lors de ce pic de pollution ?

oui non

6. – Comment avez-vous été informé de ce pic de pollution ?

TV radio presse panneaux électroniques d'information

autres, précisez.....

.....

7. – Où trouvez-vous l'information quotidienne sur la qualité de l'air ?

.....
.....

Qui vous donne cette information ?

.....
.....

Qui mesure la qualité de l'air ?

.....
.....

Effets de la pollution atmosphérique sur la santé

8. – Vous sentez-vous suffisamment informé sur l'état de la qualité de l'air ?

- oui non

9. – Sur quel(s) sujet(s) souhaiteriez-vous être plus informé ?

.....
.....

10. – Existe-t-il une information particulière en cas de pic de pollution ?

- oui non ne sait pas

Si oui, pourquoi ?

.....
.....

11. – Avez-vous déjà ressenti une gêne ou un trouble de santé causé par la pollution atmosphérique ?

- oui non

Si oui, Comment cette gêne/ce trouble de santé s'est-elle (il) manifesté(e) ?

Décrivez les symptômes

.....
.....
.....

Si oui, quelles précautions particulières avez-vous prises ?

.....
.....

12. – Lors d'un pic de pollution, quelle attitude faut-il adopter ?

.....
.....

13. - Parmi les solutions suivantes, lesquelles permettent de réduire la pollution atmosphérique ?

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> pratiquer le co-voiturage | <input type="checkbox"/> utiliser une voiture plus petite |
| <input type="checkbox"/> calfeutrer la maison | <input type="checkbox"/> pratiquer la marche à pied |
| <input type="checkbox"/> prendre les modes de transport alternatif : bus, métro, train | <input type="checkbox"/> mettre de l'essence sans plomb |
| <input type="checkbox"/> filtrer les fumées des usines | <input type="checkbox"/> vivre sur une autre planète |
| <input type="checkbox"/> ouvrir les fenêtres | <input type="checkbox"/> en voiture, adopter une conduite souple et faire régler sa carburation |
| <input type="checkbox"/> on ne peut rien faire | |

Effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement



Impacts de la pollution sur notre environnement

Les mouvements de l'atmosphère terrestre résultent des variations de température entre l'air des régions chaudes et celui des régions froides.

Les polluants émis dans l'atmosphère sont transportés avant de réagir, d'être détruits ou de se déposer sur le sol.

Si la pollution atmosphérique a des effets importants sur la santé des Hommes, elle n'épargne pas non plus les plantes, les animaux, leurs biotopes, les constructions, et même le fonctionnement climatique de notre planète.

Impacts de la pollution sur l'environnement : les bâtiments et les végétaux

Les bâtiments

La pollution atmosphérique contribue à la dégradation des matériaux de construction de plusieurs manières :

- attaque des pierres :

L'exemple des pierres calcaires :

Ces roches carbonatées (carbonate de calcium CaCO_3) subissent une réaction chimique sous l'effet des pluies "acides".



- noircissement : les particules en suspension, par dépôt, finissent par former une pellicule noire sur la pierre
- corrosion des métaux : l'acidité des pluies accélère la dégradation des métaux. Les toitures en zinc, les gouttières, ou les monuments en bronze peuvent subir des altérations ou des décolorations.

Ces phénomènes affectent notamment les monuments anciens et les centres historiques des villes. La pollution atmosphérique aurait plus endommagé l'Acropole d'Athènes ces 50 dernières années que l'érosion naturelle depuis 25 siècles. A Lille, l'église Saint-Maurice, abîmée par la pollution, a été récemment rénovée.



Les végétaux

Les polluants de l'air peuvent :

- agir directement sur l'activité photosynthétique des plantes : perturbation du fonctionnement des stomates, inhibition des réactions photosynthétiques (par inhibition enzymatique ou encore atteinte des photosystèmes)
- provoquer des nécroses foliaires et des défoliations
- affecter l'appareil racinaire et donc diminuer l'absorption d'éléments nutritifs

Effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement

Au travers de deux exemples de polluants, on peut déterminer des seuils de toxicité pour les végétaux.

Le dioxyde de soufre SO₂ :

Ses effets sur les végétaux sont connus depuis longtemps. Il a été démontré que des concentrations de l'ordre de 35 à 50 µg.m⁻³ entraînent de nombreux désordres physiologiques et des atteintes de l'appareil photosynthétique des essences forestières (Havas et Huttenen, 1980).

La productivité primaire du Pin sylvestre commence à décroître à des expositions moyennes aussi faibles que 10 µg.m⁻³ de dioxyde de soufre (Grodzinsky, 1984).

Les photo-oxydants (ozone et oxydes d'azote) :

Beaucoup de plantes sont extrêmement sensibles à ces produits et à leurs dérivés, y compris de nombreuses plantes cultivées, provoquant des baisses de rendement. Les photo-oxydants comme l'ozone et les PAN (péroxyacélnitrates) attaquent en priorité le limbe foliaire et les structures cellulaires photosynthétiques.



Nécroses foliaires induites par l'ozone O₃ sur des plants de pommes de terre
(Photo : G. Holmes)
Agricultural Research Service

Introduction au phénomène des pluies acides

On entend par "pluies acides", la dissolution des oxydes de soufre et d'azote dans l'eau de pluie (pH < 5,6). Les retombées peuvent être humides (précipitations) ou sèches (gaz, particules) justifiant l'expression "dépôts acides".

En France, le pH des neiges tombées aux environs de 1800 était égal ou supérieur à 6.

Le pH de l'eau de pluie a connu une baisse importante dans les années 50 - 60 pour atteindre aujourd'hui une valeur moyenne de 5,6, mais des niveaux anormalement bas, inférieurs à 5, ont été enregistrés (voir schéma).

Au contact de l'humidité de l'air, le dioxyde de soufre SO₂ va se transformer en acide sulfureux :



De plus, en présence de rayons ultraviolets, le dioxyde de soufre SO₂ réagit avec l'air pour former du trioxyde de soufre SO₃ :



Ensuite, le trioxyde de soufre SO₃ et l'acide sulfureux H₂SO₃ formés vont se transformer spontanément en acide sulfurique :



De même, le dioxyde d'azote NO₂ formé par les combustions se transformera en acide nitrique au contact du radical hydroxyle OH[·] :



Les phénomènes météorologiques transportent les retombées acides par delà les frontières.

Les retombées acides ne sont pas les seules responsables du dépérissement forestier ; Il survient également sous l'action de facteurs déclenchants (sécheresse ou attaque de ravageurs), voire aggravants (tempête, incendie).

PRÉCIPITATIONS ACIDES
(quelques dates)

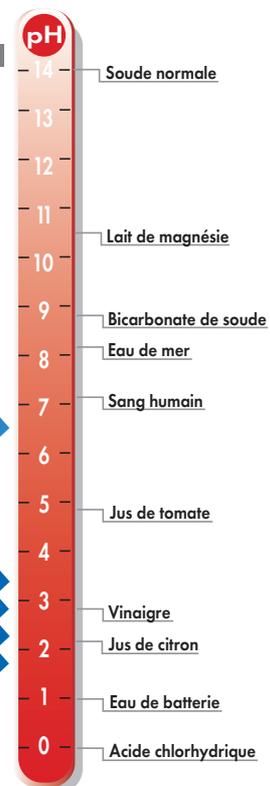
GROËNLAND (NEIGES) 1800

TORONTO (CANADA) 1979

LOS ANGELES (USA) 1980

PITLOCHRY (ECOSSE) 1974

WEELING WEST VIRGINIA 1979



pH et pluies acides.
D'après VIE LE SAGE,
La Recherche, n°131, mars 1982

Les effets de ces pluies acides sur les écosystèmes forestiers sont complexes : ils se manifestent au niveau des feuilles, des racines, et de la physiologie des végétaux. La dégradation de la chlorophylle ou chlorose est visible par le jaunissement des feuilles. Indirectement, les pluies "acides" accroissent la sensibilité des arbres aux ravageurs et aux maladies, et font baisser la productivité primaire par modification de la composition des sols (destruction des micro-organismes participant à la formation de l'humus).

Outre les effets sur les écosystèmes forestiers et les bâtiments, les retombées acides ont un impact direct sur les écosystèmes d'eau douce en acidifiant lacs et cours d'eau et provoquant le dépeuplement de nombreuses espèces.

Introduction au problème de la couche d'ozone.

Il faut distinguer l'ozone troposphérique, polluant secondaire qui se forme sous l'action du soleil et l'ozone stratosphérique (couche d'ozone), vital puisqu'il absorbe des rayonnements ultraviolets (UVB et UVC) dangereux pour la plupart des formes de vie. Sans l'ozone stratosphérique, les UVB et les UVC détruiraient le phytoplancton, endommageraient les cultures et augmenteraient les risques de cataracte et de cancer de la peau chez l'homme. Des recherches ont montré, dans les années 80, que la quantité d'ozone au dessus du continent Antarctique a diminué notablement depuis la fin des années 70. Ce "trou" se creuse d'un printemps austral à l'autre, (70% de la quantité d'ozone disparaît entre les mois de septembre et d'octobre). Une diminution de l'ozone a également été observée dans la stratosphère arctique.

Le rôle des réactifs chlorés

La majorité des scientifiques explique le phénomène du trou d'ozone par l'action des molécules chlorées dans l'atmosphère. Des concentrations en monoxyde de chlore jusqu'à 500 fois supérieures à la normale ont en effet été mesurées au cœur du "trou" d'ozone. Ce chlore provenait essentiellement des chlorofluorocarbones (CFC) rejetés dans l'atmosphère, composés chimiques inertes dans la basse atmosphère mais qui trouvent dans la stratosphère les conditions de température et de pression pour agir sur l'ozone et le détruire. Les CFC servaient de fluides réfrigérants, de gaz propulseurs dans les bombes aérosols, ou d'agents de gonflement dans les mousses isolantes.

Comment stopper la destruction de l'ozone stratosphérique

La Conférence des Nations Unies sur la protection de la couche d'ozone, réunie pour la première fois à Vienne en 1985, compte maintenant plus de 150 pays signataires. Elle a débouché sur plusieurs décisions et protocoles internationaux que l'union Européenne a tous adoptés, interdisant même la production et la consommation de CFC depuis le 1er janvier 1996.

Les CFC des systèmes réfrigérants sont remplacés par des HFC, hydrofluorocarbones, pour éliminer les émissions de chlore. Ceux des aérosols ont été remplacés par des hydrocarbures. Mais la quantité de CFC dans la stratosphère devrait être maximale dans la première décennie du XXIe siècle à cause de leur longévité : la taille du trou d'ozone de l'Antarctique pourrait donc encore s'accroître.



Nécroses sur des feuilles de tréfle induites par l'ozone
(Photo : G. Holmes)
Agricultural Research Service



Exemples de logos présents sur les bombes aérosols

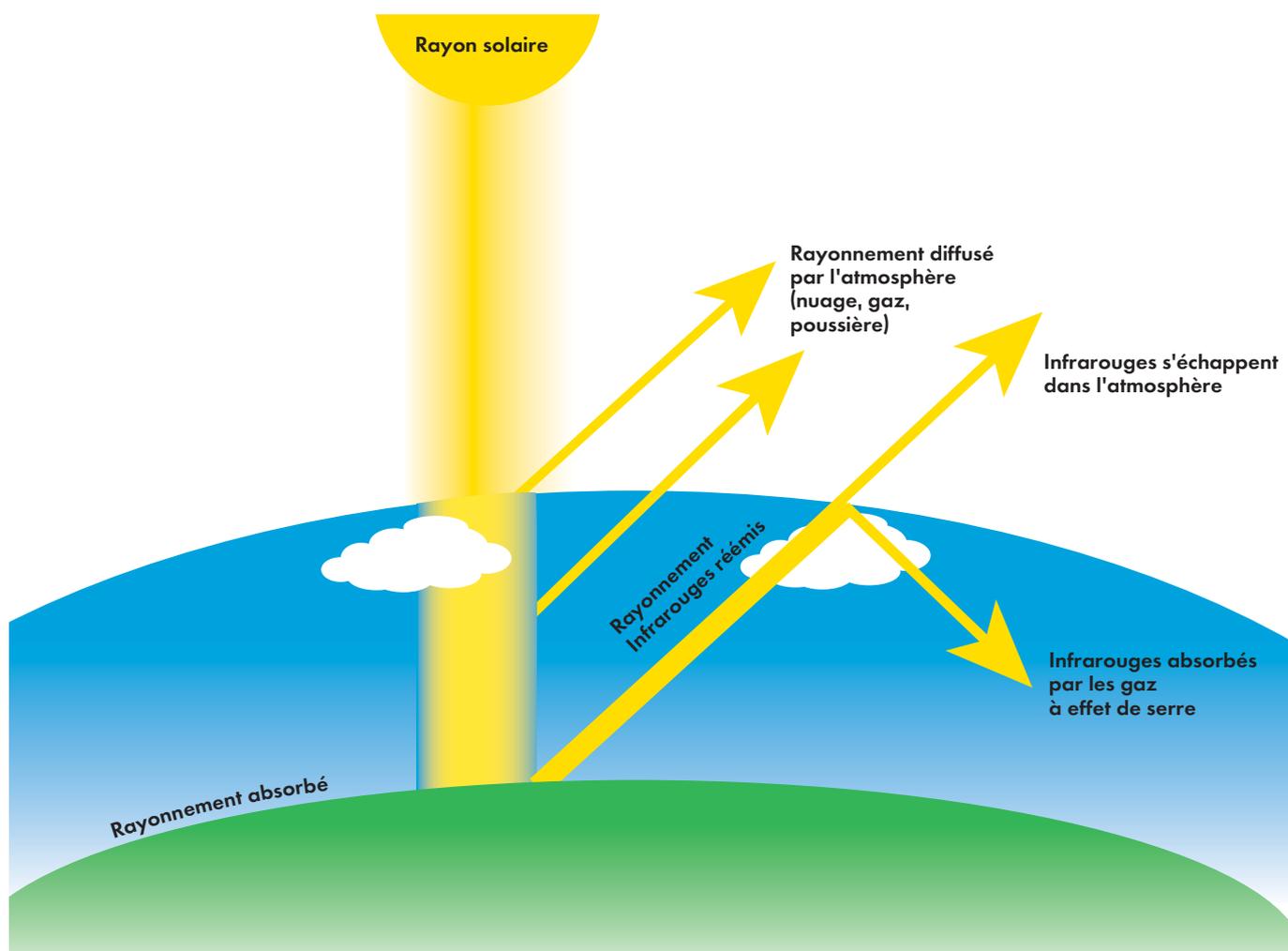
Introduction au problème de l'effet de serre.

L'atmosphère laisse arriver au sol 50% du rayonnement du soleil. Les rayons du soleil traversent l'atmosphère; quelques-uns sont absorbés, par la Terre, sous forme de rayons ultraviolets puis sont réfléchis et renvoyés dans l'espace sous forme de rayonnement infrarouge.

Cette énergie est retenue dans l'atmosphère par les gaz à effet de serre naturellement présents. Agissant telles les vitres d'une serre, certains gaz présents naturellement en faibles quantités dans l'atmosphère, interfèrent avec les rayons infrarouges en les empêchant directement de s'échapper vers l'espace. Cela provoque une hausse de température. Les gaz dits à effet de serre sont le gaz carbonique CO_2 qui ne constitue que 0,035% de l'air (350 parties par million/ppm) mais contribue pour 55% à l'effet de serre, le méthane CH_4 (1,9 ppm/15% de l'effet), le protoxyde d'azote N_2O (0,4 ppm), les chlorofluorocarbones CFC (24% de l'effet) et la vapeur d'eau H_2O .

L'effet de serre est, par conséquent, un phénomène naturel, qui permet ainsi de protéger notre planète du froid de l'espace et d'assurer au sol une température moyenne de 15°C pour permettre la vie sur terre.

Cependant, les activités humaines entraînent une augmentation des concentrations de ces gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Plus les teneurs de ces gaz augmentent et plus les radiations infrarouges sont absorbées dans l'atmosphère entraînant une augmentation de la température globale.



Effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement



Impacts de la pollution sur notre environnement

La source anthropique

L'homme accentue inévitablement l'effet de serre en rejetant dans l'atmosphère ces mêmes gaz par le biais de ses activités. Cette accumulation apparaît quand on compare les concentrations actuelles avec celles du passé : les analyses des bulles d'air emprisonnées dans les glaces prélevées par carottage au Groënland ou en Sibérie montrent que les concentrations en dioxyde de carbone CO_2 et méthane CH_4 sont restées quasiment constantes de la fin de la dernière glaciation jusqu'au XVIII^e siècle. L'augmentation des concentrations s'est accélérée au cours des 100 dernières années, contemporaines de l'ère industrielle.

Quel impact sur le climat ?

Si la contribution de l'homme à l'augmentation de l'effet de serre est assez facilement estimable, il n'en est pas de même pour l'impact sur le climat global.

Dans l'histoire de la planète, le climat n'a cessé de varier selon des cycles plus ou moins évidents ; dans le dernier million d'années, des périodes glaciaires d'environ 100000 ans et des périodes interglaciaires de 10000 à 15000 ans se sont succédées. Au cœur de la dernière époque glaciaire, le niveau de la mer était inférieur de 120 mètres au niveau actuel.

Les activités de l'homme, rejetant des gaz à effets de serre, ont réchauffé la planète. On estime l'augmentation de température liée aux rejets de ces gaz de $+1^\circ\text{C}$ à $+6^\circ\text{C}$ d'ici 2050. Ces chiffres sont très discutés. Les conséquences de l'augmentation de l'effet de serre font l'objet de débats scientifiques.

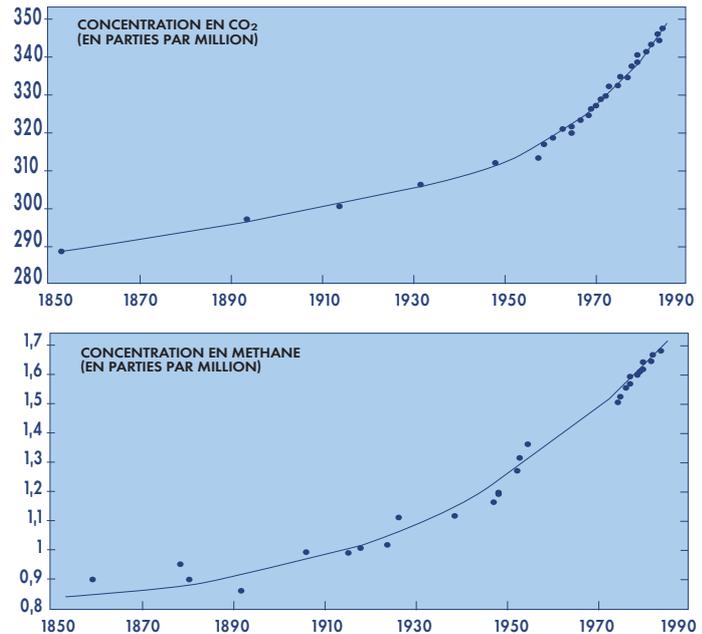
Parallèlement, le GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), très large panel de scientifiques, mis en place en 1988 à la demande du G7, a au fil de ses rapports, confirmé la menace de changement climatique liée à l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre d'origine anthropique.

"La santé humaine, les écosystèmes terrestres et aquatiques et les systèmes socio-économiques (agriculture, exploitation forestière, pêche et ressources en eau, par exemple), éléments indispensables au développement et au bien-être de l'humanité, sont sensibles, à la fois, à l'ampleur et au rythme des variations climatiques" ...

Plusieurs scénarii sont envisagés :

- une élévation du niveau des mers consécutive à la fonte d'une partie des glaces continentales et à la dilatation de l'eau,
- des modifications climatiques locales importantes (désertification, modification du régime des précipitations)
- une recrudescence de certaines maladies comme le paludisme

L'évolution du climat pourrait également avoir des conséquences préjudiciables pour la santé : l'accroissement de la mortalité et des affections (en majorité cardiorespiratoires) ainsi que le risque de recrudescence de maladies infectieuses telles que le paludisme, la fièvre jaune et certaines encéphalites d'origine virale.



Effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement

Lutter contre l'augmentation de l'effet de serre :

Il aura fallu près de 10 ans, et de nombreuses étapes de négociations, pour que la communauté internationale s'accorde sur les modalités concrètes d'une mise en œuvre de ses responsabilités en matière de changement climatique, reconnues en 1992 à la conférence de RIO sur l'environnement et le développement.

Les principales étapes ont été Berlin en 1995 (adoption d'un mandat pour négocier une première étape de réduction des émissions de gaz à effet de serre au-delà de 2000) ; Kyoto en 1997 (adoption par 159 pays d'un protocole qui impose à 38 pays développés de réduire en moyenne de 5% leurs émissions de gaz à effet de serre entre 2008 et 2012 sur la base du niveau de leurs émissions de 1990) ; Buenos Aires en 1998 (adoption d'un plan d'actions pour définir les modalités de mise en œuvre du protocole en insistant sur l'importance des mécanismes d'aide aux pays en développement, sans toutefois en fixer les modalités financières) ; La Haye en 2000 (la conférence n'arrive pas à conclure et décide de suspendre ses travaux pour les reprendre à Bonn).

Quotas de réduction des gaz à effet de serre, fixé par le protocole de Kyoto :

L'objectif de réduction globale est de 5,2% entre 1990 et la période 2008-2012, 8% pour l'Union Européenne, 7% pour les Etats Unis, 6% pour le Canada et le Japon.

Un accord a été conclu le 23 juillet 2001 à Bonn sur les modalités d'application de ce protocole et sur l'assistance financière aux pays en développement. Le succès de cette négociation ouvre la voie à la ratification du protocole et à son entrée en vigueur, que l'Union européenne souhaite effective en 2002. À ce jour, seuls les États-Unis ne se sont pas engagés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre.

Récapitulatif des effets des gaz polluants sur l'atmosphère globale.

Gaz	CO Monoxyde de carbone	CO ₂ Dioxyde de carbone	NO et NO ₂ Oxydes d'azote	CH ₄ Méthane	SO ₂ Dioxyde de soufre	CFC Chloro-fluoro-carbones	O ₃ Ozone
Effet de serre		+		+	-	+	+
Destruction de l'ozone stratosphérique		+/-	+/-	+/-		+	
Dépôts acides			+		+		
Smog			+				+
Corrosion					+		
Réduction de la visibilité			+		+		
Réduction du pouvoir nettoyant de l'atmosphère	+		-	+/-			-

Certains gaz polluants ont des effets variés dans l'atmosphère selon, par exemple, l'altitude à laquelle ils ont été transportés. Le signe + indique une aggravation de l'effet sur l'atmosphère considéré; le signe +/- indique que l'effet varie avec les conditions locales (altitude, ensoleillement); le signe - indique une amélioration

(d'après Graedel et Crutzen, Pour La Science, hors série de juin 1996)

Effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement



Impacts de la pollution sur notre environnement

Impacts de la pollution sur l'environnement : les bâtiments et les végétaux

Les bâtiments

La pollution atmosphérique contribue à la dégradation des matériaux de construction.

- **attaque des pierres** : les édifices anciens sont souvent construits avec des pierres calcaires (carbonate de calcium CaCO_3) qui se dégradent par réaction chimique sous l'effet des pluies acides.
- **noircissement** : les particules en suspension, en se déposant, finissent par former une pellicule noire sur la pierre.
- **corrosion des métaux** : l'acidité des pluies accélère la dégradation des métaux, des toitures en zinc, des gouttières, ou des monuments en bronze.

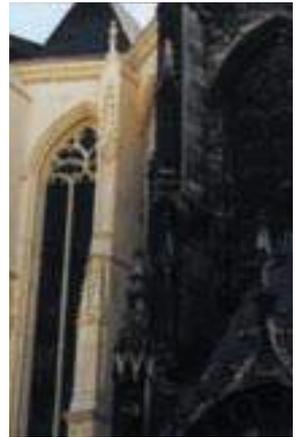
Les végétaux

A certains stades de leur vie (germination, bourgeonnement), les végétaux sont plus sensibles à l'action des polluants.

Certains polluants tels que le dioxyde de soufre SO_2 et l'ozone O_3 affectent aussi les organes matures de la plante comme les feuilles.

Les effets peuvent se manifester par une réduction de la croissance de la plante, une reproduction réduite voire la mort du végétal.

Beaucoup de plantes sont très sensibles à l'ozone, ce qui diminue les rendements agricoles.



Eglise St Maurice à Lille, récemment rénovée



Feuilles de plants de pommes de terre ayant subi des dommages après une exposition à l'ozone. (Photo : G. Holmes) Agricultural Research Service

Le phénomène des pluies "acides"

Qu'appelle-t-on les pluies "acides" ? (voir schéma 1, page suivante)

Ce sont les retombées de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote, humides (précipitations) ou sèches (gaz, particules).

En France, le pH des neiges tombées vers 1800 était égal ou supérieur à 6.

Le pH de l'eau de pluie a diminué dans les années 50 - 60 ; sa valeur moyenne aujourd'hui est de 5,6, mais des valeurs anormalement basses, inférieures à 5, ont été enregistrées (dans les Vosges, le pH des pluies est descendu jusqu'à 4).

Effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement

Comment se forment les pluies "acides" ?

Le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote sont des gaz principalement rejetés par les activités humaines (combustion du charbon et du pétrole, rejets industriels et agricoles). Ils se dissolvent dans les gouttelettes d'eau de l'atmosphère et des nuages et forment divers acides : acide nitrique et acide sulfurique qui peuvent retomber très loin des lieux d'émission des polluants : il s'agit bien d'une pollution sans frontière.

Quels en sont les effets ?

Les retombées acides causent des dommages dans de nombreux écosystèmes. Elles sont responsables de l'acidification de nombreux lacs en Scandinavie et en Amérique du Nord et entraînent le dépeuplement de nombreuses espèces, notamment de poissons (truites, saumons). Ce phénomène participe également au dépérissement des forêts d'Europe, les forêts sur sols acides étant les plus sensibles. Un des effets directs de ces retombées est la dégradation de la chlorophylle ou chlorose, visible par le jaunissement des feuilles. Elles attaquent aussi les équipements extérieurs, les bâtiments et les monuments.

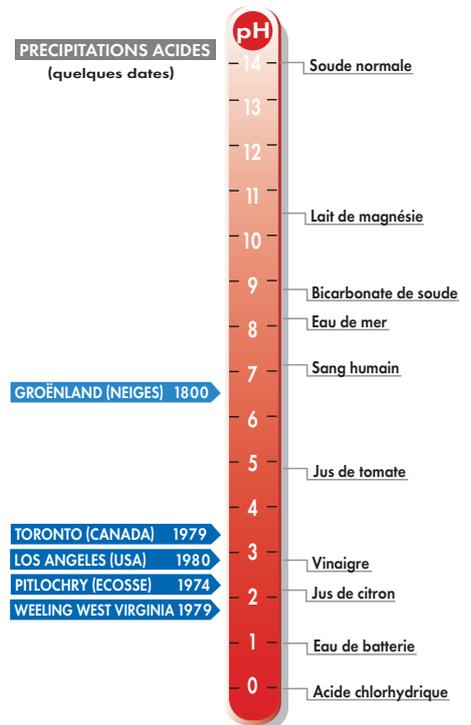


Schéma 1
pH et pluies acides.
D'après VIE LE SAGE,
La Recherche, n°131, mars 1982

Le problème de la couche d'ozone

Qu'est ce que la couche d'ozone ?

A une altitude de 12 à 50 km de la Terre (dans la stratosphère), la couche d'ozone a un rôle bénéfique car elle filtre les rayonnements ultraviolets nocifs émis par le soleil.

L'ozone est aussi présent dans l'air que nous respirons (dans la troposphère), où il est considéré comme un polluant.

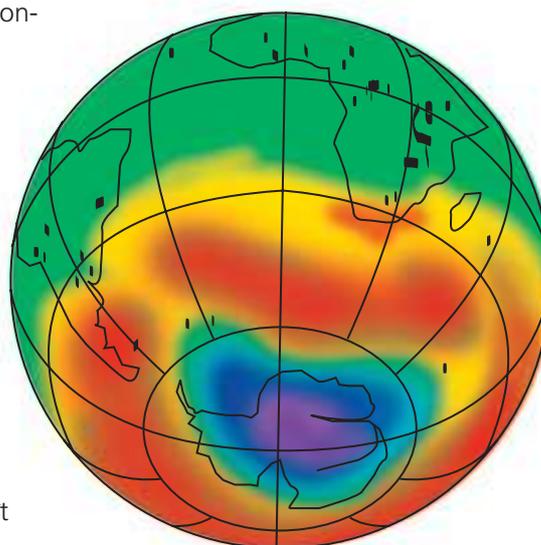
C'est l'ozone stratosphérique qui est concerné par le "trou" d'ozone.

Qu'est-ce que le "trou" d'ozone ?

C'est une diminution saisonnière de la concentration en ozone stratosphérique au dessus des pôles. Elle a été observée pour la première fois dans les années 80. Le "trou" se forme notamment au printemps austral (septembre-octobre) au dessus de l'Antarctique, période pendant laquelle 70% de la quantité d'ozone stratosphérique disparaît. Un "trou" plus petit apparaît aussi au printemps (mars-avril) au dessus de l'Arctique.

Schéma : plus le nombre d'unités Dobson est faible, plus la couche d'ozone est mince.

Total Column Ozone
ERS-2 GOME



Qu'est ce qui cause cette diminution de la couche d'ozone ?

En s'échappant dans l'atmosphère, les CFC (chlorofluorocarbones) se décomposent, libérant des atomes de chlore qui provoquent la transformation chimique de l'ozone en oxygène. Ils étaient émis principalement par les bombes aérosols et les réfrigérateurs, dans lesquels ils servaient de gaz réfrigérants.

Et si le "trou" de la couche d'ozone grandissait ?

Si le "trou" grandit, une quantité plus importante de rayons ultraviolets pourra atteindre la surface de la Terre.

Les conséquences sur les êtres vivants pourraient se manifester par une mortalité accrue du phytoplancton, des dégâts sur les cultures et une augmentation des risques de cancer de la peau et de cataracte chez l'homme.

Comment arrêter la destruction de l'ozone stratosphérique ?

La Conférence des Nations Unies sur la protection de la couche d'ozone réunie pour la première fois à Vienne en 1985 compte maintenant plus de 150 pays signataires. Elle a débouché sur l'interdiction, depuis le 1er janvier 1996, de la production et de la consommation de chlorofluorocarbones CFC des bombes aérosols, remplacés par d'autres gaz propulseurs.

Mais la quantité de CFC dans la stratosphère devrait être maximale d'ici 2010 à cause de leur longue durée de vie, une centaine d'années. La taille du trou d'ozone au-dessus de l'Antarctique pourrait donc encore s'accroître.



Exemples de logos présents sur les bombes aérosols

Le problème de l'effet de serre

Qu'est ce que l'effet de serre ?

L'effet de serre est un phénomène naturel nécessaire à la vie sur Terre, car sans lui notre planète serait beaucoup trop froide.

Lorsque la Terre est réchauffée par le Soleil, elle émet des rayons infrarouges. Ils sont retenus par certains gaz et réchauffent l'atmosphère. Les gaz à effet de serre (vapeur d'eau et dioxyde de carbone) se comportent comme les parois en verre ou en plastique des serres.

Pourquoi augmente-t-il ?

Les activités humaines rejettent dans l'atmosphère, des gaz, par l'utilisation des combustibles fossiles (charbon, pétrole), qui accentuent l'effet de serre.

L'analyse des bulles d'air emprisonnées dans les glaces du Groënland ou de Sibérie montrent que les quantités de dioxyde de carbone et de méthane sont restées constantes jusqu'au XVIIIe siècle. Au cours des cent dernières années, pendant l'ère industrielle, on a observé un accroissement rapide de l'émission de ces gaz.

Quelles pourraient en être les répercussions ?

Les conséquences de cette augmentation de l'effet de serre sur le climat de la Terre ne sont pas faciles à estimer.

On observe actuellement un réchauffement climatique. La Terre ayant vu se succéder, au cours

du dernier million d'années, des périodes de glaciation et des périodes de réchauffement, il est difficile d'attribuer son origine à l'effet de serre.

Toutefois, les scientifiques estiment que l'augmentation de la température due aux activités humaines pourrait être de 1°C à 6°C d'ici 2050.

On observerait alors une élévation du niveau des mers et des océans qui recouvriraient certaines côtes, et des modifications du climat affectant l'agriculture et les milieux naturels.

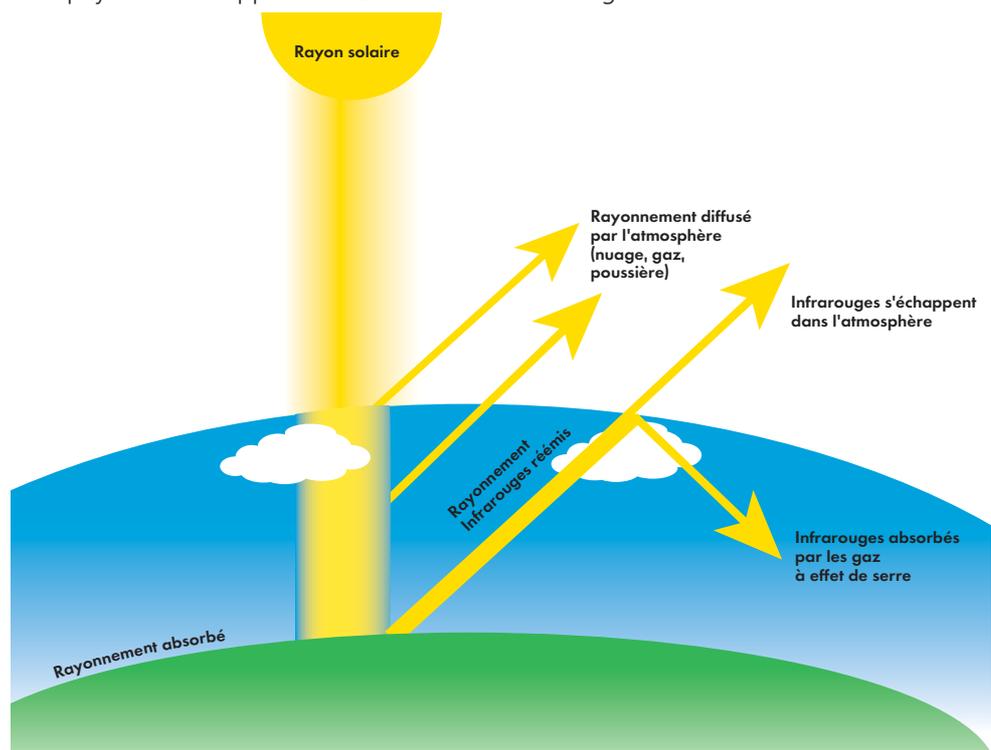
Que faire pour limiter l'augmentation de l'effet de serre ?

Lors de la conférence de l'ONU au sommet de Kyoto (Japon) en décembre 1997 réunissant 159 pays, un accord entre 38 pays industrialisés (dont les USA qui sont les plus grands pollueurs) a été signé pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. L'objectif est de réduire de 5,2 % les émissions de gaz d'ici 2012, en Europe. C'est le premier pas dans la lutte contre l'effet de serre.

Un accord a été conclu le 23 juillet 2001 à Bonn sur les modalités d'application de ce protocole et sur l'assistance financière aux pays en développement. Le succès de cette négociation ouvre la voie à la ratification du protocole et à son entrée en vigueur, que l'Union européenne souhaite effective en 2002.

L'atmosphère laisse arriver au sol 50% du rayonnement du soleil. Les rayons du soleil traversent l'atmosphère, quelques-uns sont absorbés, par la Terre, sous forme de rayons ultraviolets puis sont réfléchis et renvoyés dans l'espace sous forme de rayonnement infrarouge.

Cette énergie est retenue dans l'atmosphère par les gaz à effet de serre naturellement présents. Agissant telles les vitres d'une serre, certains gaz, présents naturellement en faibles quantités dans l'atmosphère, interfèrent avec les rayons infrarouges en les empêchant



directement de s'échapper vers l'espace. Cela provoque une hausse de température. Les gaz dits à effet de serre sont le gaz carbonique CO_2 qui ne constitue que 0,035% de l'air (350 parties par million/ppm) mais contribue pour 55% à l'effet de serre, le méthane CH_4 (1,9 ppm/15% de l'effet), le protoxyde d'azote N_2O (0,4 ppm), les chlorofluorocarbones CFC (24% de l'effet) et la vapeur d'eau H_2O .

L'effet de serre est, par conséquent, un phénomène naturel, qui permet ainsi de protéger notre planète du froid de l'espace et d'assurer au sol une température moyenne de 15°C pour permettre la vie sur terre.

Cependant, les activités humaines entraînent une augmentation des concentrations de ces gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Plus les teneurs de ces gaz augmentent et plus les radiations infrarouges sont absorbées dans l'atmosphère entraînant une augmentation de la température globale.

Effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement



Evaluez vos connaissances

Questionnaire vrai faux

1. La présence d'ozone stratosphérique représente un danger direct pour notre santé. VRAI FAUX
2. Le dioxyde de soufre ne contribue pas à la formation des pluies "acides" VRAI FAUX
3. Si on arrêta maintenant de rejeter des chlorofluorocarbones, leur quantité dans l'atmosphère ne devrait commencer à baisser qu'après 2010 VRAI FAUX
4. Les pluies "acides" sont la cause unique du dépérissement forestier constaté en Europe et en Amérique du Nord VRAI FAUX
5. L'ozone peut faire baisser le rendement de certaines cultures VRAI FAUX
6. Le trou d'ozone au dessus de l'Antarctique garde la même taille tout au long de l'année... VRAI FAUX
7. C'est le fluor des chlorofluorocarbones qui est désigné comme responsable de la formation du trou d'ozone au dessus des pôles VRAI FAUX
8. L'usage des chlorofluorocarbones dans les bombes aérosols est autorisé dans les pays de l'Union Européenne VRAI FAUX
9. Les "pluies acides" peuvent causer des dégâts sur des œuvres d'art en bronze VRAI FAUX
10. Les polluants émis dans l'atmosphère ne retombent sur le sol qu'avec les précipitations ... VRAI FAUX
11. Les Etats Unis sont le premier producteur mondial de gaz à effet de serre VRAI FAUX

Effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement

Quelques expériences

1. Effets du dioxyde de soufre sur une plante

EXPERIENCE A REALISER EN PRESENCE D'UN PROFESSEUR

Matériel nécessaire :

- Un grand sac plastique
- 2 plantes en pot (1 témoin et une exposée)
- un bêcher

Déroulement

Mettez dans le bêcher 2 g de nitrite de sodium, et y verser 2 ml d'acide sulfurique à 5%.

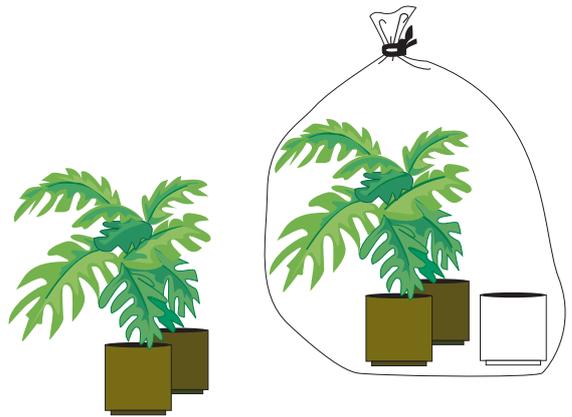
Placez la plante et le bêcher dans le sac plastique.

Fermez immédiatement le sac et laissez 10 minutes au moins avant d'ouvrir le sac.

Observations et conclusions

La réaction va produire une quantité importante de dioxyde de soufre SO_2 , et la concentration atteinte à l'intérieur du sac n'est jamais rencontrée dans l'environnement. Les effets sont donc presque immédiats.

- Comparez l'état de la plante exposée au dioxyde de soufre à la plante témoin (couleur, état des feuilles et état général) quelque temps après l'expérience, puis les deux ou trois jours consécutifs.
- Décrivez en quelques lignes l'évolution de la santé de la plante exposée au dioxyde de soufre.



2. Effets de l'acidité sur les matériaux de construction

EXPERIENCE A REALISER EN PRESENCE D'UN PROFESSEUR

Déroulement

Déposez quelques gouttes d'une solution d'acide chlorhydrique sur des morceaux de plâtre, de ciment, de marbre et de craie.

Observations et conclusions

Notez que l'acidité d'une solution d'acide chlorhydrique employée ici est très supérieure à celle des pluies acides rencontrées dans l'environnement. L'effet est ici beaucoup plus brutal. Remarquez la façon dont la roche est attaquée.

- Proposez une expérience qui permet de récupérer le gaz lors de cette réaction chimique.
- Proposez des tests pour reconnaître le gaz fabriqué.
- Indiquez quel est son nom, sa formule chimique.
- Indiquez quelques propriétés de ce gaz.

3. Mise en évidence de l'effet de serre : réalisation d'une serre

Placez une caisse de bois (contenant un thermomètre électronique) recouverte d'une plaque de verre dans un endroit ensoleillé. Un second thermomètre est placé à côté de la caisse.

Relevez pendant une dizaine de jours à 10h et à 16h les températures ainsi que le type de ciel (dégagé ou couvert). Tracez vos résultats sur un graphique.

- Indiquez ce que représente chacune des courbes
- Précisez pourquoi les deux courbes se rapprochent parfois l'une de l'autre.

Effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement



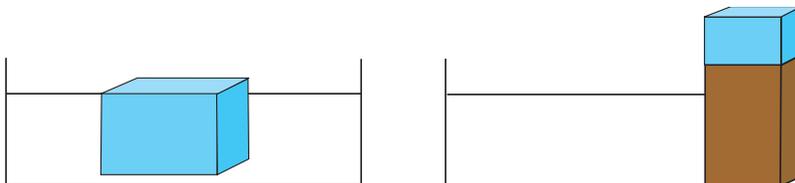
Evaluez vos connaissances

4. Expériences illustrant une conséquence de l'augmentation de l'effet de serre :

Dans un cristalliseur contenant de l'eau, plongez un gros morceau de glace et indiquez le niveau de l'eau sur le récipient avec un marqueur.

Dans un second cristalliseur, placez la glace sur une brique et ajoutez l'eau pour avoir le même niveau dans chaque récipient.

Laissez fondre les deux blocs de glace et observez l'évolution du niveau de l'eau dans chaque cristalliseur.



Observations et conclusions :

- Placez la légende sur le schéma ci-dessus
- Indiquez s'il y a une différence entre les niveaux d'eau au début de l'expérience et à la fin lorsque la glace a fondu entre le premier et le second cristalliseur.
- Le niveau des océans augmenterait-il si les glaces flottantes de la planète (banquise, icebergs) fondaient ?
- Ce niveau augmenterait-il si les glaces des calottes polaires et des glaciers fondaient ?

5. Questionnaire : "Pluies acides"

1. Décrivez ce qu'est l'échelle de pH.
2. Indiquez quel est le pH de l'eau pure et celui d'une eau de pluie normale.
3. Précisez ce que sont les pluies "acides".
4. Indiquez dans quel pays sont tombées les pluies les plus acides.
5. Précisez dans quelle région française on a relevé une acidité des pluies.
6. Citez des polluants gazeux qui contribuent à acidifier l'eau de pluie.
7. Indiquez quels sont les atomes constituant les molécules de ces polluants gazeux.
8. Citez un exemple des conséquences des pluies "acides" :
 - pour les animaux
 - pour les végétaux
 - pour les minéraux

6. Expérience de mise en évidence de la formation des pluies "acides" :

EXPÉRIENCE À RÉALISER À L'EXTÉRIEUR EN PRÉSENCE D'UN PROFESSEUR

- Mesurer le pH de l'eau déminéralisée.
- Placer dans un bocal en verre un têt contenant du soufre préalablement enflammé dans l'air. Bien fermer le bocal puis attendre la fin de la combustion.
- Verser de l'eau déminéralisée dans le flacon. Refermer puis agiter.
- Mesurer ensuite le pH de cette nouvelle solution.
- Saupoudrer de carbonate de calcium (chaulage) la solution obtenue puis attendre quelques minutes. Mesurer à nouveau le pH de la solution.

Effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement

7. Questionnaire : "couche d'ozone"

- Indiquez quel est le rôle de l'ozone de la haute atmosphère. S'agit-il du même gaz que l'ozone de la basse atmosphère ?
- Recherchez où se trouve l'Arctique, l'Antarctique.
- Indiquez laquelle de ces deux régions est la plus touchée par la diminution de la couche d'ozone.
- Recherchez quelles peuvent être les conséquences sur l'homme de la disparition de la couche d'ozone.
- Recherchez le symbole de l'atome de chlore.

Réponses du questionnaire

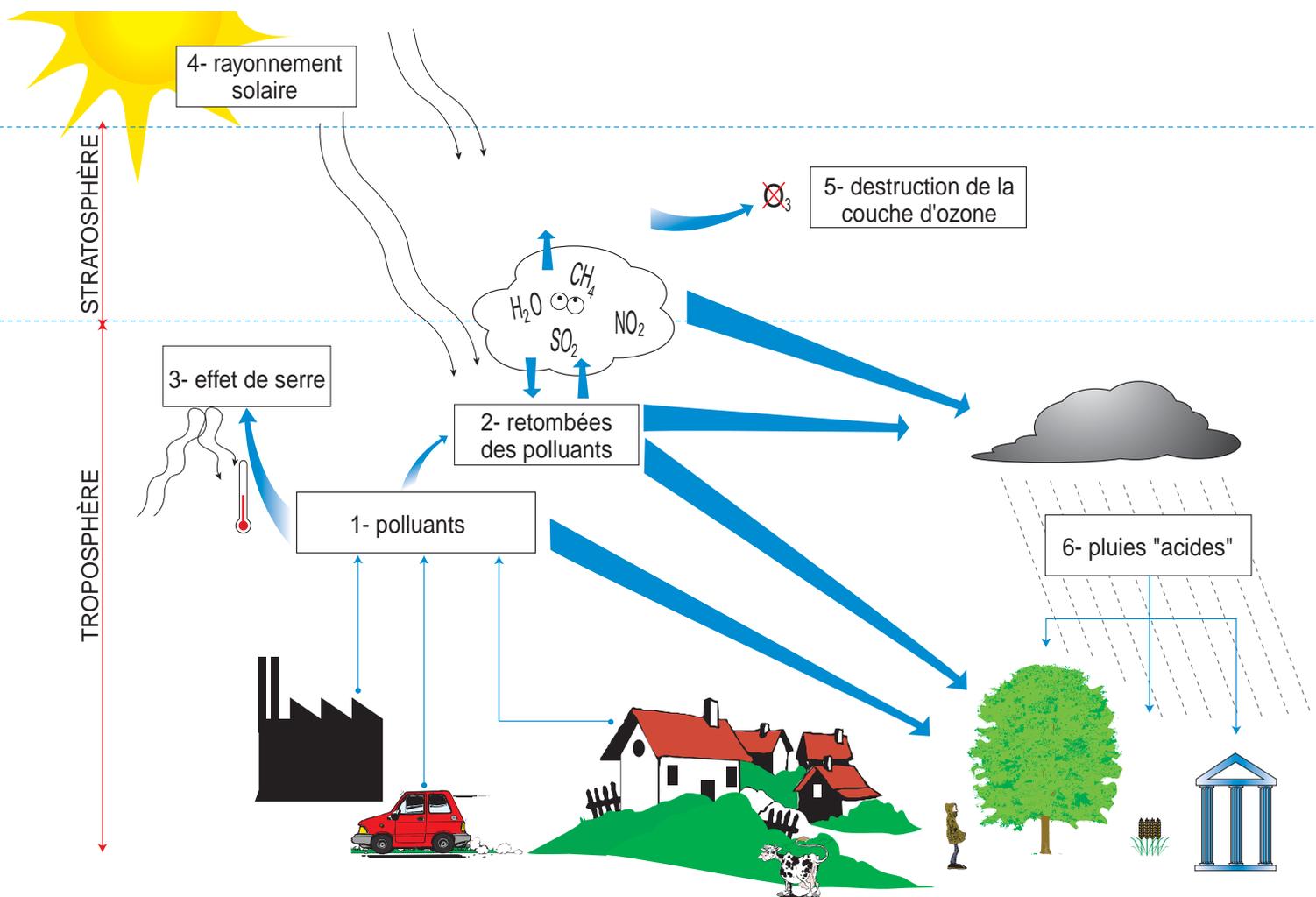
1. **Faux.** L'ozone stratosphérique est présent dans la stratosphère entre 12 et 50 km d'altitude. Il nous protège en filtrant les rayons ultraviolets du soleil. C'est l'ozone troposphérique que nous respirons et qui est polluant.
2. **Faux.** Le dioxyde de soufre peut réagir dans l'atmosphère pour former de l'acide sulfurique.
3. **Vrai.** Les CFC ont une durée de vie très longue dans l'atmosphère, une seule molécule pouvant détruire des milliers de molécules d'ozone.
4. **Faux.** Le dépérissement forestier a plusieurs causes (sécheresse, modification des sols), et les pluies acides viennent l'aggraver.
5. **Vrai.** L'ozone est un oxydant puissant qui provoque des nécroses sur les feuilles de certaines plantes.
6. **Faux.** Il se forme au printemps austral (septembre - octobre), quand le rayonnement solaire commence à s'accroître dans cette partie du globe.
7. **Faux.** C'est le chlore qui réagit avec d'autres composants de l'atmosphère et qui détruit des molécules d'ozone.
8. **Faux.** La production et l'utilisation de CFC est interdite depuis 1996 dans les pays de l'Union Européenne.
9. **Vrai.** Les pluies "acides" peuvent accélérer la dégradation des métaux. Le bronze peut subir une décoloration.
10. **Faux.** Les polluants peuvent retomber sur le sol à l'état gazeux ou sous forme de particules. Ils sont alors aussi dommageables que les pluies "acides" : on parle de dépôts acides.
11. **Vrai.** Pays fortement industrialisé où l'automobile tient une place importante, les Etats Unis éprouvent des difficultés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre.

Effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement



La pollution atmosphérique : de nombreux impacts sur l'environnement !

Les impacts de la pollution atmosphérique sur l'environnement de notre planète sont multiples et complexes. On peut cependant essayer de résumer les principales interactions dans un schéma d'ensemble...



- 1 - Polluants émis dans l'atmosphère par les activités humaines ou naturelles.
- 2 - Retombées des polluants sur les écosystèmes, les bâtiments, les cultures...
- 3 - Effet de serre.
- 4 - Rayonnement solaire.
- 5 - Destruction de l'ozone stratosphérique.
- 6 - Pluies "acides".

Effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement

Pourquoi la couche d'ozone est-elle plus mince au-dessus de l'antarctique ?

Voici une image montrant l'évolution du trou dans la couche d'ozone en Antarctique, lieu où le trou est le plus important. Les couleurs rouge et orange indiquent que l'épaisseur de la couche d'ozone est encore importante alors que les couleurs bleu et violet indiquent une couche très mince. L'amincissement de la couche d'ozone se mesure en Dobson Unit.

1 Dobson Unit correspond donc à une couche d'ozone de 0,01 mm d'épaisseur.

En suivant l'évolution depuis la fin des années 70, on remarque que les zones orangées ont fortement diminué, au profit des zones colorées en violet et que le trou d'ozone est particulièrement important en Antarctique.

L'amincissement de la couche d'ozone dans l'Antarctique est lié à la réaction de l'ozone avec le chlore stratosphérique.

Cette réaction se passe à la surface de cristaux de glace stratosphérique, sous l'action des rayons UV solaires. C'est un phénomène naturel qui existe depuis l'existence des glaciers.

La destruction de l'ozone est nulle en hiver (car pas d'UV) et en été (diminution du nombre de cristaux et changement de la circulation atmosphérique). Cet amincissement s'établit au printemps où les UV solaires et les cristaux de glaces sont plus nombreux mais également parce que la circulation atmosphérique isole l'Antarctique.

Ces mêmes phénomènes se produisent peu en Arctique car il y fait moins froid et la circulation atmosphérique amène de l'ozone venu du sud.

Depuis une vingtaine d'années, l'amincissement de la couche d'ozone devient plus important et dure plus longtemps ; ce phénomène est principalement lié à l'activité humaine.

Les CFC (chlorofluorocarbones) constituent la plus grande menace pour l'ozone.

Produits dans les années cinquante pour servir d'agents réfrigérants, de solvants industriels et à la fin des années soixante, pour l'utilisation des bombes aérosols, les rejets de CFC dans la troposphère atteignent la stratosphère et augmentent la teneur de chlore stratosphérique.

Le phénomène naturel d'amincissement de la couche d'ozone, plus important au-dessus de l'Antarctique, est accentué jusqu'à devenir un "trou" depuis une vingtaine d'années.

D'autres gaz, tels que l'acide nitrique, le brome et le gaz carbonique sont également responsables de la destruction de la couche d'ozone.

Le problème est que les CFC ont une durée de vie très longue (environ 100 ans) et qu'il faudra encore plusieurs dizaines d'années avant d'éliminer totalement tous les produits chimiques qui détériorent la couche d'ozone.

• Sites intéressants à consulter

<http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre/Infosciences/Climats/Structure-atm/Ozone/OzoneCFCs.htm>

http://www.atm.ch.cam.ac.uk/tour/tour_fr/index.html

• Bibliographie

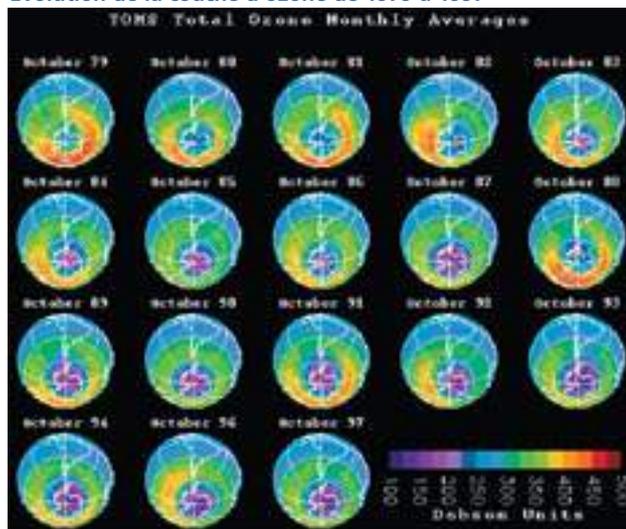
Ozone, l'équilibre rompu, G. Megie, Presses du CNRS, 1989.

La diminution de l'ozone stratosphérique des pôles, O. TOON, R. TURCO, Dossier Pour La Science, juin 1996.

Introduction à la géochimie et ses applications, Ed. Hagemann et Treuil, Collection enseignement UPCM, CEA, tome 2, 1998, (p.11-26)

Océans et Atmosphère - Sciences de l'Univers - Collection Synapses (Hachette), 1996

Évolution de la couche d'ozone de 1979 à 1997



Source : NASA,
<http://www.oma.be/Bira-lasb/Public/Research/Strato/OzoneHole1.fr.html>

Le spectromètre Dobson est l'instrument de mesure de la quantité d'ozone depuis la surface terrestre. Il mesure l'intensité du rayonnement solaire UV au sol pour quatre longueurs d'onde différentes dont deux seulement sont absorbées par l'ozone.

Effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement



Partir à la découverte

Par groupe de trois ou quatre élèves, vous préparerez un exposé sur un des thèmes suivants, ou un autre si une idée vous vient...



- **Quelles peuvent être les conséquences de l'augmentation de l'effet de serre ?**

Réchauffement global, modification des climats, etc. Quelles sont les conséquences prévisibles, doit-on accorder un crédit à tout ce qu'on entend ou à ce qu'on lit ? Que peut-on faire par précaution ?

- **Le trou d'ozone : dernières nouvelles**

Comment a évolué le trou d'ozone depuis sa première observation dans les années 80 ? A quelle évolution peut-on s'attendre dans les prochaines années ?

Effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement

• Comment réagit la communauté internationale au problème de l'effet de serre ?

Quelles sont les conclusions des sommets de la conférence des Nations Unies sur l'effet de serre (Kyoto, La Haye, Bonn...)

Quelles sont les difficultés rencontrées par les pays du monde pour diminuer les émissions de gaz à effet de serre ?

• Les dégâts causés par la pollution atmosphérique sur les bâtiments et les monuments.

Recherche d'exemples de monuments endommagés par la pollution atmosphérique, explication du phénomène. Comment et à quel prix sont effectuées les restaurations ?

• Les pluies "acides" : où en est-on ?

Comment se portent aujourd'hui les forêts sensibles aux pluies "acides" ? Les politiques de réduction des émissions de polluants ont-elles un effet ?

Méthode :

Recherche de documents, d'informations, d'images, d'avis sur les thèmes proposés. Les sources pourront être la presse, Internet, des ouvrages, des entretiens avec des personnes compétentes dans le domaine (un responsable de l'architecture et de l'urbanisme pour les monuments, un technicien forestier, un professeur), des petits sondages, visite de lieux concernés par le phénomène, reportage photo, etc.

QUELQUES REPÈRES :

- Mission Interministérielle de l'**Effet de Serre**
Les émissions de gaz à effet de serre en France, ...
www.effet-de-serre.gouv.fr/ -

- **Effet de serre**
 - 1) Le mécanisme de l'**effet de serre**.
 - 2) Les gaz à **effet de serre**. C ...
www.amisdelaterre.org/publications/publications_4.html -

La couche d'ozone Qu'est-ce qui se passe là-haut ?

Soyez un chef de file du civisme environnemental : contribuez à protéger la **couche d'ozone!**...

www.mb.ec.gc.ca/air/a00s20.fr.html -

Les pluies acides

Les mesures prises | Nouveauté | Coin jeunesse | Ressources | ...

www.ec.gc.ca/pluiesacides/



L'air intérieur peut aussi être vicié

Si l'air extérieur transporte des polluants (oxydes de soufre, oxydes d'azote, particules, plomb, etc) provenant majoritairement des véhicules, du chauffage et de l'industrie, l'air des locaux, dans lesquels nous passons plus de 80 % de notre temps, en contient également (Poussières/particules, tabac, oxydes de carbone, dioxyde d'azote, plomb, acariens, moisissures, poils d'animaux et amiante).

Chaque année, 5000 cas d'intoxications graves au monoxyde de carbone sont recensés en France.

Les sources de pollution de l'air intérieur sont multiples et liées :

- aux occupants eux-mêmes ;
- à leurs activités et à leurs comportements (tabagisme, ménage, bricolage, traitement des plantes, aération des pièces...)
- aux équipements (ameublement, système de production d'eau chaude, de chauffage...)
- au bâtiment (matériaux de construction, revêtements muraux et de sols...)
- à l'air extérieur.

On peut les regrouper en 5 grandes catégories de polluants :

- Gaz de combustion
- Produits chimiques
- Organismes vivants
- Polluants d'origine minérale
- Composants du tabac

Dans certains cas et pour certaines substances, la pollution peut être plus importante à l'intérieur des locaux qu'à l'extérieur (pour le benzène et le formaldéhyde par exemple).

Si les risques individuels sont faibles, l'impact sanitaire est fort, compte-tenu de la durée d'exposition des personnes et de la concentration des polluants.

L'ensemble de la population est donc concernée, et plus particulièrement les personnes sensibles et fragiles (enfants, personnes âgées,...).



La pollution de l'air intérieur

Les principaux polluants et leurs conséquences

	Nature	Effets sur la santé	Sources
Monoxyde de carbone	Le monoxyde de carbone est un gaz toxique incolore, inodore et sans saveur. C'est la première cause de mortalité accidentelle domestique en France.	Lorsque les concentrations de monoxyde de carbone fixé dans le sang à la place de l'oxygène augmentent, elles entraînent des nausées, vomissements, coma voire la mort. Intoxication léthale	<ul style="list-style-type: none"> Appareils de chauffage au gaz, au fioul, au pétrole, au bois ou au charbon, en mauvaises conditions d'aération et de fonctionnement et d'appareils au gaz (chauffe-eau par exemple) Fuites de conduits d'évacuation de gaz de combustion dans les pièces. Gaz d'échappement de moteurs de voitures en fonctionnement dans le garage. Tabac
Oxyde d'azote	Le monoxyde d'azote (NO) est issu des phénomènes de combustion à haute température par oxydation du diazote. Le dioxyde d'azote (NO ₂) est, quant à lui, un polluant provenant de l'oxydation du monoxyde d'azote	Le dioxyde d'azote affecte les défenses pulmonaires. L'exposition au dioxyde d'azote entraîne une modification de la fonction pulmonaire et une broncho-constriction. Les personnes asthmatiques sont très sensibles au dioxyde d'azote.	La présence d'oxydes d'azote dans les locaux est due à des sources externes (industries, véhicules) ou internes tels que les appareils de cuisson et de chauffage (exceptés les appareils électriques) ainsi que la fumée de cigarette.
Ozone	L'ozone (O ₃) est essentiel dans la stratosphère (à 10 km d'altitude) pour nous protéger des rayons du soleil, mais il est toxique à respirer en basse atmosphère. C'est un gaz très réactif, qui possède une odeur acre.	Les symptômes les plus fréquents sont la toux, l'essoufflement, l'irritation du nez, des yeux et de la gorge ainsi que l'altération de la fonction respiratoire. L'ozone affecte particulièrement les asthmatiques. Les sportifs, dont le volume d'air inspiré est plus important, peuvent également en subir les nuisances.	C'est un polluant dit secondaire qui résulte de la transformation, sous l'effet du rayonnement solaire, de polluants (dioxyde d'azote, monoxyde de carbone, COV...) essentiellement produits par les véhicules. A l'intérieur, il est émis par les imprimantes laser et les photocopieuses.
Composés Organiques Volatils <i>ex : Phénols, Acétone, Benzène, Toluène, Ethylène, Xylènes, Formaldéhyde, Aldéhydes et autres Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques</i>	Les composés organiques volatils sont issus de la chimie du pétrole. Leur évaporation est plus ou moins rapide à la température ambiante. Ils sont souvent plus nombreux et plus concentrés à l'intérieur qu'à l'extérieur compte-tenu de la multiplicité des sources.	Irritations de la peau, des muqueuses et du système pulmonaire. Quelques composés, comme le benzène ou le chlorure de vinyle, sont associés à des cancers et d'autres, comme les éthers de glycol, à une baisse de la fertilité.	<p>Les composés présents dans l'air extérieur pénètrent par les systèmes de ventilation.</p> <ul style="list-style-type: none"> les solvants des peintures, des vernis, des revêtements de sols et des colles... les produits d'ameublement (apprêts des tissus...) et d'entretien (désodorisants, produits de nettoyage, désinfectants ...) les cosmétiques (déodorants, parfums,...) la fumée de tabac les fongicides, insecticides et acaricides l'évaporation des carburants les produits de combustion (benzène, HAP...) <p>Les composés utilisés dans les produits à base aqueuse en font partie également.</p>

	Nature	Effets sur la santé	Sources
Poussières - particules	<p>La poussière est constituée de particules qui restent en suspension dans l'air.</p> <p>Elles sont le support de différents contaminants : fumée de tabac, fibres, spores de moisissures, bio-contaminants, allergènes...</p>	<p>Les poussières sont des particules de petites tailles, plus les particules sont petites, plus elles pénètrent profondément dans les voies respiratoires. Elles entraînent des pathologies respiratoires et cardio-vasculaires. Les particules aériennes véhiculent également les bactéries et les virus et favorisent la dissémination des maladies infectieuses.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • depuis l'air extérieur : érosion, pollens, fumée, particules liées à la pollution automobile et à la combustion • dans l'air intérieur : poussières de maisons, fibres naturelles, artificielles, organiques, minérales, synthétiques, fumée de tabac, cheminée d'agrément, etc.
Plomb – Autres métaux lourds <i>(Cadmium, Chrome, Mercure, Arsenic...)</i>	<p>Les principaux métaux lourds se rencontrent essentiellement sous forme métallique et saline. on peut également trouver du mercure sous forme vapeur.</p>	<p>Au-delà d'un certain seuil, le plomb a des effets biologiques et toxiques sur l'organisme.</p> <p>On parle de "saturnisme". Les effets biologiques peuvent être réversibles (anémie, colique du plomb...) ou irréversibles (atteintes du système nerveux central et périphérique).</p>	<p>Les concentrations en plomb dans l'air sont généralement très basses et l'air ne constitue pas la principale voie de contamination. Le plomb absorbé dans l'alimentation et l'eau (via les canalisations) constitue la part principale des absorptions. Les murs des anciens bâtiments (particulièrement ceux, qui ont été construits avant 1915), sont souvent recouverts de peintures au plomb. Le mercure est utilisé pour les soins dentaires (amalgamé avec un autre métal) et pour les piles. Il est émis aussi lors d'incinérations. Le cadmium est émis par les fonderies, la dégradation des pneumatiques et l'utilisation d'engrais.</p>
Fumée de tabac	<p>(Tabagisme passif) La fumée de tabac est un mélange complexe de gaz et de particules contenant de nombreuses substances dangereuses (monoxyde de carbone, nicotine, goudrons...)</p>	<p>Irritations et infections des yeux, du nez, de la gorge, des bronches et des oreilles.</p> <p>Problèmes respiratoires comme l'asthme et augmentation des risques de cancer du poumon.</p> <p>Risques importants pour les femmes enceintes.</p>	<p>Fumées en provenance des fumeurs, à la maison, au bureau, dans les espaces publics...</p>
Radon	<p>Le radon est un gaz d'origine naturelle, radioactif, inodore et sans saveur qui provient de la désintégration de l'uranium et du radium présents dans la croûte terrestre. Le radon constitue la part la plus importante de l'irradiation reçue en France.</p>	<p>Augmentation des risques de cancer du poumon.</p>	<p>Le radon provient le plus généralement des roches sur lesquelles est construit le bâtiment. Il s'infiltré et se concentre davantage aux étages inférieurs. Les teneurs sont plus élevées dans les régions au sol granitique (Massif central, Bretagne, Vosges).</p>
Fibres minérales artificielles	<p>Il s'agit des laines isolantes (laine de verre, de roche...) ainsi que de certaines fibres réfractaires comme celles de céramique</p>	<p>Irritantes et cancérigènes chez l'homme. La diminution de la persistance dans l'organisme des nouvelles fibres mises sur le marché leur permet de ne plus être classées cancérigènes par la réglementation.</p>	<p>La libération dans l'air des fibres minérales, provenant des laines d'isolation, a lieu principalement lors de leur mise en place ou de leur enlèvement. Les fibres céramiques sont essentiellement réservées aux applications industrielles pour la protection contre les hautes températures.</p>

	Nature	Effets sur la santé	Sources
Amiante	L'amiante est un minéral d'origine naturelle dont les fibres sont extrêmement fines. Leur résistance thermique, mécanique et chimique exceptionnelle a favorisé leur utilisation pour une large variété de produits.	Cancer de la plèvre (Mésothéliome) et cancer du poumon par inhalation de fibres. Les risques augmentent en fonction de la quantité de fibres inhalées (aggravés pour les fumeurs)	Désormais interdit en France, on peut encore le trouver dans les anciennes installations <ul style="list-style-type: none"> • les flocages pour la protection incendie • le calorifugeage des conduites de chauffage • les matériaux semi-durs comme certaines plaques de faux plafonds et certains revêtements à base de plâtre projeté • les matériaux durs (plaques de bardage, de toitures, canalisations) • certains revêtements de sols soumis à une action mécanique directe (découpe, perçage, etc.) • certains produits d'usage domestique (gants de cuisine isolants, housse de table à repasser, grilles pains à poser sur gazinière, radiateurs à accumulation etc.)
Moisissures et autres micro-organismes Acariens et allergies d'origine animale	<ul style="list-style-type: none"> • les moisissures (champignons microscopiques) • les pollens • les virus • les bactéries (ex : légionnelles) • Les acariens (animaux microscopiques) 	Réactions allergiques chez les personnes sensibles : asthme ou rhume des foins, pneumopathies.	Les moisissures se développent en atmosphère humide et peuvent libérer dans l'air des spores et/ou des substances chimiques toxiques (mycotoxines, composés organiques volatils). Les pollens sont émis par les végétaux. Les acariens sont principalement présents dans les literies et les moquettes. Leurs déjections contiennent des substances allergènes.
Dioxyde de carbone Humidité	L'humidité et le dioxyde de carbone (CO ₂) ne sont pas à proprement parler des polluants. En revanche, l'excès ou le manque d'humidité peut favoriser l'apparition de micro-organismes indésirables. Le dioxyde de carbone est naturellement produit par la respiration et indique le taux de renouvellement d'air d'une pièce.	Sécheresse excessive pouvant favoriser l'apparition de symptômes irritatifs, favorisés par la présence de composés chimiques dans l'air. Un excès de dioxyde de carbone peut entraîner un état de somnolence.	<ul style="list-style-type: none"> • Chauffage • Cuisson • Respiration des occupants et des végétaux • Manque d'aération
Odeurs Bruits	De natures très diverses, les odeurs et les bruits constituent une pollution par l'inconfort et les nuisances qu'ils occasionnent. Les odeurs peuvent être associées à des gaz toxiques. <i>Ex : sulfure d'hydrogène a une odeur d'œuf pourri</i>	Les nuisances olfactives occasionnent, certes, des désagréments mais ne présentent pas systématiquement des risques toxiques. Inversement, des risques toxiques peuvent exister sans qu'une odeur soit perceptible. Une exposition prolongée ou répétée aux bruits peut entraîner des maux de tête ou du stress.	<ul style="list-style-type: none"> • Tabac • Cuisson • Rejets industriels et automobiles

NB : Le degré de toxicité dépend de la concentration du polluant dans l'air et de la durée d'exposition de l'individu à ce polluant.



L'air intérieur peut aussi être vicié

La pollution de l'air intérieur est à l'origine de 12% des cas d'intoxications.

LES INTOXICATIONS DOMESTIQUES

Si l'air extérieur transporte des polluants (oxydes de soufre, oxydes d'azote, particules, plomb, etc) provenant majoritairement des véhicules, du chauffage et de l'industrie, l'air des locaux, dans lesquels nous passons plus de 80 % de notre temps, en contient également (Poussières/particules, tabac, oxydes de carbone, dioxyde d'azote, plomb, acariens, moisissures, poils d'animaux et amiante).

Chaque année 5000 cas d'intoxications graves au monoxyde de carbone sont recensés en France

Les sources de pollution de l'air intérieur sont multiples et liées :

- aux occupants eux-mêmes ;
- à leurs activités et à leurs comportements (tabagisme, ménage, bricolage, traitement des plantes, aération des pièces...)
- aux équipements (ameublement, système de production d'eau chaude, de chauffage...)
- au bâtiment (matériaux de construction, revêtements muraux et de sols...)
- à l'air extérieur.



Si les risques individuels sont faibles, l'impact sanitaire est fort, compte tenu de la durée d'exposition des personnes et de la concentration des polluants..

L'ensemble de la population est donc concernée, et plus particulièrement les personnes sensibles et fragiles (enfants, personnes âgées...).

LE MONOXYDE DE CARBONE

Le monoxyde de carbone est la première cause de mortalité par intoxication.

Plus de 1400 personnes par an sont touchées dans le Nord Pas-de-Calais (sur 5 000 cas en France), notamment par la persistance de foyers à charbon et le chauffage par pétrole lampant.

Le monoxyde de carbone est un gaz très toxique qui se forme lors de la combustion incomplète du charbon, du fioul ou du bois. Les causes de pollution de l'air intérieur par le monoxyde de carbone sont diverses, généralement liées à la mauvaise évacuation des gaz brûlés et à un mauvais entretien des appareils.

Les symptômes utiles à connaître

Le monoxyde de carbone est un gaz sans odeur, sans couleur, sans saveur. Il se fixe sur le globule rouge où il prend la place du dioxygène pour former la carboxyhémoglobine.

L'intoxication au monoxyde de carbone est sournoise, les premiers troubles permettent de mettre en évidence sa présence et doivent attirer notre vigilance.

Dès l'apparition des premiers symptômes, il est encore temps de réagir. Il faut immédiatement :

- ouvrir les fenêtres
- éteindre les appareils de chauffage, de cuisson et de production d'eau chaude
- quitter le logement et faire évacuer toutes personnes et animaux qui s'y trouvent
- aller respirer l'air extérieur
- appeler de l'extérieur les services d'urgence et un médecin

Concentration du monoxyde de carbone dans l'air	Troubles observés après un séjour d'une heure dans l'atmosphère polluée
0,02%	Maux de tête, vertiges, vision floue, fatigue, nausées, vomissements, diarrhées.
0,1%	Mêmes symptômes + faiblesse des jambes, impossibilité de marcher et somnolence
0,15%	Syncope – Coma
0,2%	Risque de décès

La pollution de l'air intérieur

LE TABAC

Dans les locaux, une des sources importantes de pollution et d'intoxication à long terme reste le tabac.

En France, 1/3 de la population fume. Les jeunes adultes (tranche d'âge 15-34 ans) représentent la population la plus importante et la proportion de femmes est encore en augmentation. L'une des conséquences les plus importantes à long terme du tabac est le cancer bronco-pulmonaire ; dans la Région Nord Pas-de-Calais, environ 12 % des décès sont attribuables au tabac.

Les pathologies, liées au tabac, sont causées par les nombreux produits que l'on trouve dans la fumée de cigarette :

- la nicotine et des goudrons : dépendance et actions sur le système cardiovasculaire ;
- le monoxyde de carbone : les conséquences chez les grands fumeurs sont comparables à celle d'un non-fumeur vivant à 2000 m d'altitude.
- de nombreuses molécules irritantes pour les muqueuses respiratoires comme par exemple : des aldéhydes, des cétones...

Le tabagisme présente des risques pour le fumeur mais aussi pour le non-fumeur, qui se trouve dans la même pièce.



LES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS

Les composés organiques volatils peuvent provenir de l'utilisation de produits d'entretien, du stockage de peintures, de vernis, d'insecticides ou de solvants. Il sont émis également par le dégazage, à long terme, des peintures et des panneaux de bois agglomérés, des tissus d'aménagement.

Les composés organiques volatils sont toxiques et peuvent engendrer des difficultés respiratoires et des irritations des yeux, de la peau, de la gorge et du nez.

Quelques conseils

- ✓ Utilisez avec modération et précaution les produits d'entretien sous forme d'aérosols ou de vaporisateurs.
- ✓ Renseignez-vous sur la composition des produits d'entretien que vous utilisez en lisant leur étiquette (la toxicité des produits y est symbolisée par des pictogrammes).
 - les éthers de glycol sont présents comme solvants dans les peintures à l'eau ; les autres peintures utilisent des hydrocarbures dont une partie est aromatique.
 - le formaldéhyde vient des panneaux de particules, des bois agglomérés bruts. C'est aussi un apprêt des tissus, un liant des colles...
 - les bois traités peuvent émettre des COV pendant plusieurs années.
- ✓ Respectez les consignes d'utilisation de ces produits.

Les mentions "Ne pas utiliser dans un local fermé", "Ne pas inhaler les vapeurs" signalent la présence de solvants, qu'il s'agisse de dérivés d'hydrocarbures, d'aldéhydes, d'alcools, d'éthers ou de cétones. Il faut s'orienter vers les produits étiquetés "Sans solvant"

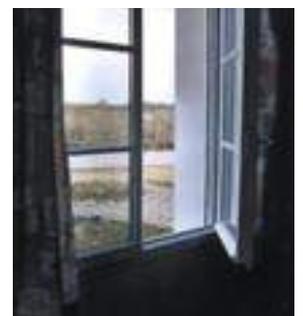


Pour préserver une bonne qualité de l'air à l'intérieur des locaux,

- **Limiter les émissions de polluants** par le réglage des chauffages
- **Entretien des différentes installations**
- **Faciliter l'évacuation des polluants** par l'aération régulière des pièces d'habitation
- **Respecter les conditions d'utilisation et de stockage des produits chimiques**

Aérer les pièces suffisamment.

Même s'il existe de la pollution à l'extérieur, l'habitat représente un espace confiné dans lequel les polluants peuvent atteindre des concentrations largement supérieures à celles rencontrées à l'extérieur.



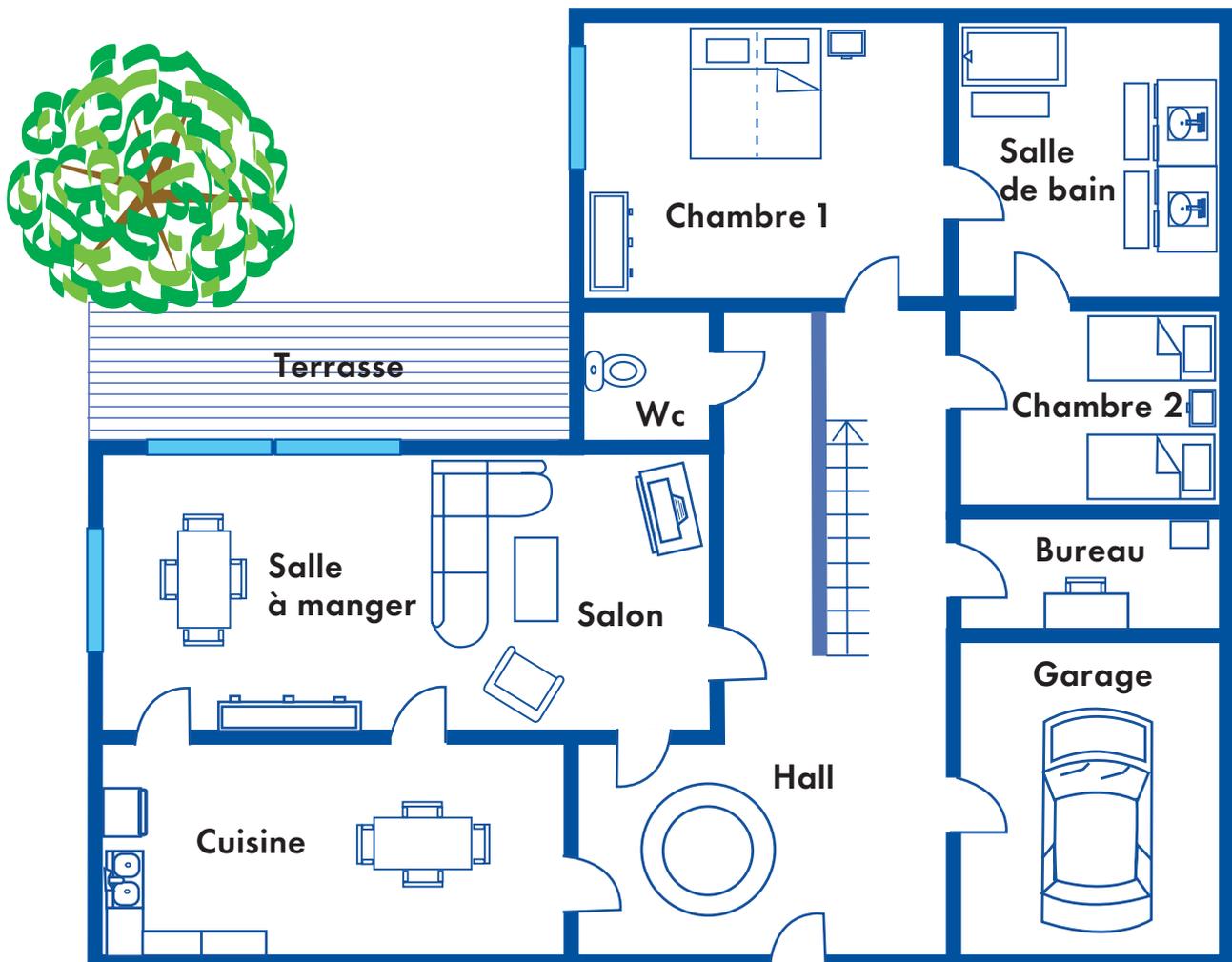


Evaluez vos connaissances

De nombreux polluants détériorent l'air intérieur des maisons, appartements, bureaux, écoles ou garages.

- Recherchez dans l'habitat tout ce qui vous paraît être sources de pollution.
- Reliez le polluant à sa (ses) origine(s).
- Comparez vos hypothèses avec celles de vos camarades.
- Remplacez quelques-uns d'entre eux sur ce plan.

- | | |
|--|---|
| <input type="radio"/> Oxydes d'azote | <input type="radio"/> Fumée de cigarette |
| <input type="radio"/> Monoxyde de carbone | <input type="radio"/> Rideaux |
| <input type="radio"/> Composés organiques volatils | <input type="radio"/> Laine d'isolation |
| <input type="radio"/> Aérosols / Gaz | <input type="radio"/> Peluches et literie |
| <input type="radio"/> Acariens | <input type="radio"/> Peintures |
| <input type="radio"/> Fibres minérales | <input type="radio"/> Chaudière / Cheminée |
| <input type="radio"/> Formaldéhydes | <input type="radio"/> Produits de nettoyage |
| <input type="radio"/> Goudrons | <input type="radio"/> Appareils de cuisson |



La pollution de l'air intérieur

Interrogeons-nous un moment...

- Quelle est la cause principale de la pollution de l'air dans un local ?
- En fonctionnement normal, un appareil de chauffage produit, entre autres gaz, du dioxyde de carbone CO_2 .
Pour quelle(s) raison(s) pourrait-il fabriquer du monoxyde de carbone ?
- Peut-on détecter du monoxyde de carbone avec l'eau de chaux ?
- Avant de se servir d'un produit d'entretien, de ménage ou de bricolage, quel geste simple faut-il faire afin d'en connaître les conditions d'utilisation ?
- Associez dans le tableau ci-dessous, le produit et son solvant, en lisant leurs notices d'utilisation.

Peinture acrylique
Peinture glycérophthalique
Cire
Colle néoprène

Essence de térébenthine
Eau
Formaldéhyde
White spirit

- Citer quelques produits parmi les 500 qui sont présents dans la fumée du tabac.

.....
.....
.....

.....
.....
.....



20 FILTER CIGARETTES

Vente en France(01)
Tabac:88,0%
Papier à cigarette:5,5%
Agents de saveur et de texture:6,5%
Nicotine:0,7mg
Goudrons:7mg

Petits calculs bons pour la santé !

- Calculer le volume de monoxyde de carbone produit par une cigarette dont la combustion donne 300 mL de fumée ; le pourcentage de monoxyde de carbone dans la fumée étant de l'ordre de 4%.
- Calculer le volume de monoxyde de carbone nécessaire pour atteindre le seuil où les premiers symptômes se manifestent dans une pièce de 25 m^3 : maux de tête dès 0,2 L pour 1000 L.
Combien cela représente-t-il de cigarettes ?
- La ventilation mécanique contrôlée (VMC) de la salle de classe a un débit de 200 m^3 par heure.
Calculer le volume d'air de votre classe ?
Quelle sera alors la durée nécessaire pour renouveler l'air de la classe ?



Un utilisateur averti en vaut deux

L'utilisation des produits d'entretien ménagers ainsi que des pesticides "domestiques" ne sont soumis à aucune réglementation. La composition de nombreux produits domestiques n'est pas souvent indiquée sur les étiquettes, notamment pour les désodorisants.

Lorsque l'on parle de pesticides, on pense spontanément à ceux qui sont employés pour l'agriculture. Toutefois, il faut savoir que nous les utilisons fréquemment à l'intérieur de nos habitations pour traiter les animaux contre les parasites (anti-puces), protéger les plantes vertes contre les pucerons ou encore prévenir l'apparition de poux.

Les pesticides comprennent, entre autres, les insecticides, les fongicides et les herbicides. Certains des pesticides sont interdits en usage agricole, mais restent utilisés dans l'usage domestique, c'est le cas notamment du lindane (efficace contre les poux).

Les substances, destinées au grand public et à l'habitation, sont soumises à une obligation d'étiquetage du risque, par un pictogramme de danger.

L'Union Européenne a adopté une directive "biocides" qui concerne les produits de traitement du bois, les aérosols ménagers, les produits insecticides, les désodorisants. Elle réglementera les pesticides utilisés pour tout autre usage qu'agricoles. Ceux qui seront classés toxiques, cancérogènes de catégorie 1 ou 2, les produits mutagènes seront interdits à partir de 2004.

POUR UN COMPORTEMENT RESPONSABLE

Ce produit, (étiquette ci-jointe), est destiné au traitement des arbres fruitiers, est à l'usage des particuliers. Il est essentiel de respecter les indications qui se trouvent sur son emballage.

Des conseils d'utilisation sont donnés par la mention "dose homologuée", fixée à 0,8 litre de produit par hectolitre d'eau, soit une dilution de 0,8%.

Le pictogramme "irritant" attire l'attention sur les risques que peut présenter ce pesticide.

Des conseils sur l'utilisation et le stockage sont également précisés sur l'étiquette.

Toutefois, la fiche d'identité de ce produit reste incomplète. Il manque, en effet :

- le pictogramme "inflammable" :



- le pictogramme "dangereux pour l'environnement" :



La pollution de l'air intérieur

Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

L'observatoire de la Qualité de l'Air intérieur a été créé en 2000 au sein du Comité Scientifique et Technique du Bâtiment. Il a pour mission de collecter des données utiles pour évaluer les risques de la pollution de l'air intérieur et de mieux connaître l'exposition de la population aux polluants de l'air dans les espaces fermés. En 2001, il a mis en œuvre, dans trois régions françaises, dont le Nord Pas-de-Calais, une première étude pour tester une méthodologie permettant de mesurer les différents polluants présents dans les logements et les écoles.

Moins bien connue que la pollution atmosphérique, la pollution de l'air intérieur nous concerne tous ; nous qui passons, en moyenne, 22 heures chaque jour dans un lieu clos (maison, bureau, école, commerces...).

D'origines diverses, souvent liées aux comportements individuels ou aux matériaux de construction, la pollution de l'air intérieur peut avoir des conséquences nuisibles pour la santé, pouvant aller de la simple gêne à des intoxications plus graves, selon la nature des polluants, le temps d'exposition et la sensibilité des personnes.

Le Ministère du Logement a donc décidé, en 1999, de créer un Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, chargé de développer un programme de recherches sur les polluants à l'intérieur des locaux et d'envisager à terme, les solutions les plus adaptées pour y remédier. Cet observatoire travaille en collaboration avec des techniciens-enquêteurs ainsi que des laboratoires d'analyses. Le Comité Départemental d'Habitat et d'Aménagement Rural 62 est chargé de l'animation et de la coordination en région.

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) et le Conseil Régional animent le Comité de Suivi de l'Observatoire avec des partenaires locaux (Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air, DRIRE, DRASS...).

Deux campagnes de mesures (hiver/été), seront réalisées, chaque année. Le lancement de la campagne opérationnelle a eu lieu en 2001/2002 sur 1000 sites, répartis sur la France entière.

Au préalable, l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur a organisé en 2001, sous la direction du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment et avec l'appui d'experts techniques, une première campagne-pilote de mesures sur 100 sites, répartis sur trois régions : Alsace (Communauté Urbaine de Strasbourg), Nord Pas-de-Calais et PACA (Aix/Marseille). Dans la région Nord Pas-de-Calais les enquêtes ont été réalisées sur Grande-Synthe, Oignies (30 logements) et Tourcoing (3 écoles).

Les prélèvements, effectués dans les habitations et les écoles de ces villes, ont permis de recueillir des informations sur les origines de la pollution de l'air intérieur, de mieux connaître les risques pour la santé et d'en informer le public.



Menez votre enquête sur les produits dangereux

1. DANS VOTRE LOGEMENT :

Que signifient les pictogrammes suivants ?

Donnez la définition des adjectifs de la liste et associez lui son pictogramme

Explosif
Nocif
Comburant

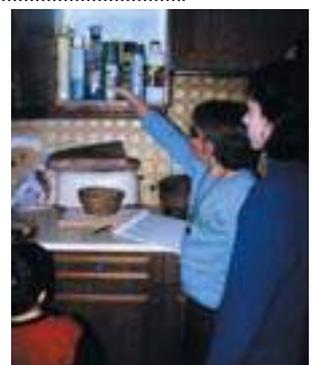
Corrosif
Toxique
Inflammable

Irritant
Dangereux pour l'environnement



Recherchez et établissez une liste des produits dangereux qui sont chez vous.

Quelles enseignements pouvez-vous retenir de cette recherche ?
Quelles précautions d'utilisations doivent être prises ?
Quels sont ceux qui sont inflammables ? Toxiques ? Irritants ? Nocifs ?



La pollution de l'air intérieur

2. DANS VOTRE REGION :

Entreprennez une recherche sur les effets du monoxyde de carbone dans les différents secteurs géographiques de la Région Nord Pas-de-Calais :

- statistiques d'intoxications
- articles de journaux (circonstances, origines des intoxications et conditions météorologiques)
- entretiens avec des pompiers, des médecins (symptômes d'intoxication consignés à suivre...)
- recherche auprès d'observatoires spécialisés ou de services publics et sur Internet...

Existe-t-il des zones plus concernées ? Pouvez-vous expliquer pourquoi ?

L'observatoire de la qualité de l'air intérieur réalise régulièrement, dans le Nord Pas-de-Calais, des campagnes de mesure de la qualité de l'air à l'intérieur des locaux :

- Comment sont réalisées ces campagnes (principe des mesures, villes concernées, fréquence des campagnes de mesures,...) ?
- Quels sont les polluants mesurés et dans quelles pièces ?
A partir de vos recherches, vous pourrez réaliser une synthèse.



QUELQUES REPERES

Qualité de l'air intérieur :

- Observatoire de la qualité de l'air intérieur : <http://www.air-interieur.org>

<http://perso.wanadoo.fr/la.maison.empoisonnee/>

- La maison santé pour tous : <http://www.geneve.ch/maisonsante/fr/pollutionair/accueil.html>
- Qualité de l'air, valeurs guides pour l'Europe : <http://www.who.dk/tech/eh/airqual.htm>
- Indoor air pollution and MCS : <http://www.nutrained.com/zeno/environ.htm>
- Contamination de l'air intérieur : <http://www.hc-sc.gc.ca/francais/vsv/environnement/air-interieur.html>

<http://www.arb.ca.gov/research/indoor/formald.htm> : sur le Formaldéhyde



Utiliser rationnellement notre énergie

L'énergie joue un rôle essentiel dans l'évolution de notre civilisation. Moyen utilisé par l'homme pour assurer son confort, sa production industrielle, ses transports, elle est étroitement liée à un mode de vie et à un type de production.

L'énergie est essentiellement un moyen de transformation utilisé par l'homme de façons très diverses: chauffage de l'air ou de l'eau, cuisson des aliments, fusion des métaux, transformation de matières premières, fonctionnement des moteurs (fixes ou mobiles), transports...

L'énergie sous forme de chaleur a été utilisée très tôt par l'homme (bois pour le feu). **L'énergie mécanique** a été longtemps limitée à l'homme, utilisant lui-même sa force musculaire, puis à la traction animale et à l'utilisation du vent (navigation à voile, moulin à vent) ou de l'eau courante (moulin à eau). Ensuite sont apparus dans le cadre de la révolution industrielle des outils plus puissants tels que : la machine à vapeur, le moteur à explosion, et une forme nouvelle d'énergie destinée à de multiples usages, l'électricité.

Le développement considérable de ces moyens nouveaux, a conduit, dans les pays développés, à une consommation croissante et inconsidérée des énergies primaires, c'est à dire des matières susceptibles de fournir de l'énergie sous forme de chaleur, de carburants ou d'électricité. Ces énergies primaires ont été d'abord le charbon, puis le pétrole, le gaz, l'hydraulique, et l'uranium (production d'électricité d'origine nucléaire).

Inégalités entre les pays industrialisés et les pays du tiers-monde.

Le monde est de plus en plus énergivore ; la consommation mondiale d'énergie a été multipliée par 15 au cours du XX^{ème} siècle et cette tendance devrait se poursuivre dans les prochaines années.

Pourtant la consommation d'énergie est très différente selon les pays :

- **Les pays du Nord** (Etats-Unis, Canada, Europe,...) sont les plus grands consommateurs.
- Dans **les pays du tiers monde**, la consommation d'énergie reste très inférieure mais elle progresse d'années en années, notamment dans les régions très peuplées d'Asie.

Dans beaucoup de pays du tiers monde, en Afrique ou en Inde, le problème énergétique est celui du bois de feu. La crise de l'énergie se traduit d'abord par la diminution rapide des ressources en bois. C'est aux Etats-Unis, dont les ressources énergétiques sont énormes, que s'est développée au maximum la civilisation de l'automobile, du chauffage à 24°C et de la climatisation permanente.

Le recours massif aux énergies fossiles (charbon, gaz, et pétrole) durant le XIX^{ème} et XX^{ème} siècle est à l'origine de deux phénomènes en matière de pollution atmosphérique :

- **Les pollutions globales** ; pluies acides (SO₂) et effet de serre (CO₂, ozone troposphérique et protoxyde d'azote) (Cf. dossier 5),
- **Les pollutions locales** ; l'industrie et l'automobile sont responsables du "smog" ("Brouillard de pollution") urbain affectant directement la santé des populations (Cf. dossier 4).

L'énergie au centre de la vie

1- Energie, je maîtrise...

• Energie, j'économise aussi...

Au regard des conséquences environnementales avérées de la surconsommation énergétique (les émissions de gaz à effet de serre ont augmenté de 50% en un siècle), la priorité doit aujourd'hui être donnée à la réduction des besoins énergétiques, à la sobriété énergétique, et à la maîtrise de l'énergie...

L'attitude qui a prévalu jusqu'à présent dans les pays développés, consiste à répondre aux besoins par une augmentation de la production, en remplaçant une énergie par une autre si cela paraît nécessaire ; le tout-charbon puis le tout-pétrole puis le tout-nucléaire, par exemple en France.

L'attitude que nous devons adopter doit s'appuyer sur une évaluation juste de nos propres besoins d'énergie afin d'adapter l'offre aux besoins et non le contraire, c'est ce qu'on appelle "l'utilisation rationnelle de l'énergie". Pour répondre à ces besoins, il faut agir d'abord sur la consommation par l'amélioration constante de la façon de l'utiliser : meilleure construction (Haute Qualité Environnementale), isolation des bâtiments, limiter l'usage de la voiture quand cela s'avère possible, utiliser des véhicules "propres" (électricité, GNV, GPL, hybride...), et appareils moins consommateurs d'énergie. On peut donc, sans augmenter la consommation énergétique, répondre à nos besoins de confort et de bien-être.

Par ailleurs, ce lien entre production et consommation est aussi important dans les pays du tiers-monde pour qui le développement est une nécessité vitale. La richesse des pays industrialisés se fait en grande partie par l'utilisation excessive de leurs ressources, en particulier énergétiques. L'une des conditions nécessaires à la lutte contre le changement climatique est la réduction des déséquilibres entre pays, par la construction, ensemble, d'un nouveau développement partagé (ou plus uniforme). L'énergie a un rôle à jouer dans ce processus de co-développement, d'une part par la construction d'une société moins "énergivore" et plus rationnelle, d'autre part par l'utilisation des énergies locales et renouvelables.



Classe énergétique des appareils électro-ménagers (exemple d'un lave-linge)

2- La satisfaction des besoins en privilégiant les ressources énergétiques locales : la production d'énergie décentralisée et les énergies renouvelables

Il existe aussi des énergies dites "renouvelables" dont l'exploitation a lieu de façon décentralisée et à l'échelle locale. Ces énergies sont dites renouvelables car elles font appel à des gisements qui se renouvellent au rythme de leur extraction.

• **La biomasse** : l'énergie de la biomasse est tirée de la matière organique, plantes, arbres, rejets des animaux,...

Le bois, notamment, est essentiellement consommé pour le chauffage domestique. Son usage pour produire de l'énergie n'est pas chose nouvelle. Dans la région Nord Pas-de-Calais, le bois "déchet" (palettes...) alimente certains chauffages urbains ou des chaufferies industrielles.

Plantes, résidus agricoles, déjections animales, boues de stations d'épuration peuvent être utilisés pour produire du biogaz ou des biocarburants.

• **L'éolien** (Illustration photo) : les éoliennes transforment l'énergie mécanique du vent en énergie électrique. La France dispose du 2^{ème} potentiel d'installation d'éoliennes en Europe (derrière la Grande Bretagne). Le Nord Pas-de-Calais, en particulier, est une région dotée d'un gisement énergétique éolien très important. On peut d'ailleurs apercevoir certaines éoliennes à Malo les Bains, à Widehem et sur d'autres sites régionaux.

• **L'hydraulique** : la force de l'eau, (sur les rivières, les fleuves, les lacs) ou la force des marées (on parle dans ce dernier cas d'installations marémotrices) peuvent être utilisées pour produire de l'électricité. C'est aujourd'hui la première énergie renouvelable utilisée en France, mais aussi dans le monde.

• **Le solaire** (Illustration photo) : l'énergie issue du soleil, énergie solaire, connaît deux types de valorisation.

La première, dite thermique, permet, à l'aide de capteurs, de produire de la chaleur pour chauffer des logements ou produire de l'eau chaude.



Eoliennes.

La seconde, dite électricité photovoltaïque, transforme l'énergie de photons en électricité à l'aide de cellules électroniques semi-conductrices.

D'autres utilisations du solaire photovoltaïque se sont développées pour alimenter des matériels urbains : horodateurs, abribus, toilettes publiques, bornes d'appel d'urgence,...

Les potentiels de développement de l'énergie solaire sont fortement dépendants du rayonnement solaire reçu ; les régions les plus ensoleillées étant a priori mieux disposées à utiliser l'énergie solaire.

Actuellement, en France, la filière solaire s'est surtout développée dans les DOM-TOM ou dans des sites isolés difficilement raccordables à des réseaux existants.

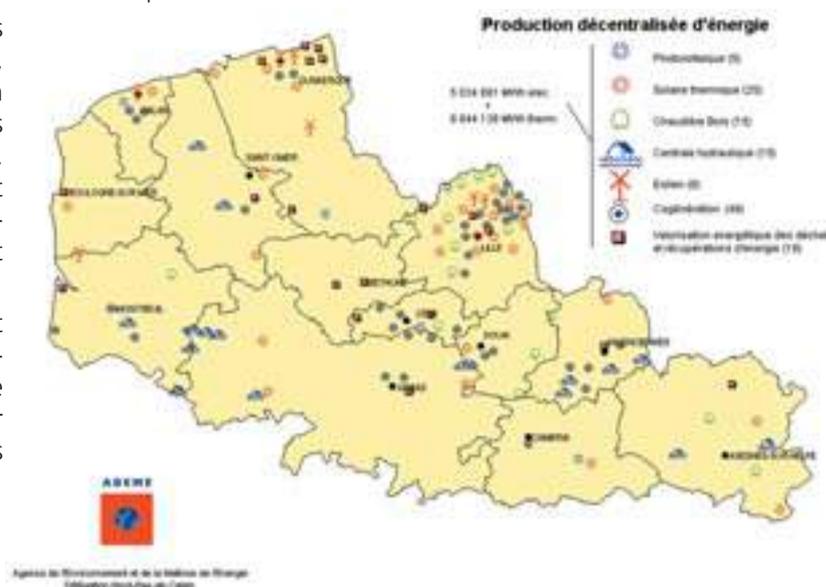
• **La géothermie** : l'énergie géothermique doit être recherchée dans le sol, généralement à de grandes profondeurs. Les principaux pays exploitant l'énergie géothermique sont les Etats-Unis, les Philippines, le Japon, l'Italie, l'Islande, la Nouvelle-Zélande, le Mexique et le Salvador. En France, il n'existe pas de développement important à l'exception des DOM.

Il est à noter qu'énergie renouvelable ne signifie pas automatiquement absence de nuisance. En effet, par exemple, les centrales marémotrices ont un impact local par l'ensablement du réservoir qu'elles utilisent et la modification de la faune et de la flore. Les grandes installations hydrauliques détruisent une quantité importante de terres cultivables, modifient le régime naturel des fleuves et ont un impact sur la faune, sur la flore et sur les paysages.

Si le développement des énergies renouvelables est un objectif européen et national primordial pour l'avenir de notre planète, il convient évidemment de tenir compte, dans le choix des filières à implanter localement, des exigences environnementales et des contraintes économiques.



"Maison équipée de panneaux solaires" source ADEME.



Le biogaz, dans le détail...

• Généralités :

Le biogaz, également appelé gaz renouvelable par comparaison au gaz naturel fossile, est produit par des bactéries dans des environnements dépourvus d'oxygène (anaérobies), lors de la décomposition de la matière organique. Ses constituants majoritaires sont le méthane et le dioxyde de carbone. C'est un gaz saturé en eau qui peut contenir plus ou moins de dioxygène, de diazote, d'hydrogène sulfuré et de constituants traces.

L'essentiel de sa production s'effectue de façon naturelle (ni contrôlée, ni récupérée par l'homme) dans des écosystèmes tels que les tourbières et les marais où matières végétales et animales sont décomposées. Nous pouvons distinguer différents types de biogaz :

➤ **les biogaz de décharge** : à partir des déchets fermentescibles.

➤ **les biogaz de digesteur ou méthaniseur** : biogaz de stations d'épuration des eaux, biogaz industriels et agricoles.

Par ailleurs, le biogaz est un des gaz participant à l'effet de serre s'il n'est pas valorisé. Son utilisation est donc inscrite dans les objectifs nationaux résultant des engagements de Kyoto. L'arrêté du 9 septembre 1997 de la législation française, relatif aux décharges de stockage de déchets ménagers et assimilés, confirme l'obligation de captage du biogaz (prévue dans la circulaire et l'instruction technique du 11 mars 1987), impose la recherche de solution de valorisation de cette énergie renouvelable et à défaut oblige sa destruction par voie thermique pour des raisons olfactives, sécuritaires et de prévention de pollution atmosphérique.



La valorisation du biogaz :

Plusieurs types de valorisation sont de nos jours éprouvés industriellement ou testés :

- le brûlage direct dans une chaudière ou dans un four de procédé,
- la production d'électricité (et de chaleur et/ou froid par cogénération) pour une autoconsommation ou pour la revente,
- la production de biogaz carburant pour les véhicules,
- ...

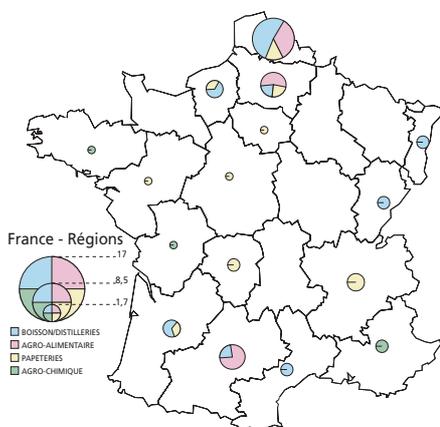
Pour ces différents types d'usage, le biogaz doit subir un traitement spécifique. En effet, la présence d'une très grande variété de constituants (certains possédant des propriétés corrosives et/ou toxiques) impose la mise en œuvre d'un procédé d'épuration du biogaz pour une utilisation optimisée sans risque pour la santé et la sécurité des utilisateurs.

Situation actuelle et perspectives :

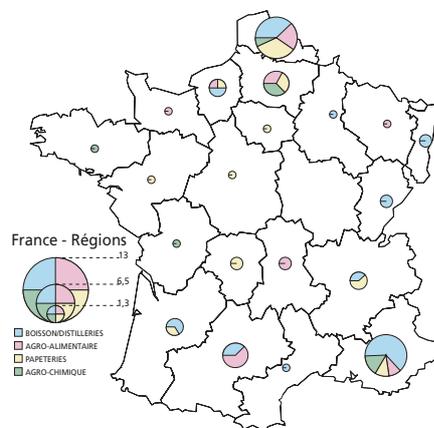
Que ce soit au niveau mondial, ou au niveau national, la quantité de biogaz valorisée ne représente qu'une infime proportion du potentiel théorique valorisable.

Commentaire :

La filière biogaz se développe par la multiplication des unités de méthanisation. Le Nord Pas-de-Calais, où l'on rencontre beaucoup de distilleries, reste la région où le nombre d'installation de méthanisation est le plus grand.



Répartition des unités de méthanisation par secteur industriel en 1995 (source : Ademe)



Répartition des unités de méthanisation par secteur industriel en 2000 (source : Club biogaz-ATEE)

Illustration carte Club biogaz et ATEE sur la répartition des unités de méthanisation par secteur industriel en 1995 et 2000

Qu'est ce que le gaz naturel ? Que représente-t-il dans notre région ?

- Le gaz naturel est du méthane, de formule CH_4 , incolore, inodore, et plus léger que l'air. Issu de la transformation naturelle de matières organiques au cours de millions d'années, il est extrait du sous-sol.
- Le gaz naturel est un mode de combustion plus respectueux de l'environnement que les autres combustibles fossiles. En effet, ses émissions de particules fines sont négligeables et les polluants tels les oxydes de soufre et d'azote sont émis de façons moins importantes. La combustion du gaz dégage cependant du dioxyde de carbone contribuant à l'effet de serre mais, là encore, dans une proportion plus faible que le charbon ou le pétrole.
- C'est pourquoi, sur le plan du transport urbain, le gaz naturel est une solution pouvant contribuer à une meilleure qualité de l'air en ville. A titre d'exemple, les agglomérations de Dunkerque et de Lille ont développé leur propre flotte de bus au GNV (Gaz Naturel Véhicules) et d'autres agglomérations y réfléchissent.



Utiliser rationnellement notre énergie

L'énergie joue un rôle essentiel dans l'évolution de notre société.

Chaque jour, l'homme l'utilise pour la production industrielle, les transports mais aussi dans les activités de sa vie quotidienne : chauffage, cuisson des aliments, lavage du linge...

LA CONSOMMATION ENERGETIQUE DANS LE NORD PAS-DE-CALAIS

Dans la région Nord Pas-de-Calais, la consommation d'électricité représente 39% de la consommation énergétique totale (à titre indicatif, en France, l'électricité représente 40% de la consommation énergétique).

Vient ensuite, en seconde position, la consommation de pétrole : 24% de la consommation énergétique totale en Nord / Pas-de-Calais contre 39% au niveau national.

La troisième énergie la plus consommée est le gaz naturel : 19% de la consommation totale régionale (14% sur l'ensemble du territoire national).

La consommation de charbon et des CMS (Combustibles Minéraux Solides) est très largement supérieure en Nord Pas-de-Calais que sur l'ensemble de la France : 17% alors qu'elle ne représente que 4% de la consommation énergétique en France. Ceci s'explique par la consommation importante de charbon par l'activité sidérurgique.

La consommation d'énergie continue à augmenter d'année en année.

La croissance de cette consommation est plus marquée dans les pays en voie de développement que dans les pays industrialisés, qui après le choc pétrolier ont encouragé la maîtrise de l'énergie (meilleure isolation des logements, des automobiles qui consomment moins...).

Malgré ces mesures, nous devons poursuivre nos efforts ! La consommation d'énergie a des conséquences inquiétantes sur l'environnement !

Depuis 1900, les concentrations de gaz à effet de serre ont augmenté de 50% et ont entraîné vraisemblablement un réchauffement de la planète.

Si les températures continuent à augmenter, les conséquences sur notre climat pourraient amener un accroissement des inondations et des sécheresses, la détérioration des conditions agricoles, une élévation des niveaux des mers avec la fonte des glaciers (voir dossier 5 "Les conséquences sur l'Environnement").

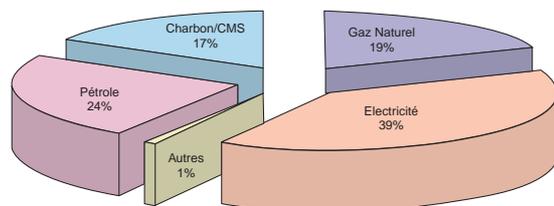
Il faut savoir que la moitié des consommations d'énergie et des émissions de CO₂ vient des ménages. Pour nous chauffer, nous éclairer, nous déplacer..., nous utilisons de l'énergie et augmentons par la même occasion, les émissions de dioxyde de carbone, contribuant à l'effet de serre.

Ce sont pour les transports et l'habitat que nous consommons le plus d'énergie. A noter que 4 trajets en voiture sur 10 sont inférieurs à 2 km et prêtent à réfléchir sur notre instinct "énergivore".

Au regard des conséquences environnementales de la surconsommation énergétique, la priorité doit aujourd'hui être donnée à la réduction des besoins énergétiques, à la sobriété énergétique, et à la maîtrise de l'énergie.

L'attitude qu'ont adopté jusqu'à présent les pays développés, consiste à répondre aux besoins par une augmentation de la production, en remplaçant une énergie par une autre si cela paraît nécessaire ; le tout-charbon puis le tout-pétrole puis le tout-nucléaire, par exemple en France.

Répartition des consommations par type d'énergie dans le Nord/Pas de Calais (1996)



Source : CESR
Conseil Economique et
Social Régional

L'énergie au centre de la vie

L'attitude que nous devons adopter doit s'appuyer sur une évaluation juste de nos propres besoins d'énergie afin d'adapter l'offre aux besoins et non le contraire. Pour répondre à ces besoins, il faut agir d'abord sur la consommation par l'amélioration constante de la façon de l'utiliser : meilleure construction (Haute Qualité Environnementale), isolation des bâtiments, limiter l'usage de la voiture quand cela s'avère possible, utiliser des véhicules "propres" (électricité, GNV, GPL, Hybride...) et appareils moins consommateurs d'énergie. On peut donc, sans augmenter la consommation énergétique, répondre à nos besoins de confort et de bien-être. Par ailleurs, ce lien entre production et consommation est aussi important dans les pays du tiers-monde pour qui, le développement est une nécessité vitale. La richesse des pays industrialisés se fait en grande partie par l'utilisation excessive de leurs ressources, en particulier énergétiques.

L'une des conditions nécessaires à la lutte contre le changement climatique est la réduction des déséquilibres entre pays, par la construction, ensemble, d'un nouveau développement partagé (ou plus uniforme). L'énergie a un rôle à jouer dans ce processus de co-développement, d'une part par la construction d'une société moins énergivore et plus rationnelle, d'autre part par l'utilisation des énergies locales et renouvelables.

Les différentes sources d'énergie :

➔ **L'énergie sous forme de chaleur** qui a été utilisée très tôt par l'homme (bois pour le feu).

➔ **L'énergie mécanique** qui a été longtemps limitée à l'homme lui-même, aux animaux, pour faire avancer les charrues par exemple ou encore à l'utilisation du vent (navigation à voile, moulins à vent). A l'ère industrielle sont apparus des outils plus puissants : la machine à vapeur, le moteur à explosion et une découverte qui révolutionnera notre existence, **l'électricité**.

➔ **Les énergies fossiles** (charbon, gaz et pétrole) sont à l'origine de phénomènes de pollution atmosphérique (pluies acides, effet de serre, ozone troposphérique, brouillard de pollution...).

Outre les problèmes d'épuisement des ressources que posent les énergies fossiles, apparaît également la question de la gestion des déchets engendrés par exemple pour l'énergie nucléaire.

Aujourd'hui de nouvelles énergies voient le jour (et présagent de beaux jours). Elles utilisent des gisements naturels (l'eau, l'air, le soleil, les effets thermiques...) et sont inépuisables puisque 100% renouvelables. La France s'est engagée à développer sa production d'énergies naturelles renouvelables :

➔ **La biomasse** : l'énergie est produite par la dégradation de matières organiques (plantes, arbres, rejets d'animaux...)

Le bois est d'ailleurs utilisé depuis longtemps pour se chauffer.

Certaines industries alimentent leur chauffage avec ces déchets de bois (palette ...).

➔ **L'éolien** : les éoliennes (cf photo) transforment l'énergie mécanique du vent pour produire de l'énergie électrique.

L'implantation des éoliennes doit répondre à certains critères car il leur est souvent reproché d'être bruyantes et de défigurer le paysage. Il n'en reste pas moins qu'elles possèdent de bons atouts environnementaux : elles permettent en effet d'éviter les rejets dans l'atmosphère de dioxyde de carbone, de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote.

L'énergie éolienne devrait connaître, au cours des prochaines années, un essor important. De nouveaux projets sont déjà étudiés pour la région Nord Pas-de-Calais.

➔ **L'Hydraulique** : la force de l'eau, que ce soit sur les rivières, les fleuves, les lacs ou la force des marées peuvent être utilisées pour produire de l'électricité.

C'est aujourd'hui, la première énergie renouvelable produite en France.



➤ **Le solaire** : l'énergie qui provient du soleil a deux origines :

- La valorisation "thermique" de capteurs solaires récupère la chaleur du soleil qui sert ensuite à chauffer des logements ou produire de l'eau chaude.
- L'électricité "photovoltaïque" : le rayonnement du soleil est capté à l'aide de cellules électroniques.

Les photons sont transformés en électricité, qui alimente certains matériels urbains : horodateurs, abris-bus, toilettes publiques, bornes d'appel ou d'urgence sur les routes ...

Ces capteurs solaires, sont bien sûr installés dans les régions les plus ensoleillées. Actuellement en France, la filière solaire est surtout développée dans les Départements d'Outre-Mer et Territoires d'Outre-Mer.

➤ **La géothermie** : le but de la géothermie est de rechercher l'énergie dans le sol, à grandes profondeurs.

Les principaux pays exploitant l'énergie géothermique sont les Etats-Unis, le Japon, l'Italie, l'Irlande, le Mexique, la Nouvelle-Zélande, la France (Guadeloupe) ...

La production et l'utilisation des énergies renouvelables peuvent entraîner certaines nuisances : ensablement et modification de la faune et de la flore liés au fonctionnement des centrales marémotrices, transformation du cours des fleuves avec les installations hydrauliques, nuisances sonores des éoliennes...

Le développement des énergies renouvelables représente un enjeu européen et national pour l'avenir de notre planète. Le choix des filières doit évidemment prendre en compte les exigences environnementales et les contraintes économiques.

Les transports sont l'un des plus grands consommateurs d'énergie, les recherches s'orientent vers des solutions alternatives de carburants.

Le GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié), le GNV (Gaz Naturel Véhicules), la filière Véhicule Electrique, les biocarburants... pourraient permettre, à terme, de réduire la consommation des polluants conventionnels (essence, gazole).

Grâce aux nouvelles énergies naturelles, de nouveaux défis technologiques se sont développés.

➤ **La cogénération**

Il s'agit d'un système de production d'énergie pour produire simultanément de la chaleur et de l'électricité.

La production d'énergies (électricité + chaleur) peut être obtenue soit par des moteurs ou des turbines, soit à partir de biomasse (énergies produites par des végétaux).

La cogénération est, pour le moment, surtout employée dans l'industrie et les grands réseaux de chaleur.

➤ **Les bio-carburants** (Biogazole, Diester, Aquazole) :

3 grandes catégories de biocarburants existent ; l'alcool, les esters et les huiles végétales.

A partir de l'alcool, on obtient du bioéthanol, utilisé comme carburant pour les véhicules, remplaçant à 100% l'essence.

Le diester peut techniquement remplacer le gazole ou le fuel domestique.

Les huiles végétales peuvent être utilisées comme combustibles dans des moteurs adaptés. L'alcool est produit par la fermentation, dans certaines plantes, de sucres (betteraves, cannes à sucre...) ou des amidons (pomme de terre, céréales...).

Les esters sont issus du mélange, avec un alcool, de l'huile (de colza et de tournesol). La réaction obtenue produit du diester.

Les huiles végétales sont obtenues à partir de plantes oléagineuses, colza, tournesol, soja, arachide...



"Maison équipée de panneaux solaires" source ADEME.

➔ Le biogaz, appelé aussi gaz naturel renouvelable, est produit par la fermentation (décomposition) de déchets organiques. Il s'agit d'un mélange de méthane et de gaz carbonique.

Le biogaz peut être utilisé pour la production d'électricité et de chaleur (chauffage, production de vapeur, production industrielle, carburant pour véhicules).

MAITRISE DE L'ENERGIE : DE PETITS GESTES POUR DE GRANDS EFFETS

L'Agence de l'Énergie et de la Maîtrise de l'Énergie, le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et le Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie ont mené, en 2001, une campagne de sensibilisation du public sur la **Maîtrise de l'Énergie** qui s'intitulait "Préservez votre argent, préservez votre planète", à travers des spots télévisés et radiophoniques, des capteurs installés dans 5 villes françaises, indiquant la consommation de dioxyde de carbone, une information de proximité. Le but de cette action était d'expliquer comment chacun peut, grâce à des gestes simples, maîtriser sa consommation d'énergie, (donc réduire ses factures énergétiques) et contribuer, par la même occasion à préserver l'environnement en luttant contre l'effet de serre car l'énergie la moins chère est celle que l'on ne consomme pas.

Mais au fait, connaissez-vous ces gestes simples ?!

➔ **Eclairage et électroménager** : il existe des produits basse consommation, des ampoules par exemple, pour remplacer les ampoules filament et halogènes. L'ampoule basse consommation vit 8 fois plus longtemps et consomme 4 fois moins d'électricité.

➔ **Classe énergétique de l'électroménager :**

Par exemple, un réfrigérateur de classe A, consomme trois fois moins d'électricité : pensez à contrôler les étiquettes avant d'acheter.

➔ **Isolation et chauffage**

Un habitat bien isolé peut permettre de réduire, jusqu'à 2 fois, sa consommation d'énergie. De même, une température de 20°C suffit dans les pièces de la maison. Chaque degré supplémentaire augmente de 7% la production de dioxyde de carbone, responsable de l'effet de serre.

➔ **Évitez de laisser les appareils en veille** (téléviseur, ordinateur ...).

Un appareil en veille continue de consommer de l'énergie. Pensez également à éteindre la lumière lorsque vous quittez une pièce.

➔ **Optez pour les énergies renouvelables.**

➔ **L'entretien des véhicules** : lorsque le moteur d'un véhicule est bien réglé et entretenu régulièrement, le rendement du moteur est optimisé et la quantité de polluants rejetés est réduite.

➔ **Adaptez votre conduite**

Éviter de faire chauffer le moteur à l'arrêt pour limiter la consommation inutile de carburant.

➔ **1 km à pied, c'est bon pour la santé !**

Pour les petits trajets, laissez la voiture au garage et allez vous dégourdir les jambes. 20% de nos déplacements en voiture ne dépassent pas 1 kilomètre.



Classe énergétique des appareils électro-ménagers (ex : d'un lave-linge)

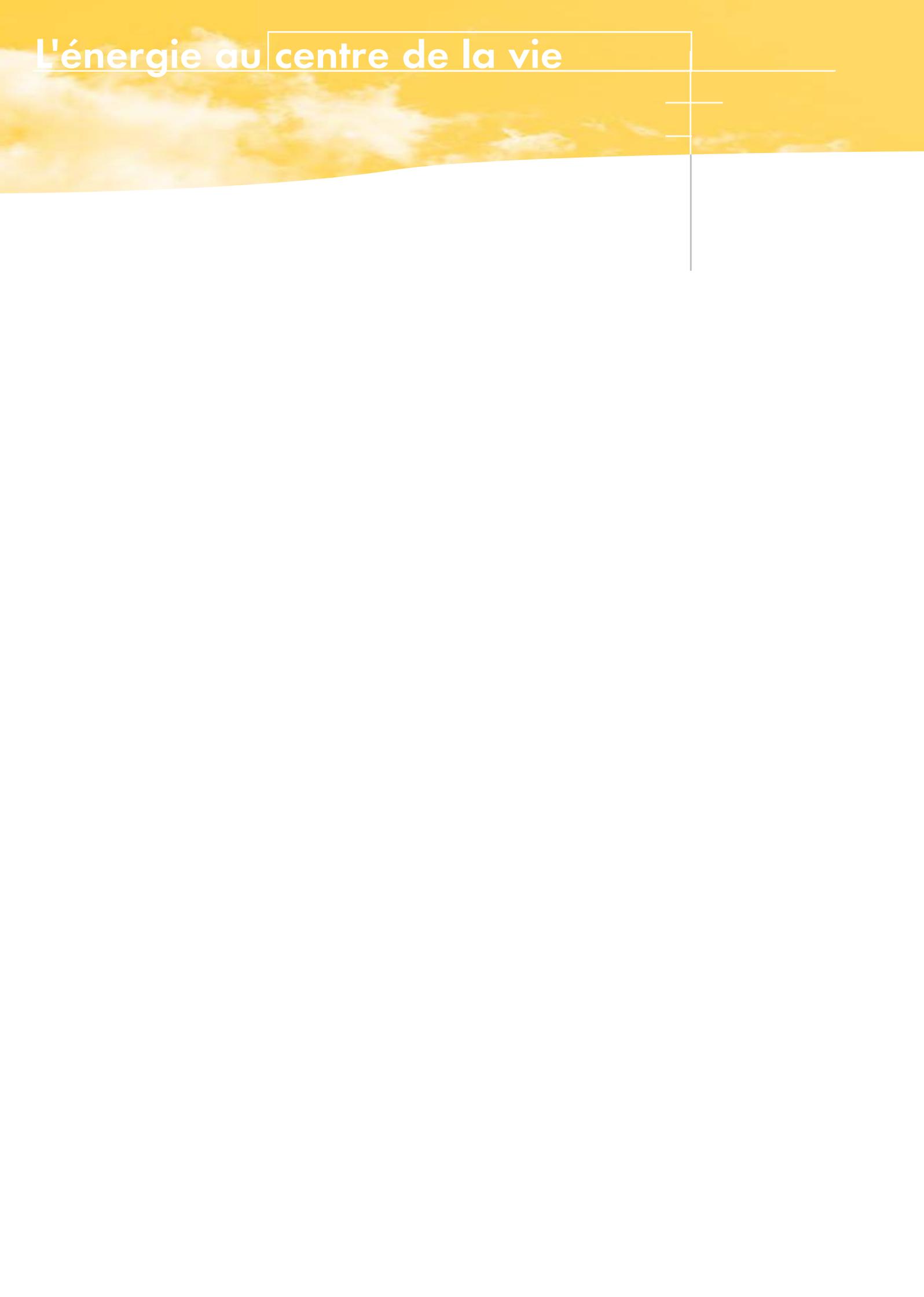




Questionnaire Vrai/Faux

- 1 - Nous consommons le plus d'énergie pour les activités industrielles. VRAI FAUX
- 2 - Un logement bien isolé permet de diviser par 2 la consommation d'énergie VRAI FAUX
- 3 - La moitié des émissions de dioxyde de carbone (de formule chimique CO₂) provient des ménages. VRAI FAUX
- 4 - La consommation d'électricité dans le Nord/Pas-de-Calais représente 83% de la consommation énergétique totale de la région VRAI FAUX
- 5 - La bio masse est l'énergie produite par les matières organiques. VRAI FAUX
- 6 - La production et l'utilisation d'énergies renouvelables peuvent entraîner des nuisances VRAI FAUX
- 7 - Ce sont les pays industrialisés qui consomment le plus d'énergie. VRAI FAUX
- 8 - Depuis 1900, les teneurs des gaz à effet de serre, présents dans l'atmosphère, ont doublé VRAI FAUX
- 9 - Le bio gaz est aussi appelé "gaz naturel renouvelable" VRAI FAUX
- 10 - 5 déplacements sur 100 effectués en voiture sont inférieurs ou égaux à 1 kilomètre VRAI FAUX
- 11 - La solution pour répondre aux besoins croissants d'énergie est d'en augmenter la production VRAI FAUX
- 12 - La troisième énergie la plus consommée dans le Nord Pas-de-Calais est le gaz naturel VRAI FAUX

L'énergie au centre de la vie





Qu'est-ce que le gaz naturel ?

Lorsque la surface de la Terre était quasiment couverte par les océans, un plancton, composé de plantes et d'animaux morts, recouvrait le fond des mers. Amassés au fond de l'eau, ces organismes, recouverts par la boue, le sable et les sédiments, se sont progressivement transformés sous l'effet de la chaleur et de la pression de l'eau, en pétrole et en gaz naturel. Avec les mouvements des plaques terrestres se sont créées des poches sorte de "roches réservoirs" qui emprisonnent entre une roche poreuse et une roche imperméable, le pétrole et le gaz naturel. Le gaz, plus léger que le pétrole, se place entre le pétrole et la couche imperméable.

Le Gaz Naturel Véhicules (GNV) est le même gaz que celui utilisé pour le chauffage ou la cuisson domestique. Il est acheminé par des réseaux souterrains, supprimant ainsi les nuisances du transport du carburant par route.

Le gaz naturel se présente constamment en phase gazeuse, il est simplement comprimé à 200 bar, soit une pression identique à celle des bouteilles de plongée.

Essentiellement composé de méthane (CH_4), le gaz naturel est le plus léger des hydrocarbures. Non toxique, sa combustion produit principalement de la vapeur d'eau et du gaz carbonique, comme la respiration humaine. Elle n'émet ni poussière, ni suie, ni fumée et très peu de dioxyde de soufre (SO_2) responsable des pluies acides. Les rejets de CO_2 , dus à sa combustion, sont beaucoup moins importants que ceux des autres hydrocarbures.

Les différents gaz

Il existe plusieurs types de gaz naturels qui diffèrent selon les gisements. Ils sont constitués pour 70 à 100% de méthane (CH_4), le reste se répartissant entre diazote (N_2), dioxyde de carbone (CO_2), et sulfure d'hydrogène (H_2S).

Les usages du gaz

Les trois principaux usages du gaz naturel que nous connaissons et que tout un chacun utilise sont :

- l'eau chaude,
- la cuisson,
- le chauffage.

L'industrie utilise également le gaz naturel dans différents process (fabrication du verre, du papier, transformation de l'acier...).

Le GNV est un carburant alternatif pour les véhicules lourds : autobus, bennes à ordures ménagères..., ces véhicules sont équipés de moteurs dédiés.

Le GNV est également utilisé par les véhicules légers qui sont dotés de moteur bicarburant : GNV / Essence.

Le gaz naturel dans le Nord Pas-de-Calais

Le Nord Pas-de-Calais est une région importante pour le transit du gaz naturel en France et en Europe. Avec deux points d'entrée à Loon-Plage près de Dunkerque et Taisnières-sur-Hon dans l'Avesnois.

Près de 60% du gaz naturel consommé en France transite par la région. Ce sont également les réseaux et stations de compression, situés dans le Nord/Pas-de-Calais, qui permettent d'acheminer le gaz norvégien à destination de l'Italie et de l'Espagne.

La population de la région a accès à cette énergie respectueuse de l'environnement. En effet, près de 900 communes sont raccordées au réseau de gaz naturel dans le Nord Pas-de-Calais. Ainsi, 94% de la population de la région réside dans une zone desservie en gaz naturel.

Il y a de l'eau dans le gaz !

La fermentation des boues des stations d'épuration produit du gaz

Pour lutter contre la pollution de l'air, la Communauté urbaine de Lille a mis sur pied en 1990, un projet visant à faire fonctionner ses bus urbains avec du gaz méthane produit à partir de la fermentation des boues de la station d'épuration de Marquette. Le gaz produit est d'une qualité comparable au gaz de ville qui alimente nos chaudières et nos cuisines.



Le carburant d'un nouvel air

- **Un carburant propre :**
le bus au gaz ne dégage ni fumée noire ni poussière et ne rejette aucune particule de soufre ou de plomb. Il permet également de réduire la production de gaz à effet de serre.
- **Un carburant discret :**
il permet de réduire le bruit du moteur de 50 %.
- **Un carburant écologique :**
 - produit à partir des boues des stations d'épuration, le gaz méthane permet de recycler certains déchets
 - amené par gazoduc, le gaz naturel limite les transports de carburant par camions citerne.
- **Un carburant économique :**
son prix de revient kilométrique est comparable au gazole mais est beaucoup moins sensible aux fluctuations des marchés.
- **Un carburant d'avenir :**
 - issu du recyclage des déchets, le gaz méthane contribue à l'indépendance énergétique des transports.
 - les importantes réserves mondiales de gaz naturel assurent une réelle sécurité d'approvisionnement.

Les bus roulent au gaz !

En 1994, la Communauté urbaine de Lille est la première collectivité de France à mettre en exploitation commerciale un bus urbain diesel modifié pour rouler au gaz. Celui-ci fonctionne indifféremment au gaz méthane ou au gaz naturel.

En 1997, commence la production industrielle du bus au gaz naturel et la Communauté urbaine de Lille s'équipe progressivement des 7 premiers modèles. Testés en "grandeur nature", ils permettent de vérifier la fiabilité technique, économique et environnementale de ce carburant.

Après 500 000 km d'exploitation et de suivi de tous les paramètres, la Communauté urbaine décide en 1999 de remplacer progressivement le tiers de sa flotte de bus urbains par des modèles fonctionnant au gaz ; soit 100 nouveaux bus.

Les 60 premiers sont livrés en 2001 et sont alimentés par une nouvelle station de compression construite sur le site du dépôt de bus de Villeneuve d'Ascq. Fin 2002, cent bus au gaz, soit un tiers de la flotte de bus urbains de la Métropole, seront en exploitation commerciale sur le territoire. Avec le tramway, le métro et le bus, plus de 80 % des déplacements en transports en commun dans la Métropole sont respectueux de l'environnement.



Source :
Communauté urbaine de Lille

Les autres moyens de transport en commun de la métropole lilloise

Le VAL

La Métropole lilloise dispose depuis 1983 du VAL (Véhicule automatique léger), premier métro automatique au monde. Son réseau qui comptait jusqu'alors 25,8 km de lignes et 39 stations s'est agrandi fin 1999 avec un nouveau tronçon de 12,4 km qui dessert 16 nouvelles stations. Depuis fin octobre 2000, 3,6 km de lignes et 5 stations supplémentaires sont ouvertes au public.

Le TGV

Le TGV assure aujourd'hui une centaine de liaisons quotidiennes à la fois au départ et à destination de la Métropole. Grâce à lui, la Métropole est désormais à 1 h de Paris, 40 mn de Bruxelles, 55 mn de Roissy Charles de Gaulle, 2 h de Londres et bientôt à moins de 2 h de Cologne et Amsterdam. Le TGV nord est également relié au réseau TGV Atlantique.

Les bornes d'appel taxi

Unique en France, la Métropole dispose d'un système de bornes d'appel taxi qui permet aux habitants de 26 de ses communes éloignées de rallier les stations terminales du métro pour le prix de deux tickets.



Les transports dans le Nord Pas-de-Calais

Le transport routier représente 16% de la consommation énergétique du Nord Pas-de-Calais mais il est le plus important émetteur de polluants dans l'atmosphère puisqu'il est responsable de :

- 51% des émissions d'oxydes d'azote, précurseurs de l'ozone
- 40% des émissions de composés organiques volatils, précurseurs de l'ozone
- 35% des émissions de monoxyde de carbone
- 17% des émissions de dioxyde de carbone

Les villes recueillent à elles seules 50 à 75% des émissions régionales totales.

(source : Plan Régional de la Qualité de l'Air)



Les déplacements urbains dans la métropole lilloise

Source Enquête ménages déplacements 1998

Mission Plan de Déplacements Urbains de Lille Métropole/Communauté Urbaine

ENQUÊTE RÉGIONALE

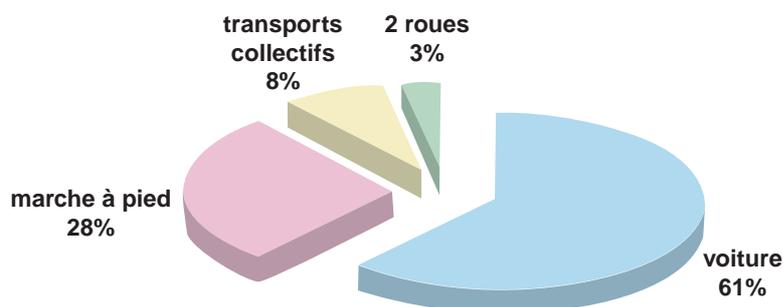
La Communauté Urbaine de Lille a réalisé en 1998 une grande enquête auprès des habitants de la métropole lilloise sur leurs pratiques de déplacements.

5100 familles, soit 13 000 personnes, ont été interrogées pour reconstituer les déplacements d'une journée moyenne de semaine.

Quelques chiffres clés :

En moyenne, chaque habitant de la métropole effectue 4 déplacements par jour :

4 déplacements par jour et par habitant



Quels commentaires amènent ces chiffres ?

- **La voiture est au premier rang des moyens de transport.** Elle est en constante progression depuis 30 ans. Ainsi depuis 1987, si l'ensemble des déplacements des habitants a augmenté de 24%, la voiture absorbe 90% de l'accroissement de cette mobilité.
- Avec près d'**1 déplacement sur 3 réalisé exclusivement à pied**, la marche est un mode de déplacement à part entière ;
- Avec **8%** des déplacements, la part des **transports collectifs** reste stable et ce, grâce au métro. La métropole lilloise connaît la même évolution que les agglomérations françaises qui, ayant consenti des investissements importants dans leurs transports collectifs, maintiennent leur part dans les déplacements. Les agglomérations n'ayant pas fait cet effort d'investissements ont, en général constaté que les transports collectifs progressent peu ;
- Les 2 roues représentent 3% des déplacements : les vélos (2%) et les 2 roues motorisés (1%)



L'énergie au centre de la vie

Comment se situe la métropole lilloise par rapport à quelques grandes agglomérations françaises, et européennes ?

Le nombre de déplacements quotidiens par habitant, qui semblait s'être stabilisé à 3,5 autour des années 1990, marque une tendance récente à la hausse, en particulier à Lille et à Strasbourg.

Pourquoi se déplace-t-on dans la métropole lilloise ?

Au premier rang des raisons de se déplacer la semaine, viennent les loisirs avec 24% des déplacements, suivis de près par les achats-services avec 22%.

Contrairement aux idées reçues, avec 20%, le travail n'est qu'une raison de se déplacer parmi d'autres et sa part continue à diminuer progressivement.

Quand se déplace-t-on le plus ?

30% des déplacements sont concentrés sur 3 heures de pointe : le matin entre 07H30 et 08H30 et le soir entre 16H15 et 18H15. Sur les transports collectifs, les pointes sont encore plus prononcées : 40% sur les 3 heures de pointe. Cela signifie que l'on dimensionne les infrastructures de transport pour 3 heures par jour, 5 jours par semaine.

1 déplacement sur 2 fait moins de 2 kilomètres !

Dans les centres villes comme à l'échelle de l'arrondissement de Lille, les déplacements sont plus courts qu'on ne le croit :

- 1 déplacement sur 2 fait moins de 2 kilomètres, mais 4 fois sur 10, ce déplacement est effectué en voiture.
- 1 déplacement sur 4 fait moins de 1 kilomètre
- la longueur moyenne des déplacements a augmenté de 3,7 à 4,2 kilomètres entre 1987 et 1998.

Autrement dit, bon nombre de déplacements urbains sont des déplacements de proximité, largement praticables à pied, en vélo ou en transports collectifs.

L'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité estime que le parc de véhicules particuliers de la région augmenterait de 35% d'ici 2010, soit 2 300 000 véhicules, contre 1 700 000 véhicules en 1999.

Si cette croissance se poursuit, les centres villes et les grands axes de circulation seront rapidement engorgés accentuant la pollution atmosphérique. Comme le prévoit la Loi sur l'Air et l'Utilisation rationnelle de l'Energie, les agglomérations de plus de 100 000 habitants doivent donc se doter d'un Plan de Déplacements Urbains (PDU) afin de diversifier et de coordonner les différents modes de transports (bus, zones piétonnes, pistes cyclables,...), de limiter le trafic et...de préserver une bonne qualité de l'air !!!!!



Les solutions simples pour polluer moins et respirer mieux !

Chacun peut individuellement y contribuer :

- par le choix d'un véhicule "propre" (véhicules électriques, GPL,...)
- par l'entretien régulier de son véhicule et un moteur bien réglé.
Par exemple, l'encrassement du filtre à air, des pneus mal gonflés peuvent entraîner une sur-consommation.
- par le co-voiturage (utilisation d'un seul véhicule pour plusieurs personnes)
- par des déplacements en bus, en vélo, à pied
- par une conduite souple et économique en roulant à vitesse modérée sans à-coups de conduite (accélération forte suivie de freinage fréquents)





L'énergie éolienne

Le développement de l'énergie éolienne en France, s'inscrit dans le programme national mis en place en 1996, appelé "Eole 2005". Il s'agit de promouvoir les projets de parcs "éoliens" pour réduire les gaz à effet de serre.

L'énergie éolienne est en effet reconnue comme une des technologies énergétiques les moins dommageables pour l'environnement : elles n'émettent pas d'oxydes d'azote (NOx), d'oxydes de soufre (SOx), ni de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄).

Un aérogénérateur de 500 kW pourrait éliminer 1 000 à 2 000 tonnes d'émissions de CO₂ par année.



Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'une éolienne consiste à transformer l'énergie cinétique du vent (déplacement des masses d'air) en énergie mécanique ou électrique.

La rotation des pales exposées au vent fait tourner une génératrice qui produit de l'électricité. La puissance de l'énergie, récupérable par l'éolienne, est variable selon le diamètre de l'éolienne (longueur des pales) et de la vitesse du vent. Viennent s'y ajouter les rendements des différents composants (génératrice, multiplicateur, surface balayée par le rotor).

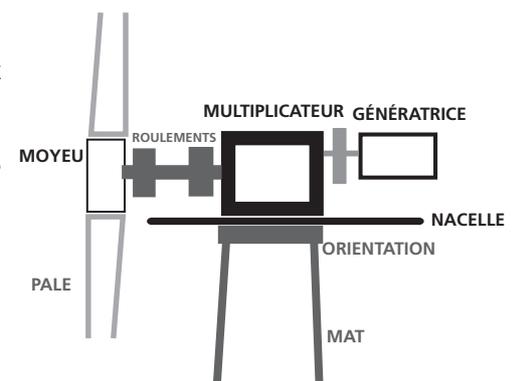
Les éoliennes fonctionnent de jour comme de nuit toute l'année. Le vent est inépuisable et constitue, par conséquent, une réelle ressource renouvelable.

Elles sont conçues pour permettre une production maximale de puissance avec des vents de force moyenne. Si les vents sont violents, un système de régulation électrique permet de freiner le fonctionnement de l'éolienne.

En cas de vents trop forts, la machine est stoppée afin de lui éviter des charges trop importantes.

Coupe schématique d'une éolienne "classique"

- **Le rotor** : généralement constitué de 3 pales fixées sur un moyeu. Les pales ont été fabriquées en fibre de verre ou fibre de carbone. Elles sont profilées pour permettre à l'écoulement d'air de créer une surpression sur l'un des profils et une dépression sur l'autre profil (comme pour l'aile d'un avion cf dossier 1). Cette différence de pression est à l'origine du mouvement de rotation de l'hélice.
- **La transmission mécanique** (roulement + multiplicateur) : elle transforme le mouvement de rotation du rotor en un mouvement utilisable par le générateur.
- **La génératrice électrique** : elle transforme l'énergie mécanique en énergie électrique, comme une dynamo ou un alternateur de voiture.
- **Le multiplicateur** : il accélère la vitesse de rotation du rotor pour la génératrice électrique.
- **La nacelle** : elle supporte le rotor, la transmission et la génératrice.
- **Le système d'orientation** : il comprend un moteur électrique commandé par une girouette, et permet de diriger l'éolienne face au vent.
- **Le mât** : il supporte la nacelle.
- **Le système électrique** : il gère la connexion au réseau ainsi que le fonctionnement de l'électricité.



L'énergie au centre de la vie

Informations complémentaires

- Le pilotage d'une éolienne est totalement automatique.
- Le fonctionnement est contrôlé à distance.
- Différents dispositifs de freinage permettent d'interrompre le fonctionnement en cas de problème (vent violent ...).
- Au pied de chaque éolienne, un transformateur augmente la tension du courant électrique produit.
- L'énergie électrique est ensuite envoyée sur le réseau général où elle sera "consommée".

Quelle quantité d'électricité produite ?

Une éolienne d'1MW (mégawatts) produit en moyenne 3 millions de kWh (kilowatts par heure) tout au long de l'année. Ceci correspond à la consommation électrique de 1000 personnes (hors chauffage).

Quelles conséquences sur l'environnement ?

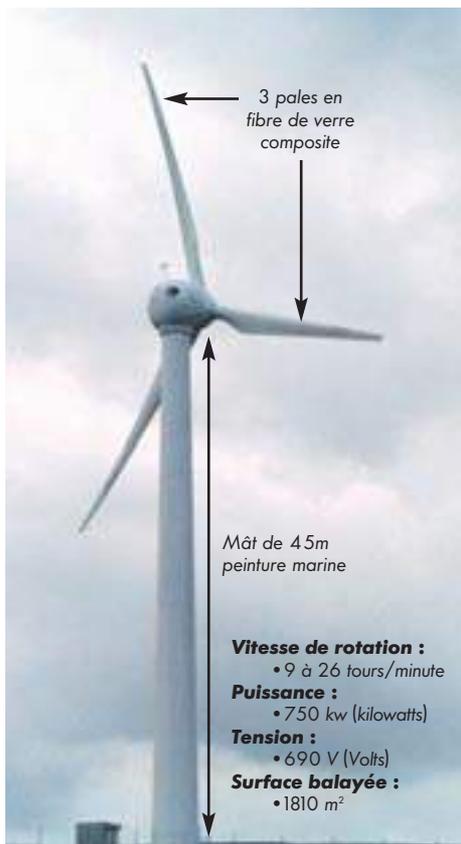
L'implantation d'une éolienne implique une modification du paysage plus ou moins importante. Pour chaque site potentiel, les caractéristiques paysagères doivent être analysées avec une prise en compte également de l'esthétisme de la machine (taille, couleur,...). La filière industrielle a aussi développé les recherches vers des technologies permettant de réduire le bruit des équipements : coussinets amortisseurs, profil des pales, ...

Aujourd'hui, il est demandé aux industriels de respecter une distance d'au moins 500 mètres entre l'éolienne et les habitations les plus proches.

L'exemple du parc éolien de WIDEHEM (Pas-de-Calais)

La première éolienne de la région Nord Pas-de-Calais a été installée en 1991 à MALO-LES-BAINS. Expérimentale, elle a validé la fiabilité technique et économique de la filière éolienne.

En 1996, le village de DUNKERQUE, accueille la 1ère Centrale Eolienne de la région, composée de 9 éoliennes de 300 kW.



Une des six éoliennes de Widehem (62)

Trois ans plus tard, la commune de WIDEHEM accueille, à son tour, un parc éolien. Il s'agit de la première centrale éolienne de grande puissance (6x750 kW).

Les éoliennes de WIDEHEM sont implantées depuis 1999 au sommet des falaises de DANNES (sur les côtes du Boulonnais) à une hauteur de 170 mètres. Le choix du site pour une éolienne tient compte à la fois de la faisabilité technique et des contraintes environnementales. Le site de Widehem a été retenu car les vents marins de secteur Sud-Ouest atteignent une vitesse moyenne de 8 mètres/secondes et sont réguliers.

S'intégrant dans le cadre du programme Eole 2005, la Centrale Eolienne de WIDEHEM, haute de 50 mètres, est la première de ce type en France en terme de puissance. Equipée d'éoliennes J48, modèle de 750 kilowatts, elle garantit une production élevée d'énergie.

Les aérogénérateurs, conçus par une industrie de la région Nord Pas-de-Calais ont un concept inédit. Leur alternateur à aimants permanents permet un gain de place important, et une réduction des besoins de maintenance. Ils s'adaptent également, en permanence, à la vitesse du vent afin de fluidifier la production d'énergie. Les éoliennes sont connectées au réseau électrique qui permet de fournir une électricité de qualité avec un contrôle permanent de la puissance délivrée. Sa production annuelle est estimée à 12 600 000 kWh par an.



Éteins la lumière

Lecture d'une facture d'électricité.

1. Les coordonnées de l'agence EDF GDF SERVICE
2. Votre référence client.
3. Si votre facture est une facture intermédiaire, la mention "intermédiaire" figure à cet endroit.
4. Le relevé de votre compteur : nouvel index, ancien index et différence.
5. Date approximative de votre prochaine facture.
6. Puissance souscrite.
7. Le montant de votre abonnement et de vos consommations en euros hors taxes.
8. Taux de TVA : 19,6% sur les consommations et les taxes locales, 5,5 % sur l'abonnement.
9. Taux de taxes locales : elles sont perçues par les communes et les départements.
10. Montant à payer ou à prélever.
11. Récapitulation des montants dûs en FF et en Euros.
12. Identification de vos compteurs.
13. Historique de vos consommations

1. Coordonnées de l'agence EDF GDF SERVICE

2. Votre référence client

3. Mention "intermédiaire" (si applicable)

4. Relevé de votre compteur (nouvel index, ancien index, différence)

5. Date approximative de votre prochaine facture

6. Puissance souscrite

7. Montant de votre abonnement et de vos consommations en euros hors taxes

8. Taux de TVA (19,6% sur les consommations et les taxes locales, 5,5% sur l'abonnement)

9. Taux de taxes locales

10. Montant à payer ou à prélever

11. Récapitulation des montants dûs en FF et en Euros

12. Identification de vos compteurs

13. Historique de vos consommations

4. Identification de vos compteurs

5. Date approximative de votre prochaine facture

6. Puissance souscrite

- Recherchez dans la maison tous les équipements qui consomment de l'énergie. Identifiez la nature de l'équipement et l'énergie utilisée (TV, magnétoscope, machine à laver...)
- Pour les appareils électriques, recherchez leur puissance nominale, exprimée en watts, indiquée sur l'appareil ou sur sa notice d'utilisation
- Repérez la classe énergétique des équipements
- Combien d'heures est utilisé chaque équipement, par jour ?
- Calculez la consommation d'énergie totale de la maison par jour, en différenciant chaque unité de mesure
- Recherchez sur la dernière facture EDF/GDF le prix du kilowatts et calculez le coût de la consommation d'électricité de votre habitation pour une journée et pour 2 mois



L'énergie au centre de la vie

	Nature de l'énergie	Unité de mesure	Classe énergétique	Nombre d'heures de consommation par jour
Four grill				
Four micro-ondes				
TV				
Magnétoscope				
Lave-linge				
Poêle à bois/cheminée				
Radiateurs électriques				
Radiateurs à gaz				
...				

Type d'énergie	Unité de mesure	Prix unitaire de l'énergie	Consommation totale de votre habitation par jour	Coût de la consommation totale pour 1 journée	Coût de la consommation totale pour 2 mois
Électricité					
Gaz					
Bois					
Charbon					
Pétrole					
Fioul					
...					
Total =					



- Comparez les totaux des coûts de consommation pour chaque énergie. Quelle est l'énergie la moins onéreuse ? Est-elle également la plus "propre" pour l'environnement ?
- En effectuant cette recherche, avez-vous eu l'impression que l'énergie était parfois "gaspillée" (lampe allumée et télé dans une pièce vide, maison surchauffée ...) ?
- Quels sont selon vous les comportements à encourager pour réduire le gaspillage ? Citez quelques exemples dont un lié à votre habitation
- Quelles sont les informations à connaître avant l'achat d'un appareil électroménager ?
- Quelle est la consommation d'un équipement en veille (ex : pour une TV, un ordinateur ...) ? Que pouvez-vous en conclure ?



Surveillance et Information sur la qualité de l'air



La qualité de l'air sous haute surveillance

Les associations de surveillance de la qualité de l'air du Nord Pas-de-Calais

Elles sont au nombre de quatre, regroupées sous le nom de Nord Pas-de-Cal'Air, nom de la charte de collaboration qu'elles ont signée en avril 2000.

OPAL'AIR

La plus ancienne, OPAL'AIR, a été créée en 1976 sous le nom d'AREMAD : Association pour la mise en œuvre du Réseau d'Etude, de Mesure et d'Alarme pour la prévention de la pollution atmosphérique sur la communauté urbaine de Dunkerque. En 1988, le réseau AREMAD s'étend au Calaisis et prend le nom d'AREMADEC (... et Calais)

En 1998, elle prend pour dénomination "Association de surveillance de la qualité de l'air " Flandre – Côte d'Opale. Sa zone de compétence géographique recouvre les arrondissements de Calais, Boulogne sur Mer, Dunkerque, Montreuil sur Mer et Saint Omer. Elle adopte l'appellation usuelle OPAL'AIR.

OPAL'AIR édite le "Bulletin de l'air", rapport mensuel sur la qualité de l'air de sa zone de surveillance et sur les informations concernant la vie du réseau.



AREMA LILLE MÉTROPOLE

L'AREMA Lille Métropole est le second réseau de la région créé en décembre 1979 sous le nom de AREMALRT, Association pour la mise en œuvre du Réseau d'Etude, de Mesure et d'Alerte pour la prévention de la pollution atmosphérique de Lille Roubaix Tourcoing. En 1983, les 13 stations automatiques de mesure surveillent la qualité de l'air de la Communauté urbaine de Lille. Pour fêter ses 10 ans, l'AREMALRT change de nom et s'appelle désormais l'AREMA Lille Roubaix Tourcoing. Suite à l'extension de sa zone de surveillance à l'arrondissement de Lille, l'AREMA change de nom et devient l'AREMA Lille métropole. L'AREMA dispose aujourd'hui d'une vingtaine de stations de mesure.

L'AREMA Lille Métropole publie chaque trimestre son bulletin "C'est dans l'air... de Lille Métropole !", bilan de la qualité de l'air sur l'arrondissement de Lille.



AREMA Lille Métropole
Surveillance et Information
sur la qualité de l'air
de la métropole lilloise

AREMARTOIS

L'AREMARTOIS, Association pour la mise en œuvre du Réseau d'Etude, de Mesure et d'Alerte pour la prévention de la pollution atmosphérique de l'Artois, a été inaugurée le 21 septembre 1990. Elle a vu le jour à l'initiative de la Préfecture du Pas de Calais, du Conseil Général du Pas de Calais, de la Direction Régionale de l'Industrie de la Recherche et de l'Environnement, de la ville de Béthune, des associations Nord Nature et APPA et du GIQA. Le réseau de mesures comprend aujourd'hui 19 stations, soit 54 analyseurs répartis sur les arrondissements d'Arras, de Béthune et de Lens.

L'AREMARTOIS édite son bulletin mensuel "Courants d'air", dans lequel elle présente le bilan de la qualité de l'air sur l'Artois.



AREMASSE

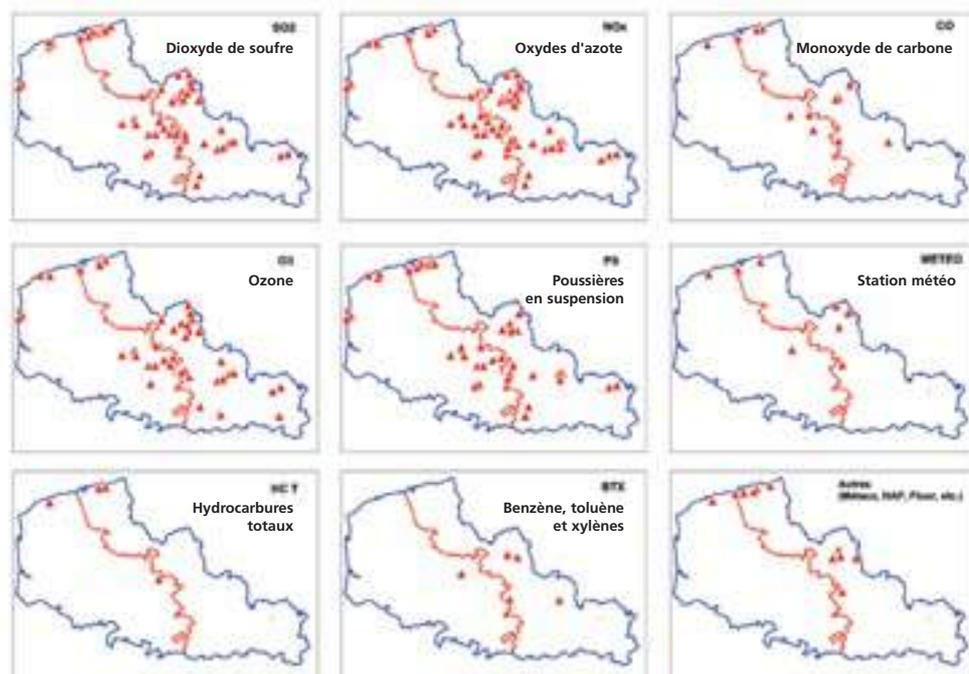
L'AREMASSE est le dernier réseau créé dans la région Nord Pas-de-Calais. Sa mise en place a débuté en 1998. Au 1er janvier 2001, le réseau comptait 16 stations de mesure à son actif. L'objectif d'implantation est de 19 stations. Sa zone de compétence couvre les arrondissements de Douai, Valenciennes, Cambrai et d'Avesnes sur Helpe.



Surveillance et Information sur la qualité de l'air

Les polluants surveillés dans la région Nord Pas-de-Calais :

Un certain nombre de polluants sont surveillés sur l'ensemble de la région. Certains réseaux surveillent cependant des polluants particuliers de par la nature même du réseau.



Les cartes de la région présentent les polluants surveillés sur les différents secteurs.

Complément indispensable au dispositif fixe, les quatre associations de surveillance de la qualité de l'air partagent avec l'Ecole des Mines de Douai un dispositif mobile de mesure composé d'un véhicule tracteur, ainsi que deux remorques équipées d'analyseurs de polluants et d'un mât météorologique. Les analyseurs installés permettent de mesurer les mêmes polluants que sur le dispositif fixe : le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, l'ozone, les poussières en suspension, le monoxyde de carbone et les composés organiques volatils. Les paramètres météorologiques recueillis sont la direction et la vitesse du vent, l'humidité de l'air et la température. C'est un dispositif mobile de mesure en continu, à l'arrêt ou en cours de déplacement.

Depuis l'année 2000, les quatre réseaux de surveillance de la qualité de l'air mettent à jour de façon régulière leur site internet commun : www.airdesbeffrois.org.

Chaque jour, le public trouve les indices atmo du jour avec les tendances du lendemain, les données de concentration en moyenne horaire sur l'ensemble des stations de mesure fixes implantées sur les quatre zones d'intervention ainsi que l'historique des jours précédents, les normes en vigueur, les polluants surveillés ou encore les dernières nouvelles des activités des réseaux.

La fédération ATMO

La fédération ATMO représente l'ensemble des 39 associations, agréées par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement pour la surveillance de la qualité de l'air.

Les associations sont composées des services de l'Etat, les collectivités locales et territoriales, les émetteurs (transporteurs, industriels...) et les associations de protection de l'environnement et de consommateurs ainsi que les personnalités qualifiées. Ces quatre collèges sont équitablement représentés au sein des Conseils d'Administration.

Les missions de base, en référence à la loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie du 30 décembre 1996, sont les suivantes :

- La mise en œuvre de la surveillance et de l'information sur la qualité de l'air
- La diffusion des résultats et prévisions
- La transmission immédiate aux préfets des informations relatives aux dépassements ou prévisions de dépassements des seuils d'alerte et de recommandations.

Les associations sont les organismes responsables de la gestion technique et administrative de la surveillance de la qualité de l'air sur leur zone de compétence.

L'ADEME, Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, assure une mission générale de coordination technique au plan national. Le Ministère de l'Environnement définit, pour sa part, les lignes directrices en matière de stratégie de surveillance et a en charge l'élaboration et le suivi des réglementations en la matière.



La couverture du territoire :

Toutes les agglomérations de plus de 100 000 habitants (55 au total) disposent de stations de mesure de la qualité de l'air en fonctionnement au 31 mars 2000. Toutes les régions sont également dotées de camions laboratoires, permettant de procéder à des campagnes de mesures sur les départements ou les zones non équipés de stations de mesures fixes.

La typologie des stations :

Les différentes typologies sont issues du document "Classification et critères d'implantation des stations de mesure de la qualité de l'air".

Les différentes classes ou types de stations sont les suivantes :

Trafic	Surveillance de la pollution atmosphérique en proximité de circulation automobile
Industrielle	Surveillance de la pollution atmosphérique en proximité des sites industriels
Urbaine	Surveillance de la pollution atmosphérique de fond dans les communes du pôle urbain
Périurbaine	Surveillance de la pollution atmosphérique de fond dans les communes périurbaines
Régionale	Surveillance de la pollution atmosphérique de fond à l'échelle régionale
Rurale nationale	Surveillance de la pollution atmosphérique de fond à l'échelle nationale
Observation spécifique	Stations utilisées pour des besoins spécifiques telle que la modélisation ou la prévision

Le dispositif national de surveillance de la qualité de l'air

au 1^{er} juin 2002



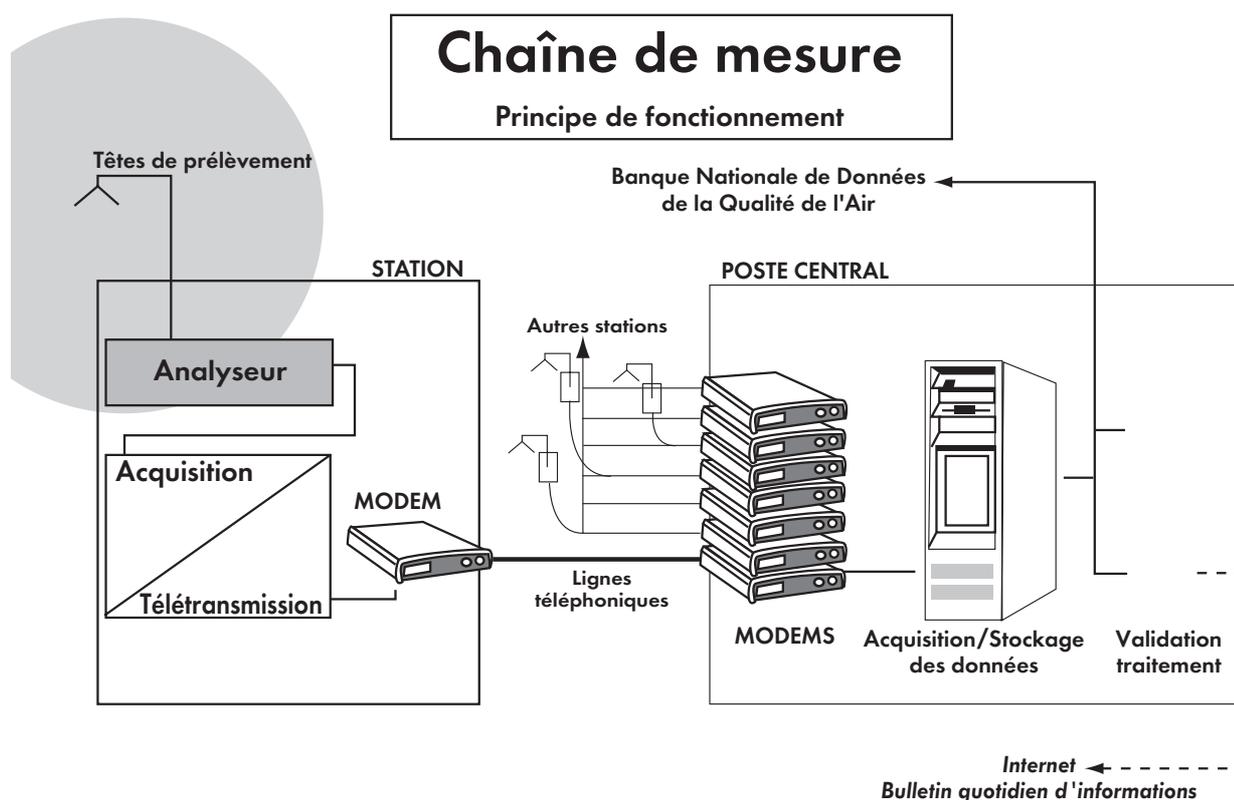
Associations	localisation du siège
ASPA	Schiltigheim
AIRAQ	Bordeaux
ATMO AUVERGNE	Clermont Ferrand
ATMOSF' AIR BOURGOGNE CENTRE	Dijon
ATMOSF' AIR BOURGOGNE SUD	Chalon / Saône
AIR BREIZH	Cesson Sévigné
LIG' AIR	Orléans
ATMO CHAMPAGNE ARDENNES	Reims
ARPAM	Montbéliard
ASQAB	Besançon
AIRNORMAND ALPA	Rouen
AIRNORMAND REMAPPA	Le Havre
AIR COM	Hérouville St Clair
AIRPARIF	Paris
AIR LANGUEDOC ROUSSILLON	Montpellier
LIMAIR	Limoges
AIRLOR	Vandoeuvre les Nancy
ESPOL	Saint Avold
AERFOM	Metz
ORAMIP	Colomiers

Associations	localisation du siège
OPAL' AIR	Gravelines
AREMA LILLE METROPOLE	Lille
AREMARTOIS	Béthune
AREMASSE	Valenciennes
AIR PAYS DE LA LOIRE	Nantes
ATMO PICARDIE	Amiens
ATMO POITOU CHARENTES	Périgny
AIRFOBEP	Martignes
AIRMARAIX	Marseille
QUALIT' AIR	Nice
L'AIR DE L'AIN ET DES PAYS DE SAVOIE	Chambéry
AMPASEL	Saint Etienne
COPARLY	Lyon
ASCOPARG	Grenoble
SUPAIRE	Salaise / Sanne
ASQUADRA	Valence
ORA DE GUYANE	Cayenne
ORA	Saint Clotilde
MADININAIR	Fort de France
GWAD' AIR	Baie Mahault



Principe de mesure de la pollution atmosphérique

Fonctionnement d'un réseau de mesure



Le système métrologique aboutissant, à la mesure d'un polluant, comporte plusieurs étapes :

- L'échantillonnage de l'air ambiant, à partir d'une tête de prélèvement différenciée s'il s'agit d'un polluant gazeux ou particulaire, puis au travers d'une ligne d'échantillonnage (en téflon) vers les analyseurs
- Le conditionnement de l'échantillon d'air, pour les composés gazeux consiste en un traitement avant analyse, principalement de filtration des poussières, de déshumidification ou d'élimination éventuelle d'un composé interférent
- La mesure du composé spécifique par l'analyseur selon une méthode physico-chimique qui dépend du polluant à quantifier (fluorescence UV, corrélation IR, chimiluminescence, photométrie UV...)
- Un dispositif de traitement du signal et de gestion de l'information par un logiciel avant envoi par modem sur une ligne téléphonique vers l'ordinateur du poste central.

A ce niveau, les données et les informations du réseau (état physique des analyseurs et dispositifs connexes) sont archivés dans une base de données. Elles peuvent alors être contrôlées en direct et provoquer le déclenchement de procédures d'alerte. Elles font aussi l'objet de traitements divers tels que :

- Des opérations de validation
- Des calculs statistiques pour l'exploitation (respect de la réglementation ou travaux d'études)
- Des transferts vers d'autres bases de données nationales, ou vers les sites web

Surveillance et Information sur la qualité de l'air

Les stations de mesure

Les stations de mesure sont localisées le plus souvent dans des lieux publics (écoles, mairies), ou dans des cabines techniques. Elles comportent un ou plusieurs analyseurs installés avec le système d'acquisition - transmission et le dispositif de pompage dans une baie de mesure.

L'emplacement des stations dans une agglomération est déterminé selon plusieurs critères (statistiques de population, présence des sources de pollution).

Le tableau suivant reprend les principaux types de stations.



Type de station	Objectifs	Sources principales de pollution
Trafic ou proximité automobile	Fournir des informations sur le niveau maximum de pollution auquel la population située en proximité d'une infrastructure routière est susceptible d'être exposée.	Transport
Industrielle ou proximité industrielle	Fournir des informations sur le niveau de pollution induit par une source industrielle.	Emission générée par une activité industrielle : <ul style="list-style-type: none">• extraction, transformation d'énergie, distribution• industrie y compris traitements des déchets.
Urbaine / périurbaine / rurale	Suivi du niveau moyen de pollution à laquelle est soumise la population vivant en milieu urbain/péri-urbain/rural, mais qui n'est pas soumise à une source directe de pollution.	Multi-émetteurs : transports, chauffage domestique, industrie.
Observation	Station utilisée pour des besoins spécifiques ou pour l'observation de polluants particuliers.	Selon l'objectif de la station.

D'après l'ADEME, "Guide d'aide pour la classification des stations"

Techniques de mesure

Les appareils présents dans la baie de mesure ne mesurent qu'un polluant ou un groupe de polluant de même famille (NO et NO₂, Benzène, Toluène et Xylènes). Les méthodes mises en œuvre sont, pour les polluants gazeux, basées sur des principes physico-chimiques. Voyons ces méthodes pour les principaux polluants mesurés par les Associations Agréées de Surveillance de la qualité de l'Air.

Ozone

Absorption UV

L'ozone présent dans l'air ambiant possède une bande d'absorption dans l'ultraviolet, qui peut être mesurée à la longueur d'onde de 254 nm, longueur d'onde d'une raie d'émission d'une lampe à décharge au mercure à basse pression. Après avoir traversé ce rayonnement lumineux incident (I_0), la quantité d'ozone contenue dans l'air ambiant sera connue par mesure du rayonnement transmis (I) à l'aide de la loi de BEER-LAMBERT qui relie concentration et intensités des rayons incidents et transmis par la relation suivante :

$$I = I_0 \exp(-eIC)$$

e = coefficient d'absorption de l'ozone, constant

l = longueur de la cellule d'absorption où circule l'air à analyser

C = concentration en ozone

Oxydes d'azote

Chimiluminescence

Seul NO donne une réaction de chimiluminescence avec l'ozone (O_3). Pour être mesuré NO_2 , passera dans un four pour être réduit en NO.

La réaction de chimiluminescence est telle que :

$NO + O_3$ conduisent à une oxydation en $NO_2 + O_2$.

NO_2 se trouvant à l'état énergétique excité, le retour à l'état fondamental donne un rayonnement lumineux caractéristique. L'intensité du rayonnement lumineux est proportionnelle à la concentration de NO présent dans l'air ambiant. NO est mesuré directement tandis que NO_2 est mesuré par différence.

Dioxyde de soufre

Fluorescence UV

À l'état énergétique fondamental, la molécule de SO_2 va absorber un rayonnement UV qui va la porter dans un état excité. La molécule de SO_2 possède alors un supplément d'énergie. À ce niveau, elle va rapidement céder de l'énergie sous 2 formes : la fluorescence caractéristique (utilisée dans l'analyse du SO_2) et une autre, parasite.

Pour l'analyse, l'intensité de fluorescence est proportionnelle à l'intensité du rayonnement incident et à la concentration du SO_2 .

$$[SO_2] = k \times IF$$

Monoxyde de carbone

Absorption IR

Les rayons infrarouges peuvent modifier les états de rotation -IR lointain- ou de rotation-vibration des molécules -IR moyen-, telles que le CO. L'énergie du rayonnement est absorbée et on obtient des spectres d'absorption caractéristiques. L'absorption du rayonnement IR suit alors la loi de BEER-LAMBERT :

Après la traversée d'une cellule de longueur l , contenant le gaz à analyser à la concentration C , l'intensité du faisceau lumineux d'intensité incidente I_0 à la longueur d'onde de $3,67 \mu m$ pour le CO, est donnée par la relation suivante :

$$I = I_0 \exp(-kl)$$

Avec k , constant, étant le coefficient d'extinction moléculaire du CO.

Particules en suspension

Absorption rayonnement β

Les matières en suspension dans l'air ambiant sont aspirées à travers une tête de prélèvement chauffée qui sélectionne les poussières respirables, et se déposent sur un filtre en forme de ruban.

Le rayonnement Bêta de faible énergie est absorbé par les électrons des composés présents dans les poussières. Comme le nombre de ces électrons est proportionnel à la masse volumique, l'absorption est donc proportionnelle à la masse de matière, indépendamment de la nature physico-chimique de celle-ci. Pour la mesure, on utilise la technique différentielle : on mesure l'absorption due aux poussières et au filtre vierge, ce qui permet de s'affranchir de certains paramètres comme l'activité de la source ou l'hétérogénéité du filtre.

Gravimétrie

Prélevées de façon classique à l'aide d'une tête de 10 μm , les particules sont conduites dans une enceinte chauffée à 50°C. Elles se déposent sur un filtre muni d'un élément oscillant constitué d'un quartz. En fonction de la charge, les poussières vont modifier la fréquence d'oscillation du quartz. Le signal électronique d'oscillation alors proportionnel à la masse de particules donnera la quantité de poussières se trouvant sur le filtre.

Composés organiques volatils (hydrocarbures totaux)

Ionisation de Flamme

Si l'on injecte dans une flamme air-hydrogène des molécules contenant des atomes de carbone, on obtient des ions dont on peut mesurer la concentration en recueillant le courant sur une électrode placée au-dessus de la flamme. Le courant recueilli par l'électrode est proportionnel au nombre d'atomes de carbone présents dans la flamme, ce qui permet d'en mesurer la concentration. Il faut noter que le coefficient de proportionnalité dépend de la "famille" des molécules : hydrocarbures, alcools, cétones,...

Pour les hydrocarbures au sens strict qui ne contiennent que des atomes de carbone et d'hydrogène, le courant d'ionisation est proportionnel au nombre d'atomes de carbone passant dans la flamme. Dans ce cas le détecteur à ionisation de flamme (F.I.D. en anglais) donne une réponse proportionnelle à la quantité d'hydrocarbures présents. D'autre part, la réponse du détecteur est plus faible pour les molécules contenant d'autres atomes (Chlore, oxygène); on peut alors considérer que la réponse est alors spécifique des hydrocarbures. On peut également doser soit les hydrocarbures totaux si l'air ambiant est envoyé directement dans le brûleur, soit les hydrocarbures non méthaniques par différence.

Poussières sédimentables

Gravimétrie et dosages chimiques

Les plaquettes de dépôts (ou plaquettes DIEM) sont constituées de plaquettes minces en aluminium (ou acier-inox) de 5 cm à 10 cm recouvertes d'un film de vaseline qui retient les particules sédimentables sèches.

Après exposition pendant 1 à 2 semaines, les plaquettes sont envoyées en laboratoire où les particules sont récupérées après séparation de la vaseline et des poussières dans un solvant. On détermine ainsi la masse de poussières, et on effectue des analyses chimiques éventuelles.



Fiche alerte

Afin de limiter l'exposition des personnes, en cas d'épisode de pollution important, une procédure d'information du public a été mise en place, une astreinte est effective toute l'année dans les réseaux depuis 1997.

Lorsqu'une station enregistre un dépassement de seuil, elle alerte immédiatement le poste central. La personne se rend alors au réseau. Elle valide les données afin de s'affranchir des dysfonctionnements d'analyseur et vérifie l'état de la qualité de l'air sur l'ensemble des stations. Si le dépassement est constaté (c'est-à-dire si 2 stations dépassent les moyennes autorisées à moins de 3 heures d'intervalle dans la même agglomération), la personne informe immédiatement les autorités administratives.

Le décret d'application de la loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie du 6 mai 1998, relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé fixe les objectifs de qualité, seuils d'alerte et valeurs limites. Il fixe aussi la liste des polluants à surveiller et les conditions de diffusion de l'information.

Les alertes nationales concernent les polluants suivants :

- le dioxyde de soufre : SO₂
- le dioxyde d'azote : NO₂
- l'ozone : O₃

Les alertes sont déclenchées lorsqu'un des seuils est franchi sur deux capteurs de la même zone avec un décalage temporel inférieur à 3 heures.

Les seuils (fixés par le décret du 6 mai 1998) sont les suivants :

Tableau 1 : Seuils d'alerte des polluants surveillés (Concentration en micro-grammes (µg) par mètre cube et par heure) - Arrêté du 24 novembre 1998.

	O ₃	NO ₂	SO ₂
Seuil de mise en vigilance	130	120	200
Seuil de recommandation	180	200	300
Seuil d'alerte	360	400	500 (sur 3 heures)

Ces valeurs sont susceptibles d'évoluer avec la réglementation.

Lorsqu'un seuil d'alerte est approché puis dépassé, les pouvoirs publics mettent en œuvre un plan de protection gradué en fonction des concentrations de polluants et de la nature exacte de la pollution (automobile, industrielle...).

Dès le dépassement du niveau de recommandation et d'information, la population en est informée et notamment sur les concentrations constatées et leur évolution prévisible, des conseils aux personnes sensibles (limitation des efforts physiques par exemple) et des recommandations destinées aux personnes ou organismes susceptibles de contribuer à la maîtrise des émissions de pollution (industriels, automobilistes, utilisateurs de solvants...).

Lorsque le seuil d'alerte risque d'être atteint ou est atteint, les préfets informent le public des mesures qu'ils ont décidées de mettre en place pour améliorer la situation :

- arrêt de certaines installations industrielles
- restrictions de la circulation automobile
- limitations de vitesse
- gratuité des transports en commun...



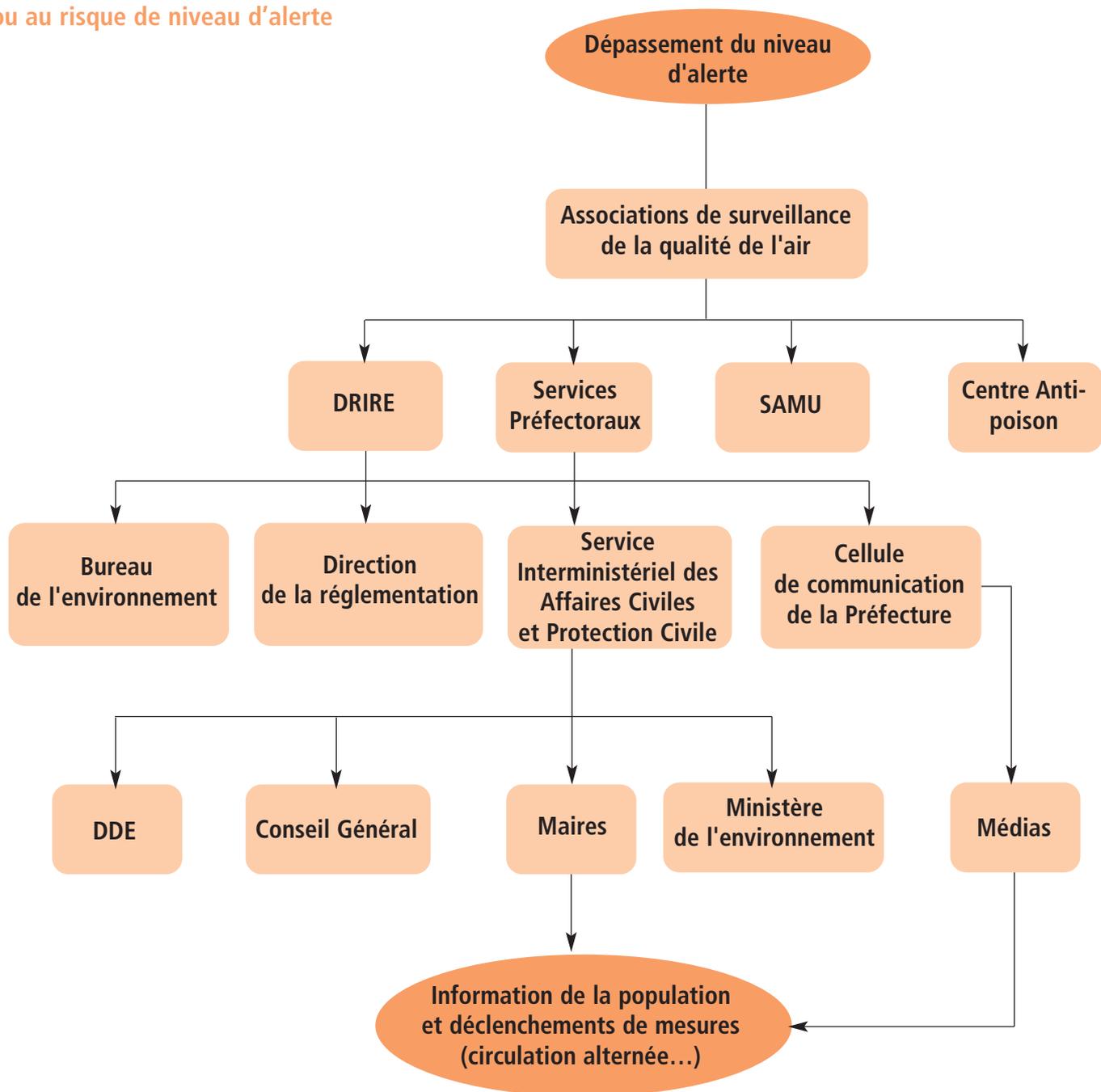
exemple de Fax d'alerte transmis.

Surveillance et Information sur la qualité de l'air

De plus, il existe des "procédures locales de déclenchement d'alerte". Ainsi, en vertu d'un arrêté préfectoral, le réseau OPAL'AIR peut déclencher deux types d'alerte supplémentaires :

- procédure de réduction des émissions de dioxyde de soufre auprès de quelques industriels sur le littoral dunkerquois
- procédure de réduction du ré-envoi de poussières sur la zone portuaire du littoral dunkerquois

Schéma récapitulatif du déclenchement de procédure suite au franchissement ou au risque de niveau d'alerte



Lorsqu'un dépassement de niveau de pollution est constaté par l'association de surveillance de la qualité de l'air, cette dernière prévient immédiatement les autorités administratives (DRIRE, Services Préfectoraux, SAMU, Centre Anti-poison, ...). Les services préfectoraux avertissent alors la population par le biais des médias.



Etudes et cartographies de la pollution atmosphérique dans les AASQA

Les AASQA ont trois missions :

Les missions des associations de surveillance de la qualité de l'air sont définies depuis la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie de décembre 1996 :

- **Mesurer** : les substances dont le rejet dans l'atmosphère peut contribuer à une dégradation de la qualité de l'air et entraîner des effets nocifs sur la santé et l'environnement. Les concentrations de ces substances nocives, appelées polluants, sont surveillées à l'aide de diverses technologies de mesure de l'air, de modélisation, de prévision, d'information dans le cadre d'une assurance qualité, garantissant la fiabilité des mesures réalisées et la transparence des données diffusées ;
- **Informier** : le public sur les niveaux de pollution de l'air et sur les études réalisées. Informer, c'est également prévenir la population en cas de forte pollution.
- **Étudier** : les réseaux de mesure mènent différentes études afin de mieux comprendre les différents phénomènes de pollution. Ils travaillent également avec des médecins pour mieux connaître les effets de la pollution sur notre santé. Enfin, les réseaux établissent de nombreuses cartes de pollution.

Les réseaux de surveillance du Nord Pas-de-Calais, regroupés au sein d'une charte de collaboration depuis avril 2000, travaillent en partenariat sur plusieurs domaines et notamment la mise à jour régulière du site internet régional : www.airdesbeffrois.org. Sur ce site, il est possible de trouver chaque jour les indices ATMO de qualité de l'air pour les 4 zones de compétence, ainsi que les concentrations en moyenne horaire des polluants mesurés sur toutes les stations qui couvrent la région.

Si le cœur du métier des associations de surveillance de la qualité de l'air est d'assurer une mesure en continu des principaux polluants indicateurs de la qualité de l'air, une part importante de leur travail est consacrée à des études, sur des thèmes variés. Parmi les nombreux objectifs qu'elles peuvent remplir, on peut citer en exemple :

- La prospection sur des zones de compétence "nouvelles", non encore dotées de dispositifs de mesure en continu, en vue de l'extension du réseau de stations de mesure automatiques
- La mesure de polluants supplémentaires ou "nouveaux", nécessitant selon les cas une recherche de l'emplacement optimal sur un réseau de stations existantes
- Le développement de nouvelles techniques de mesure, d'estimation ou de prévision de la qualité de l'air
- L'étude des mécanismes de dispersion, de formation, ou de répartition des polluants, à des échelles allant de la taille micro-locale à interrégionale
- La meilleure connaissance des phénomènes locaux, à partir de l'exploration statistique de la base de données de mesures (data mining)
- Etc.

Ces exemples mettent en œuvre des moyens d'études variés, très différents dans leur fonctionnement, mais qui peuvent apporter les mêmes réponses.



Préleveur métaux - HAP.

1. Les stations mobiles

Les AASQA de la région Nord Pas-de-Calais disposent de deux unités mobiles similaires. Elles mesurent les polluants visés par la réglementation (SO₂, NO_x, O₃, CO, Particules en suspension), les paramètres météo, et sont complétées par un préleveur pour métaux lourds et un analyseur BTX. Elles peuvent fonctionner de manière autonome grâce à un groupe électrogène. Leur intérêt, comme leur nom l'indique, est la mobilité ; elles peuvent être installées sur une multitude de sites.

Surveillance et Information sur la qualité de l'air

Les stations mobiles sont employées pour des périodes assez courtes, de une à trois semaines en moyenne. Les objectifs sont le plus souvent :

- l'étude prospective d'un site ou d'une agglomération
- la participation à une campagne de grande envergure mobilisant plusieurs systèmes de mesure fixe et mobile.
- le suivi d'un panache industriel en fonction des conditions météo.

Les stations mobiles sont également des outils de démonstration et de communication sur la qualité de l'Air. Par exemple, sur la photo, pendant les journées "En ville sans ma Voiture !".



2. Les études par échantillonneurs passifs ou tubes à diffusion

Principe de fonctionnement

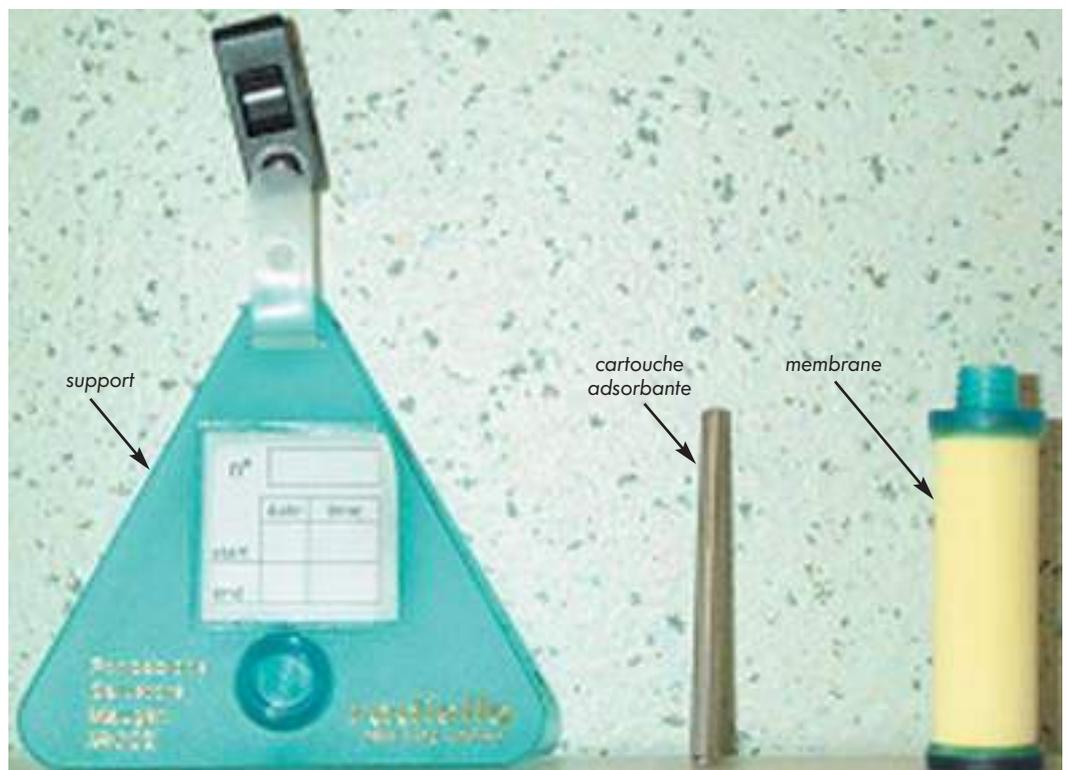
Exemple du tube à diffusion utilisé pour la mesure du benzène

Le principe de mesure est basé sur la diffusion moléculaire des polluants à travers une colonne d'air jusqu'à un milieu adsorbant. Exemple de tube à diffusion utilisé pour la mesure du benzène :

- l'air circule à travers une membrane, contenant la cartouche adsorbante qui piège le benzène.
- l'analyse de la cartouche est ensuite réalisée en laboratoire par chromatographie.

La chromatographie est une technique de séparation :

les composés piégés dans la cartouche traversent une colonne chromatographique avec laquelle ils ont plus ou moins d'affinité. Le temps, au bout duquel un composé a traversé la colonne, s'appelle le "temps de rétention". Le temps de rétention est caractéristique d'un composé et permet donc de l'identifier.



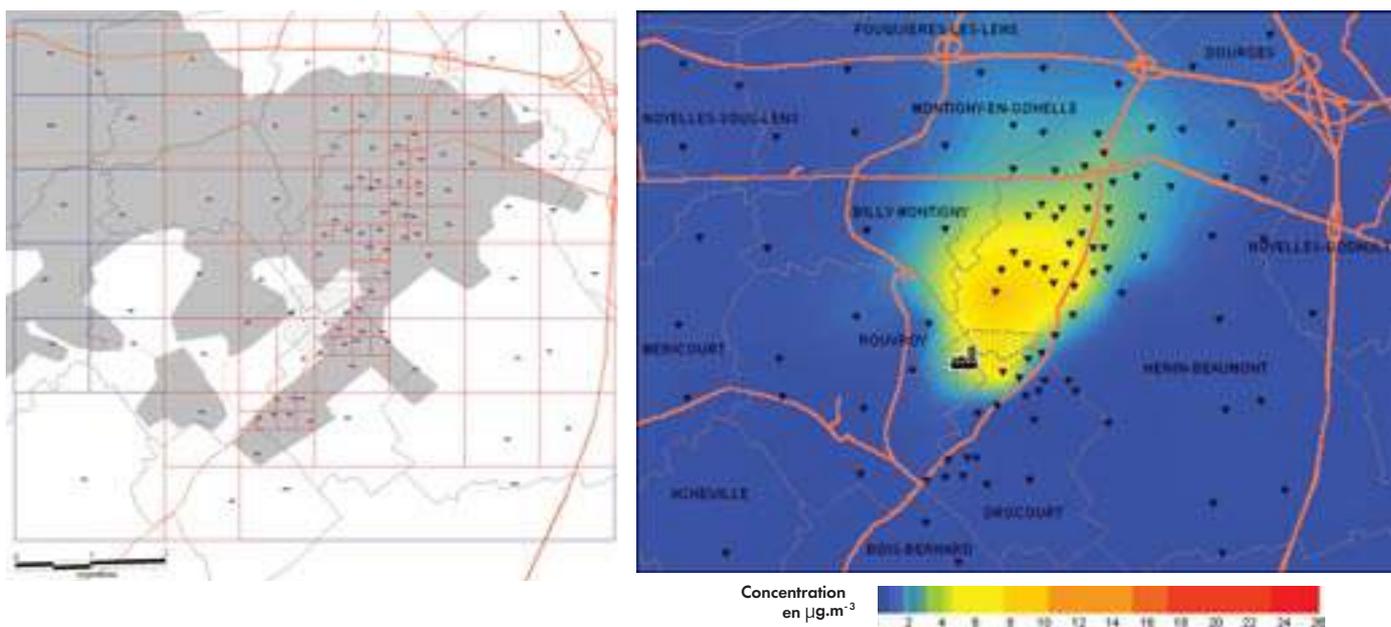
*Tubes passifs.
Benzène, Toluène et xylènes*

Mode d'utilisation et exploitation

La relative facilité de mise en œuvre et le faible coût permettent de couvrir une agglomération entière avec plusieurs dizaines de tubes, à plusieurs reprises. Les échantillonneurs sont placés sur des supports verticaux faisant partie du mobilier urbain (poteaux d'éclairage, électriques, etc.), et répartis dans la zone d'étude selon un plan d'échantillonnage. Le plus souvent, ce plan décrit un maillage dans lequel chaque dispositif occupe une maille régulière de 500 m à quelques kilomètres de côté.

Les périodes d'échantillonnage sont le plus souvent de une ou deux semaines. Le résultat de la mesure est une concentration moyenne d'un polluant au cours de cette période d'exposition. Les tubes passifs ne nous renseignent donc pas sur les pointes de pollution (qui sont lissées dans la moyenne) mais leur intérêt majeur est dans leur nombre : le maillage régulier permet d'établir des cartes de pollution moyenne.

L'exemple ci-après montre des résultats de mesures par tubes passifs BTX dans une agglomération.

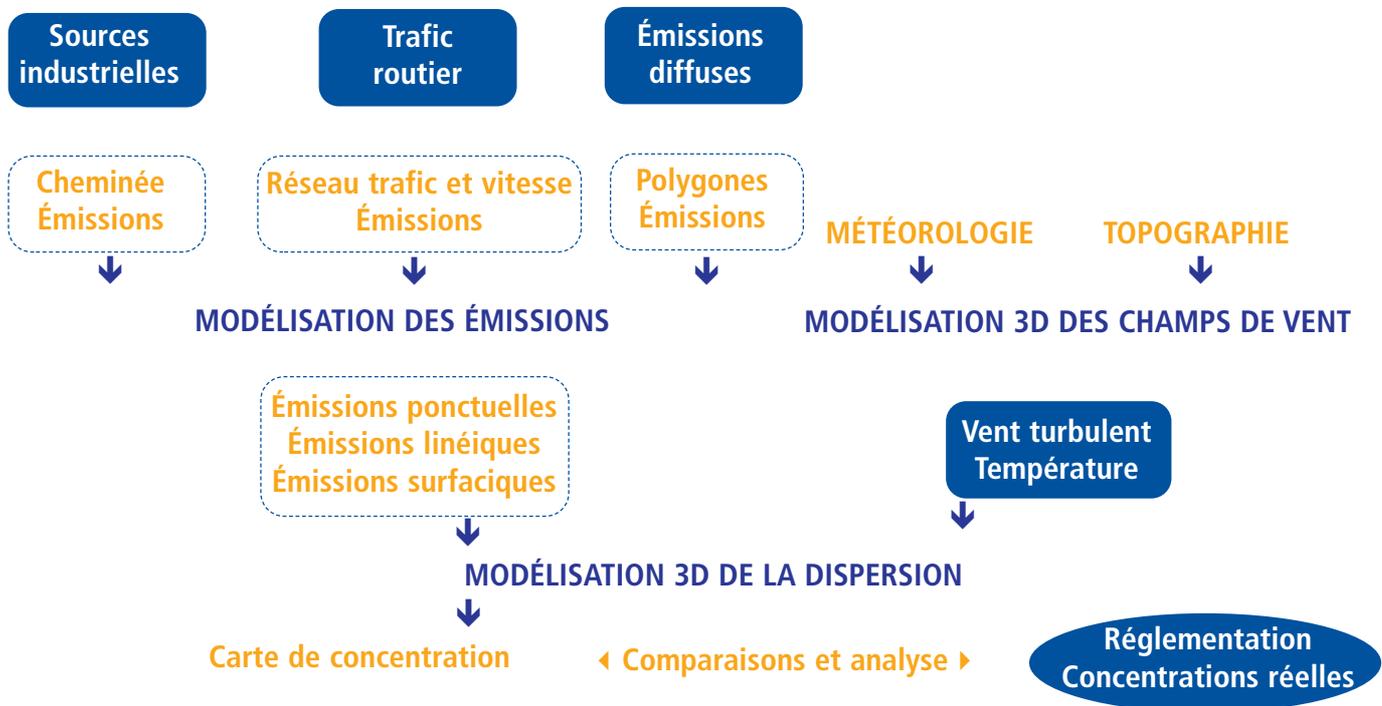


Une formule statistique d'interpolation permet, à partir des points existants, d'estimer les valeurs entre ces points, en constituant une grille de points réguliers beaucoup plus serrés. Chaque point de cette nouvelle grille de points reçoit ensuite une couleur proportionnelle à sa valeur, ce qui permet d'obtenir une carte en coloration continue.

Ainsi, les échantillonneurs passifs permettent de dresser une cartographie fine de la répartition d'un polluant dans une agglomération ou dans un territoire non-couvert. Ces cartographies sont de plus des outils d'aide à la décision pour implanter de nouvelles stations de mesure/nouveaux analyseurs et optimiser le réseau de stations existant.

3. La modélisation

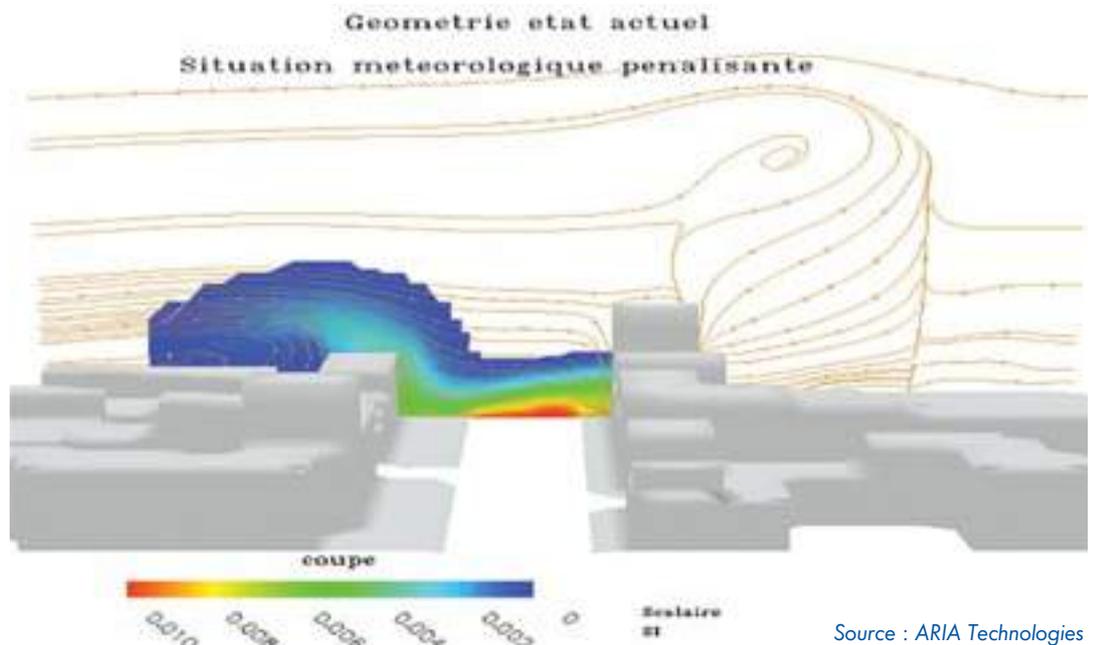
Il s'agit d'une simulation informatique de la dispersion de la pollution. A partir de données sur les quantités de polluants émises dans la zone d'étude, la topographie (sous forme de modèle numérique de terrain), et un ensemble de conditions météorologiques prédéfinies, les codes informatiques calculent et simulent la dispersion des polluants. Les modèles les plus perfectionnés sont capables d'intégrer les processus de formation et de destruction de l'ozone.



Le schéma ci-dessus reprend la méthode la plus souvent utilisée pour simuler la dispersion sur un domaine de la taille d'une agglomération. Certains modèles fonctionnent à des échelles plus grandes, comme une rue ou l'entourage d'une cheminée d'usine, mais d'autres sont capables de travailler à l'échelle d'une région, voire d'un continent.

Les résultats des calculs sont représentés sous forme de cartes de concentration

cf. ci-contre, la carte de concentrations, issue de modèles. (échelle de la rue).





La bioindication

Sensibles à la qualité de l'air, les végétaux, les lichens peuvent être utilisés pour réaliser des cartographies de la pollution atmosphérique. C'est une méthode assez simple et peu coûteuse pour compléter les méthodes de mesures physico-chimiques "classiques".

De nombreux végétaux et les lichens réagissent en effet à la présence de polluants dans l'air et peuvent détecter certaines pollutions. Selon les cas ce sont des bioindicateurs ou des bioaccumulateurs :

- Les bioindicateurs ont la particularité de présenter des nécroses caractéristiques sur leurs parties aériennes (feuilles) en présence de certains polluants. Il n'y a pas (ou très rarement) de nécroses sur les tiges. Ces atteintes peuvent aller jusqu'à la mort et la disparition de l'espèce du site, pour les plus sensibles.
- Les bioaccumulateurs sont capables d'accumuler de grandes quantités de produits polluants dans leurs tissus sans que leurs fonctions vitales soient nécessairement perturbées; la présence des polluants est alors révélée par analyse chimique.



Diploicia canescens
Photo : M. Gavériaux

La bioindication par les lichens

Biologie des lichens

Les lichens, très divers par leurs formes et leurs couleurs, sont constitués de deux organismes vivant en symbiose : un champignon et une algue. Les lichens sont classés dans le règne fongique.

La symbiose est une vie communautaire de deux êtres vivants qui utilisent, sans se nuire, les propriétés spécifiques du partenaire. Au sein de la symbiose des lichens :

- L'algue possède de la chlorophylle, nécessaire à la photosynthèse et produit les glucides qui sont absorbés par le champignon.
- Le champignon assure l'approvisionnement en eau, en sels minéraux, et protège l'algue.

Un lichen n'a ni tige, ni racine, ni feuille, mais forme un thalle. On distingue généralement des thalles crustacés, foliacés, etc.

A l'intérieur du thalle, champignons et algues peuvent être organisés en couches (structure hétéromère), ou uniformément répartis (structure homéomère).

Les lichens vivent longtemps et peuvent supporter des conditions de vie extrêmes (sécheresse, froid), grâce à leur capacité à ralentir très rapidement leurs activités en réduisant leur respiration et leur photosynthèse.

Sensibilité des lichens

Pour leur alimentation hydrique et minérale, les lichens, et particulièrement ceux qui se développent sur des écorces (ils sont dits corticoles), dépendent de l'atmosphère. En effet, étant dépourvus de racines, c'est au travers de toute leur surface que les lichens absorbent l'eau et les minéraux. Les lichens sont également dépourvus de moyens de défense comme les stomates ou la cuticule présents chez les végétaux supérieurs, si bien que les polluants atmosphériques peuvent pénétrer dans le thalle comme n'importe quel élément minéral, présent dans l'air.



Physcia tenella
Photo : M. Gavériaux



Xanthoria polycarpa
Photo : M. Gavériaux

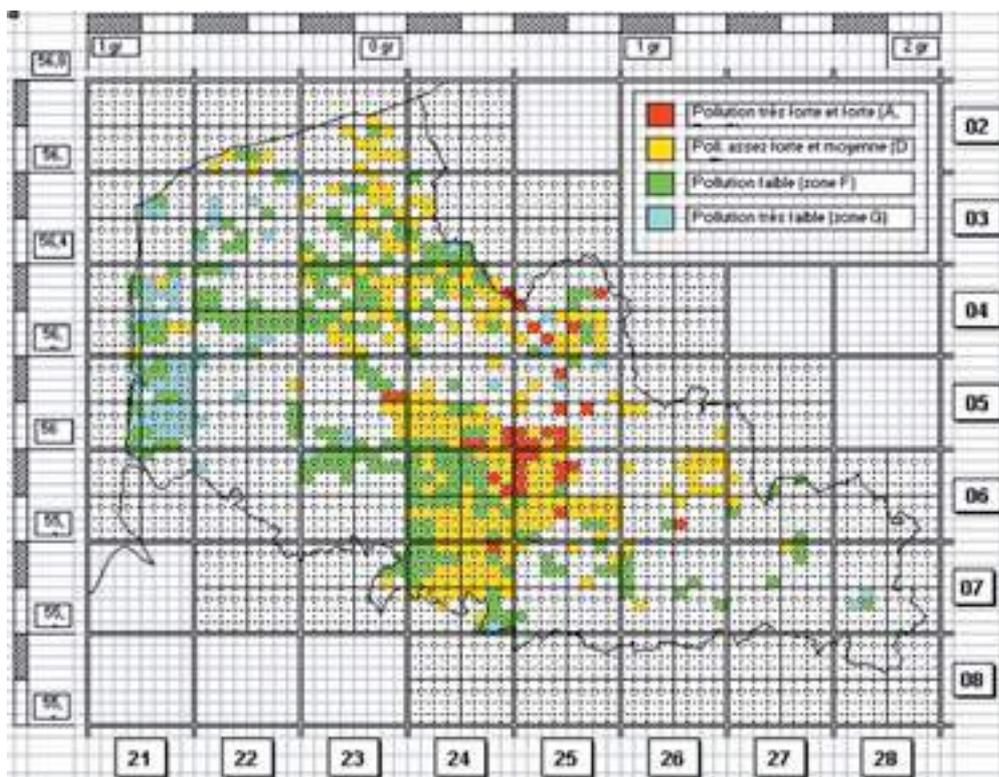
Surveillance et Information sur la qualité de l'air

Les lichens sont de bons bioindicateurs car l'association de l'algue et du champignon est sensible aux perturbations externes et les impacts sont facilement interprétables. En effet, les travaux de Van Haluwyn et Lerond dans le nord de la France ont montré que dans des conditions écologiques optimales, il existe une flore lichénique corticole optimale ou climacique. Cette flore climacique se dégrade si les conditions de vie se détériorent, notamment à cause de la pollution atmosphérique.

Dés lors, la grande représentativité des lichens (milieux, temps, quantité) permet de faire des observations sur de larges étendues.

Les lichens peuvent aussi être considérés comme des bioaccumulateurs non spécifiques. Ils témoignent de plusieurs types de pollutions. Ils accumulent métaux lourds, pesticides, et autres polluants grâce à leur aptitude à prélever les éléments dans l'atmosphère. Ceci les amène à "filtrer" des volumes d'air considérables.

Méthodes d'estimation de la qualité de l'air par les lichens



Cartographie régionale réalisée
avec des élèves de collèges
et de lycées

Source : M. Gavériaux

Cette estimation repose sur l'observation de la composition et de la répartition des communautés lichéniques qui peuvent être modifiées sous l'action des polluants. On peut y ajouter des prélèvements suivis de dosages chimiques pour déterminer une quantité de retombées de polluants sur une longue durée.

La flore lichénique corticole, démantelée en sous groupes de végétation, rend possible la création d'une échelle de bio-estimation de la qualité de l'air (Van Haluwyn et Lerond). Cette échelle comporte 7 niveaux de A à G; son but est de témoigner de la qualité globale de l'air en intégrant l'effet d'un "cocktail" de polluants (A, B, C pour qualité médiocre, D et E pour moyenne, F et G pour bonne et très bonne).

Pour la mettre en pratique, des stations d'observation des lichens corticoles sont déterminées selon des critères précis (nombre d'arbres, ancienneté, etc.), et une lettre de l'échelle qualifiant la qualité de l'air est attribuée à chaque station en fonction des espèces rencontrées.

La multiplication des stations permet d'établir la cartographie de la qualité de l'air, estimée par les lichens, sur un territoire allant de la proximité d'un site industriel ou d'une autoroute à l'ensemble d'une région.

Site web intéressant: <http://www2.ac-lille.fr/lichen/default.htm>, on y trouve la cartographie régionale réalisée avec des élèves de collèges et de lycées représentée au verso.

La bioindication de l'ozone par le tabac

L'ozone et les plantes

Les effets de l'ozone sur le tabac sont connus depuis les années 40. Observés sur du tabac cultivé dans diverses régions des Etats Unis, ils étaient à l'origine attribués au climat. Les recherches, qui ont suivi, ont montré que ces dégâts étaient provoqués par l'ozone. Depuis, le tabac est utilisé pour la bioindication de la contamination de l'air par ce polluant.

De nos jours, il est admis que l'ozone, de par son pouvoir oxydant, est l'un des polluants qui causent le plus de dommages sur la végétation, y compris les espèces cultivées. Il provoque sur les feuilles des taches rondes, les nécroses, d'abord blanches puis ivoires. Ces nécroses témoignent de la mort des cellules de l'épiderme foliaire.



Figure 1 - Névroses foliaires provoquées par l'ozone sur une feuille de tabac. Ces névroses sont blanches ivoires puis brunes. Photo : J.F.Castell (INRA Grignon).

Méthode des plants de tabac

L'évaluation des concentrations en ozone avec des plants de tabac s'effectue en plaçant sur un site deux variétés de tabac (*Nicotiana tabacum*), sélectionnées pour leur sensibilité à l'ozone :

- la variété Bel-W3 a une sensibilité seuil de 40 ppb (variété très sensible, 1 ppb, pour l'ozone, =2,143 ng.m⁻³).
- la variété Bel-B a une sensibilité moindre, si bien qu'elle fait office de témoin.

C'est à partir du pourcentage de surface foliaire nécrosée, se manifestant sous forme de taches de couleur crème ou marron, que le degré de pollution par l'ozone sera évalué. Les taches grandissent progressivement, se rejoignent, peuvent détruire la feuille et provoquer sa chute. Chaque semaine, le pourcentage de la surface nécrosée de chaque feuille des plants exposés est évaluée. Une moyenne est ensuite réalisée pour la station.

Notons que depuis quelques années, l'APPA Nord-Pas de Calais, la Faculté de Pharmacie de Lille et les associations de surveillance de la qualité de l'air mettent régulièrement en place des biostations pour réaliser des études sur l'ozone. Chaque biostation reçoit trois plants sensibles à l'ozone et deux résistants. La multiplication des sites permet de comparer les stations entre elles et de dresser des cartographies de la répartition de l'ozone.

Limites et perspectives de la bioindication

La bioindication (ou biosurveillance) n'a pas pour but de fournir des données chiffrées sur les concentrations de polluants atmosphériques. Elle permet, en complémentarité avec les mesures physico-chimiques qu'elle ne peut remplacer, d'évaluer l'impact des polluants présents dans l'environnement. La bioindication permet une approche qualitative de la pollution et, grâce à la cartographie, amène une comparaison relative de différentes zones géographiques.

Outre un coût faible, comparé aux capteurs physico-chimiques et une relative facilité de mise en œuvre, la bioindication a un intérêt pédagogique majeur : l'utilisation des plantes permet de visualiser l'impact de la pollution sur des êtres vivants et de mieux sensibiliser la population et les scolaires à ce problème.

Les développements futurs de la bioindication consisteront à déterminer les espèces végétales adaptées à la détection de nouveaux polluants.



Exemple d'une biostation

Avertissement sur la fiche Grand Reportage

Dans le but de favoriser une réalisation concrète et de responsabiliser les élèves à la prévention de la pollution, il s'agit maintenant d'établir le diagnostic écolichénique du quartier de l'école par exemple. Cette démarche peut être faite dans une version simplifiée du protocole opératoire et de l'échelle de bioindication.

Cette méthode est destinée aux établissements scolaires ou au jeune public en général. Elle s'appuie sur seulement 8 espèces, alors que l'échelle normale en compte 42 (1 algue, 3 bryophytes et 38 lichens). Elle débouche sur l'appréciation de 3 gradients de la qualité de l'air : pollution FORte, MOyenne et FAible, d'où son nom de méthode FOMOFa.

Le pédagogue ne doit pas oublier que la méthode FOMOFa est essentiellement une démarche pédagogique et que ses résultats ne doivent donner lieu qu'à une interprétation prudente. Toutefois, une application rigoureuse du protocole peut permettre des comparaisons entre écoles au niveau d'une ville, d'une région ou sur le plan national.



Références bibliographiques :

KIRSCHBAUM et WIRTH – "Les lichens bio-indicateurs : les reconnaître, évaluer la qualité de l'air" – Ulmer 1997.

TIEVANT P. – "Guide des lichens : 350 espèces de lichens d'Europe" – Delachaux et Niestlé – 2001

VAN HALUWYN C. et M.LEROND – 1993 – Guide des lichens, Lechevalier, 344 pages. Un site web très complet à ce sujet : <http://www2.ac-lille.fr/lichen/default.htm>.

Jean-Pierre GAVERIAUX a écrit une plaquette d'information "Les lichens et bioindication de la qualité de l'air" diffusée dans tous les collèges et lycées de la Région Nord Pas-de-Calais.



Les associations de surveillance de la qualité de l'air en région Nord Pas-de-Calais

Les associations de surveillance de la qualité de l'air sont au nombre de 4 dans la région Nord Pas-de-Calais. Elles couvrent les arrondissements suivants :

- AREMA Lille Métropole pour l'arrondissement de Lille.
- AREMARTOIS pour les arrondissements de Lens, Béthune et Arras.
- AREMASSE pour les arrondissements de Cambrai, Valenciennes, Avesnes sur Helpe et Douai
- OPAL'AIR pour les arrondissements de Boulogne sur Mer, Montreuil, Saint Omer, Calais et Dunkerque.

Les missions des associations de surveillance de la qualité de l'air sont définies depuis la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie de décembre 1996 :

- **Mesurer** les substances, dont le rejet dans l'atmosphère peut contribuer à une dégradation de la qualité de l'air et entraîner des effets nocifs sur la santé et l'environnement. Les concentrations de ces substances nocives, appelées polluants, sont surveillées à l'aide de diverses technologies de mesure de l'atmosphère, de modélisation, de prévision, d'information dans le cadre d'une assurance qualité garantissant la fiabilité des mesures réalisées et la transparence des données diffusées ;
- **Informer** : le public sur les niveaux de qualité de l'air et les études associées comme les résultats de sa surveillance. Informer, c'est également prévenir la population en cas de forte pollution.
- **Étudier** : les réseaux de mesures mènent des études afin de mieux comprendre les différents phénomènes de pollution. Ils travaillent également avec des médecins pour mieux connaître les effets de la pollution sur notre santé.

Les réseaux de surveillance du Nord Pas-de-Calais regroupés au sein d'une charte de collaboration depuis avril 2000, travaillent en partenariat sur plusieurs domaines et notamment la mise à jour régulière du site internet régional : www.airdesbeffrois.org. Sur ce site, il est possible de trouver chaque jour les indices ATMO de qualité de l'air pour les 4 zones de compétence, ainsi que les concentrations, en moyenne horaire, des polluants mesurés sur toutes les stations qui couvrent la région.

Les réseaux de surveillance de qualité de l'air de la région Nord Pas-de-Calais disposent de stations, mesurant en continu les concentrations de :

- de dioxyde de soufre (SO_2), d'oxydes d'azote (NO_x), d'ozone (O_3), de poussières en suspension (PM_{10} et $\text{PM}_{2.5}$) et de monoxyde de carbone (CO)
- mais aussi d'hydrocarbures, d'hydrocarbures aromatiques polycycliques, de métaux lourds, de Benzène Toluène Xylène, de poussières sédimentables, de radioactivité ou encore de fluor.

Chaque réseau dispose de plusieurs stations météorologiques. Les paramètres météorologiques, recueillis par ces stations : direction et vitesse du vent, l'humidité de l'air et la température, permettent de mieux interpréter les phénomènes de pollution. (cf dossier "Météorologie et pollution atmosphérique")

Complément indispensable au dispositif fixe, les associations de surveillance de la qualité de l'air du Nord/Pas de Calais partagent un dispositif mobile de mesure. Une station mobile n'est ni plus ni moins qu'une station de mesure sur roues, équipées en plus de capteurs météorologiques (vitesse et direction du vent, température, etc.). Ces stations sont très utiles pour mener des études sur la pollution atmosphérique, par exemple dans des villes où il n'y a pas encore de station fixe permanente.

Stations mesurant :
Les triangles rouges correspondent à l'implantation des stations



Station mobile



Surveillance et Information sur la qualité de l'air

Principes de mesure de la pollution atmosphérique

Les réseaux de surveillance de la qualité de l'air effectuent des mesures en continu de plusieurs polluants de l'atmosphère. Pour ce faire, elles disposent de stations automatiques, situées souvent dans des lieux publics.

Dans chaque station, on trouve au moins un appareil de mesure que l'on nomme l'analyseur. Un analyseur ne mesure généralement qu'un seul polluant (par exemple le dioxyde de soufre ou les particules en suspension), mais certains peuvent en mesurer plusieurs (c'est le cas pour le benzène, le toluène et les xylènes mesurés par le même analyseur).

Les analyseurs de polluants gazeux fonctionnent le plus souvent selon des principes physico-chimiques : la fluorescence UV, la chimiluminescence, etc. La lumière est composée de plusieurs rayonnements ultra-violet, visibles, infra-rouges... Observez un arc-en-ciel : chaque couleur correspond à un rayonnement différent !

Toutes les molécules de gaz présentes dans l'atmosphère ont la propriété d'absorber la lumière. C'est la forme de la molécule et la nature des atomes qui déterminent le rayonnement absorbé par la molécule.

Par exemple :

- l'ozone absorbe l'ultra-violet
- le monoxyde de carbone adsorbe l'infra-rouge.

On va exploiter ces propriétés pour mesurer les concentrations des polluants présents dans l'air : exemple de la mesure de l'ozone. L'échantillon d'air ambiant prélevé est soumis à un rayonnement ultra-violet. La quantité de rayonnement absorbé est proportionnelle à la concentration d'ozone.

Les analyseurs effectuent des mesures en continu, donnant des concentrations de polluant dans l'air (en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ par exemple) ; les données ainsi constituées sont mémorisées, puis envoyées via une connexion téléphonique entre deux modems à un ordinateur central qui constitue une base de données. On peut alors visualiser les données de mesure sous forme de graphiques, et les exploiter pour déclencher des procédures d'alerte si certains niveaux sont dépassés.

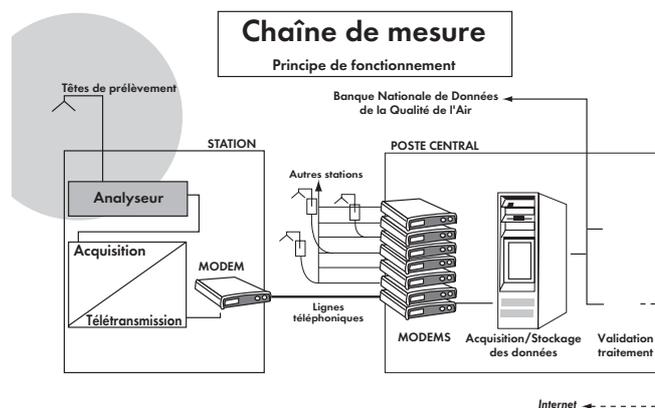
Les associations de surveillance de la qualité de l'air mènent de nombreuses études sur la pollution atmosphérique, pour disposer d'informations sur un secteur où aucune mesure n'a été effectuée, quand elles veulent mesurer un "nouveau" polluant, ou pour développer une technique de mesures avec de nouveaux appareils.

Pour les campagnes de mesure par échantillonneurs passifs, elles utilisent aussi une technique très répandue. Ce sont des petits dispositifs qui piègent les polluants pendant leur période d'exposition (souvent une ou deux semaines). La quantité de polluant captée est déterminée ensuite par une analyse en laboratoire. Les échantillonneurs passifs sont peu coûteux, faciles à utiliser, mais leurs mesures sont moins précises que les stations automatiques, et surtout leurs analyses donnent des concentrations moyennes sur la période d'exposition, et ne renseignent donc pas sur les pointes de pollution.

Ils sont utilisés en grand nombre sur une agglomération (souvent environ un tous les kilomètres), ce qui permet de réaliser des cartes de pollution.



Station de mesures automatiques



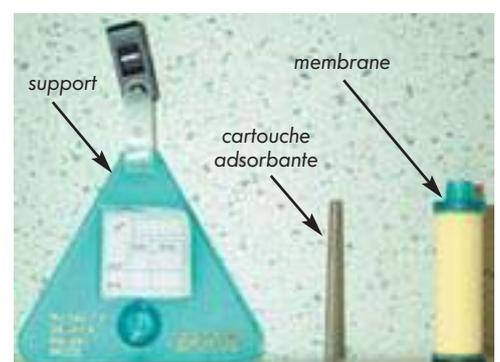
Les analyseurs effectuent des mesures en continu, donnant des concentrations de polluant dans l'air (en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ par exemple) ; les données ainsi constituées sont mémorisées, puis envoyées via une connexion téléphonique entre deux modems à un ordinateur central qui constitue une base de données. On peut alors visualiser les données de mesure sous forme de graphiques, et les exploiter pour déclencher des procédures d'alerte si certains niveaux sont dépassés.

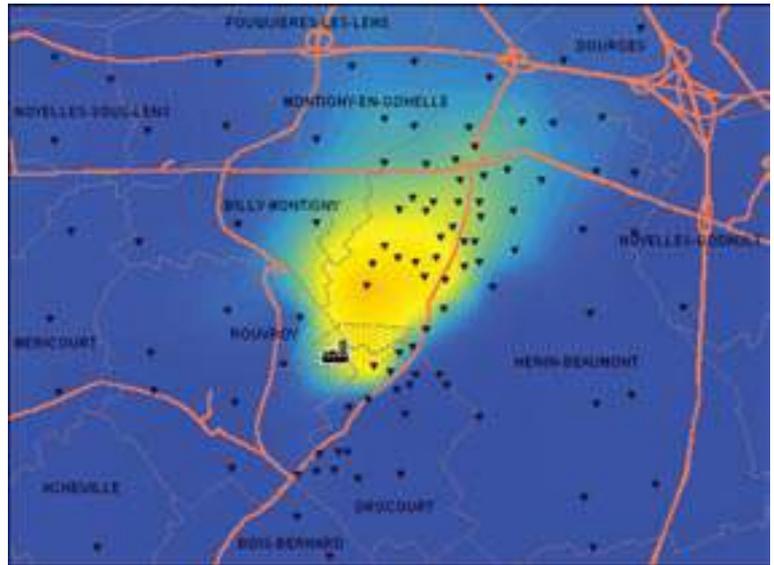
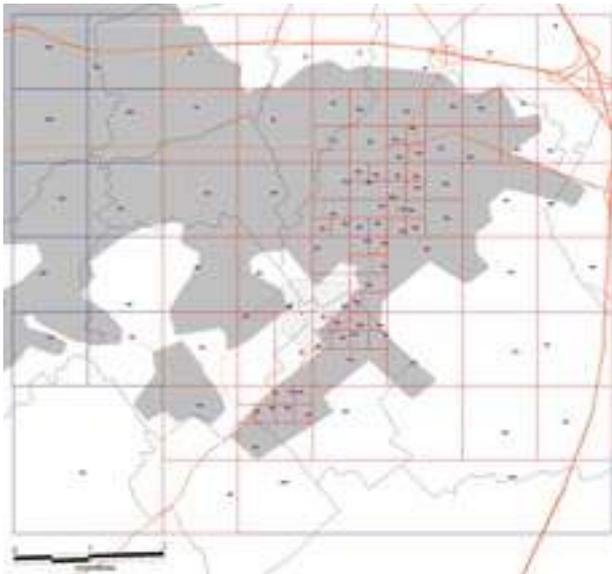
Les associations de surveillance de la qualité de l'air mènent de nombreuses études sur la pollution atmosphérique, pour disposer d'informations sur un secteur où aucune mesure n'a été effectuée, quand elles veulent mesurer un "nouveau" polluant, ou pour développer une technique de mesures avec de nouveaux appareils.

Pour les campagnes de mesure par échantillonneurs passifs, elles utilisent aussi une technique très répandue. Ce sont des petits dispositifs qui piègent les polluants pendant leur période d'exposition (souvent une ou deux semaines). La quantité de polluant captée est déterminée ensuite par une analyse en laboratoire. Les échantillonneurs passifs sont peu coûteux, faciles à utiliser, mais leurs mesures sont moins précises que les stations automatiques, et surtout leurs analyses donnent des concentrations moyennes sur la période d'exposition, et ne renseignent donc pas sur les pointes de pollution.

Ils sont utilisés en grand nombre sur une agglomération (souvent environ un tous les kilomètres), ce qui permet de réaliser des cartes de pollution.

Tubes passifs benzène, toluène, xylènes





Concentration en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Les tubes passifs sont placés sur des supports urbains (poteaux, ...) et sont répartis dans la zone d'étude.

Ils piègent les polluants, présents dans l'air, à l'aide de la cartouche adsorbante dans la membrane. A partir des résultats d'analyse des tubes, il est possible d'établir une carte de pollution moyenne.

La carte de pollution représente la concentration de benzène, enregistrée lors d'une campagne de mesures de quatre semaines.

Les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air en France

Les 40 associations de surveillance de la qualité de l'air en France sont regroupées au sein d'une fédération : la Fédération ATMO.

Les associations sont composées des services de l'Etat, des collectivités locales et territoriales, des émetteurs (transporteurs, industriels...) et des associations et personnalités qualifiées. Ces quatre collèges sont équitablement représentés au sein des Conseils d'Administration.

L'association est l'organisme responsable de la gestion technique et administrative des réseaux de surveillance de la qualité de l'air sur sa zone de compétence.

L'ADEME, Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, assure une mission générale de coordination technique au plan national. Le Ministère de l'Environnement définit, pour sa part, les lignes directrices en matière de stratégie de surveillance et a en charge l'élaboration et le suivi des réglementations en la matière.

La couverture du territoire :

Toutes les agglomérations de plus de 100 000 habitants (55 au total) disposent de stations de mesure de la qualité de l'air en fonctionnement au 31 mars 2000. Toutes les régions sont également dotées de camions laboratoires, permettant de procéder à des campagnes de mesures sur les départements non équipés de stations de mesure fixes.



Implantation des associations de surveillance de la qualité de l'air en France au 1^{er} Juin 2002



Associations	Localisation du siège
ASPA	Schiltigheim
AIRAQ	Bordeaux
ATMO AUVERGNE	Clermont Ferrand
ATMOSF'AIR BOURGOGNE CENTRE	Dijon
ATMOSF'AIR BOURGOGNE SUD	Chalon / Saône
AIR BREIZH	Cesson Sévigné
LIG'AIR	Orléans
ATMO CHAMPAGNE ARDENNES	Reims
ARPAM	Montbéliard
ASQAB	Besançon
AIRNORMAND ALPA	Rouen
AIRNORMAND REMAPPA	Le Havre
AIR COM	Hérouville St Clair
AIRPARIF	Paris
AIR LANGUEDOC ROUSSILLON	Montpellier
ARQAL	Limoges
AIRLOR	Vandoeuvre les Nancy
ESPOL	Saint Avold
AERFOM	Metz
ORAMIP	Colomiers

Associations	Localisation du siège
OPAL'AIR	Gravelines
AREMA LILLE METROPOLE	Lille
AREMARTOIS	Béthune
AREMASSE	Valenciennes
AIR PAYS DE LA LOIRE	Nantes
ATMO PICARDIE	Amiens
AREQUA	Périgny
AIRFOBEP	Martigues
AIRMARAIX	Marseille
QUALIT'AIR	Nice
L'AIR DE L'AIN ET DES PAYS DE SAVOIE	Chambéry
AMPASEL	Saint Etienne
COPARLY	Lyon
ASCOPARG	Grenoble
SUPAIRE	Salaise / Sanne
ASQUADRA	Valence
ORA DE GUYANE	Cayenne
ORA	Saint Clotilde
MADININAIR	Fort de France
GWAD'AIR	Baie Mahault



L'indice ATMO

L'indice ATMO est un indicateur journalier de la qualité de l'air qui a été développé par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) et par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie).

Cet indice journalier permet de traduire sur une échelle de 1 à 10, la qualité de l'air d'une agglomération urbaine d'au moins 100 000 habitants.

Comment est calculé l'indice ATMO ?

ATMO est élaboré à partir des concentrations journalières de 4 polluants indicateurs de la pollution atmosphérique :

- le dioxyde de soufre : SO₂
- le dioxyde d'azote : NO₂
- l'ozone : O₃
- les poussières en suspension (diamètre moyen des particules inférieur à 10 ou 2.5 microns).

Dans nos régions, ces polluants résultent majoritairement des activités humaines (sources fixes de combustion, chauffages, activités industrielles, circulation automobile).

Les données utilisées pour le calcul de l'indice ATMO proviennent d'instruments de mesure localisés sur des sites représentatifs de la pollution de fond : stations urbaines ou périurbaines. Il s'agit de stations dont la localisation géographique permet de caractériser le niveau moyen de pollution auquel est exposée la population.

Pour chacun de ces 4 polluants, un sous indice de la qualité de l'air est calculé chaque jour à partir des données des réseaux de surveillance de la qualité de l'air. Au 1^{er} janvier 2000, les sous indices sont calculés de la manière suivante :

- les sous indices "SO₂", "NO₂" et "O₃" sont calculés à partir des maxima horaires relevés sur les sites de mesures sélectionnés.
- le sous indice "Poussières" est calculé à partir des moyennes journalières sur les sites de mesures sélectionnés.

L'indice ATMO final (caractérisant la qualité moyenne de l'air sur l'agglomération) est déterminé par le sous indice le plus élevé des 4 polluants. Plus l'indice est élevé, plus la qualité de l'air est mauvaise.

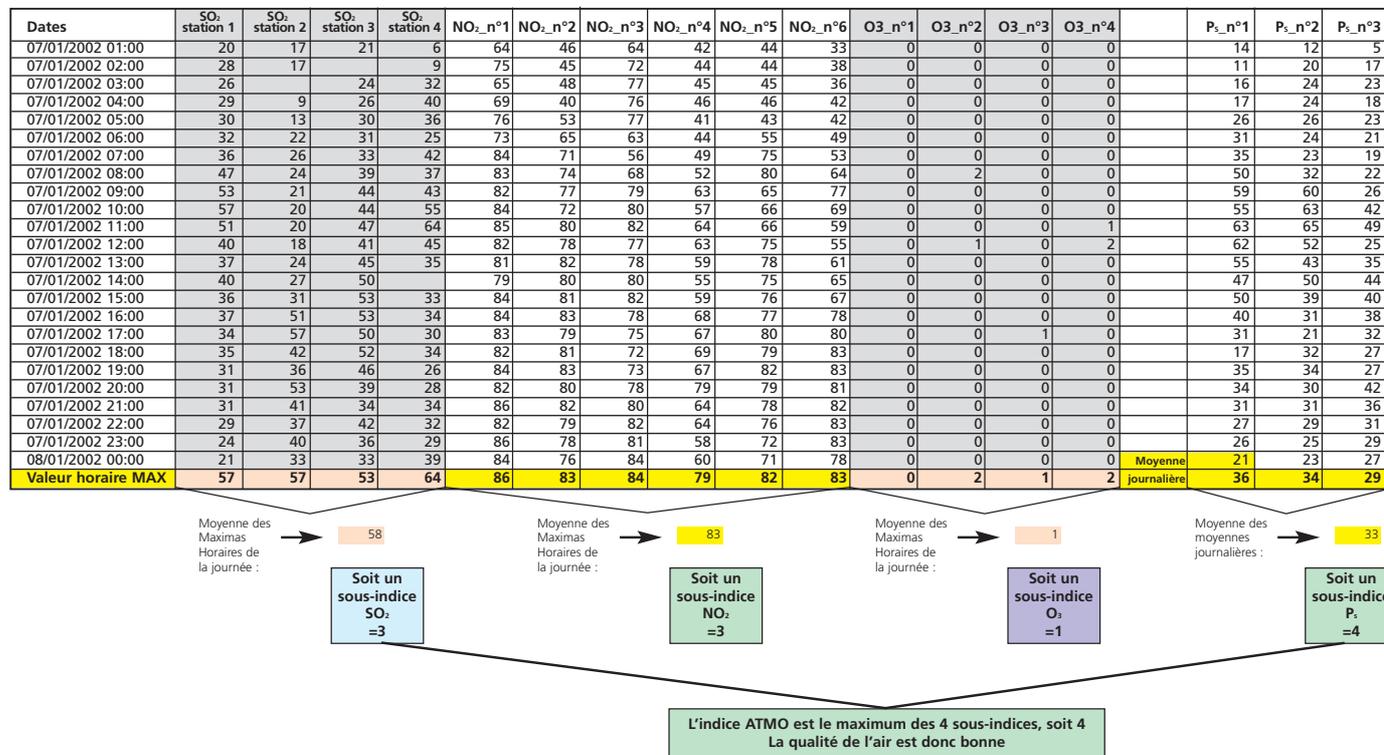
$$\begin{aligned} 1 \text{ micron} &= 1 \text{ micromètre} \\ &= \\ &= 10^{-6} \text{ mètre} \\ &= \\ &= \frac{1}{1\,000\,000} \text{ mètre} \end{aligned}$$



Figure 1 : Echelle qualitative de l'indice ATMO

Surveillance et Information sur la qualité de l'air

Figure 2 : Exemple de calcul de l'indice ATMO pour une journée donnée



Dans cet exemple, les poussières en suspension présentent le sous indice le plus élevé ; l'indice ATMO sera donc égal à 4 (sous indice le plus élevé) et correspond à une bonne qualité de l'air. Les poussières en suspension sont responsables de l'indice ATMO.

Tableau 1 : Echelle des sous indices pour l'indice ATMO et qualificatif de l'indice

Indices ATMO	Qualificatif	Echelle O ₃	Echelle NO ₂	Echelle SO ₂	Echelle P _s
1	Très Bon	0-29	0-29	0-39	0-9
2	Très Bon	30-54	30-54	40-79	10-19
3	Bon	55-79	55-84	80-119	20-29
4	Bon	80-104	85-109	120-159	30-39
5	Moyen	105-129	110-134	160-199	40-49
6	Médiocre	130-149	135-164	200-249	50-64
7	Médiocre	150-179	165-199	250-299	65-79
8	Mauvais	180-249	200-274	300-399	80-99
9	Mauvais	250-359	275-399	400-599	100-124
10	Très Mauvais	≥ 360	≥ 400	≥ 600	≥ 125

(Concentration en micro-grammes (µg) par mètre cube d'air et par heure)

Les limites de l'indice ATMO

L'indice ATMO répond à une demande d'information du public et constitue un indicateur représentatif de la qualité de l'air globale sur l'ensemble d'une agglomération et ne met pas en évidence certaines situations particulières et pointes localisées de pollution.

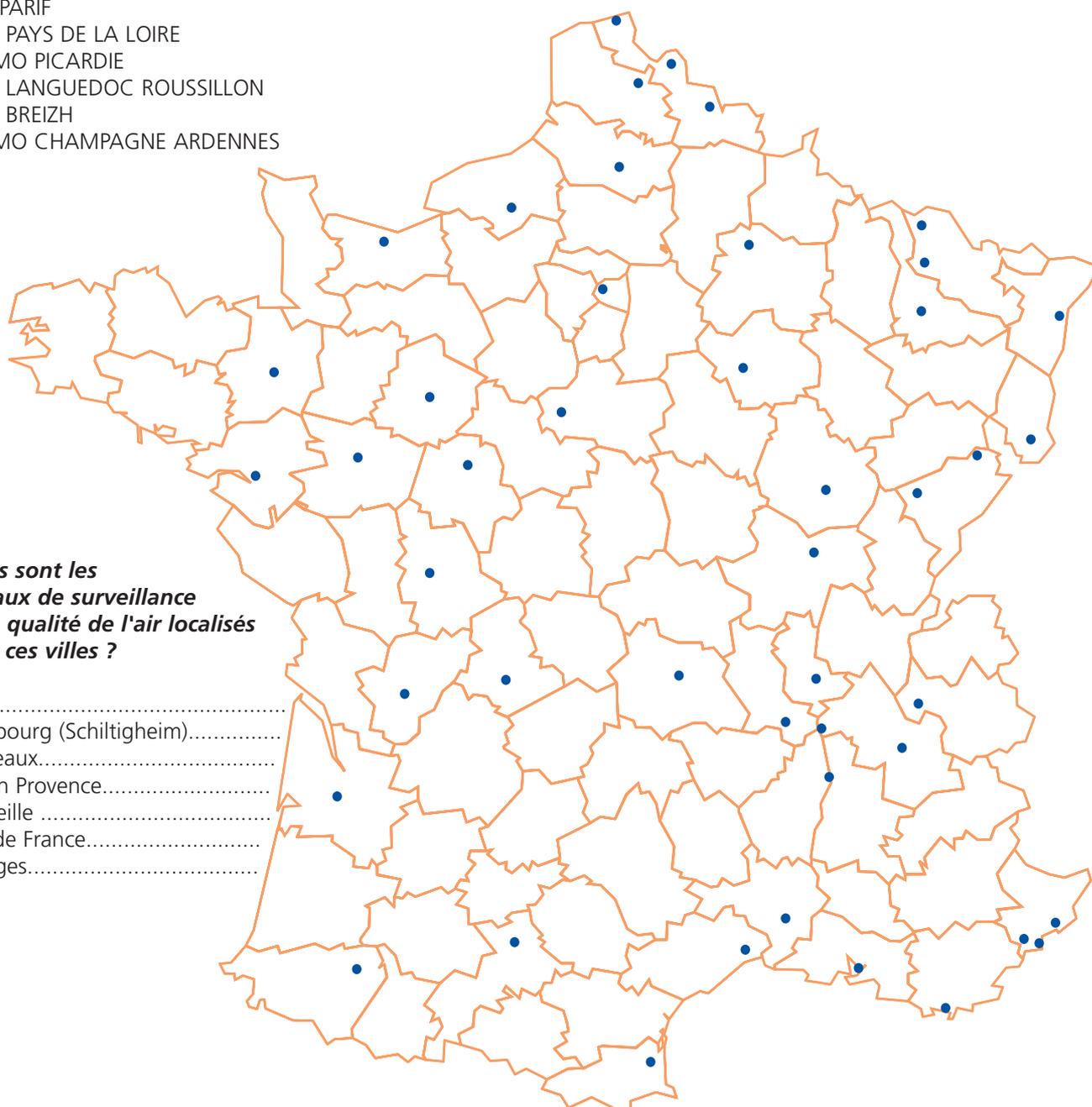


Evaluez vos connaissances

Voici la carte de réseaux de France :

Chaque point bleu correspond au poste central d'une association.
Repérez et hachurez les 6 réseaux suivants :

- AIRPARIF
- AIR PAYS DE LA LOIRE
- ATMO PICARDIE
- AIR LANGUEDOC ROUSSILLON
- AIR BREIZH
- ATMO CHAMPAGNE ARDENNES



Quels sont les réseaux de surveillance de la qualité de l'air localisés dans ces villes ?

- Lyon.....
- Strasbourg (Schiltigheim).....
- Bordeaux.....
- Aix en Provence.....
- Marseille
- Fort de France.....
- Limoges.....

Surveillance et Information sur la qualité de l'air

Cherchez les indices ...

En vous aidant de l'exemple présenté dans la fiche " L'indice ATMO ", calculez l'indice de la qualité de l'air pour chacune de ces 2 journées.

Pour ce faire, procédez par étape :

1 > Repérez dans le tableau, la valeur horaire maximale mesurée pour chaque station pour :

- Le dioxyde d'azote NO₂ (stations N^{os} 02,06 et 10)
- L'ozone O₃ (stations N^{os} 02, 06 et 10)
- Le dioxyde de soufre SO₂ (stations N^{os} 02, 10 et 19)

ainsi que la moyenne journalière des poussières en suspension Ps, enregistrée par chacune des stations N^{os} 02, 06 et 10.

2 > Calculez ensuite par polluant (NO₂, O₃ et SO₂) la moyenne des maxima horaires et la moyenne, pour les poussières en suspension (Ps) des moyennes journalières.

3 > Reportez-vous au tableau de votre fiche " Echelle des sous-indices pour l'indice ATMO et qualificatif de l'indice ".

- A partir des valeurs calculées, déterminez le sous-indice de chaque polluant.
- Indiquez ensuite l'indice ATMO de cette journée.

4 > Précisez le polluant, responsable de l'indice ATMO pour cette journée.

Procédez de la même manière pour l'autre tableau.

Journée 1

Moyenne horaire JOURNÉE 1 en µg/m ³	NO ₂ station 02	NO ₂ station 06	NO ₂ station 10	O ₃ station 02	O ₃ station 06	O ₃ station 10	SO ₂ station 02	SO ₂ station 10	SO ₂ station 19	Poussières station 02	Poussières station 06	Poussières station 10
07:00	12	15	18	10	12	15	5	8	10	15	18	20
08:00	10	12	15	12	15	18	6	9	12	18	22	25
09:00	8	10	12	15	18	20	7	10	13	20	25	28
10:00	6	8	10	18	20	22	8	11	14	22	28	32
11:00	5	7	9	20	22	25	9	12	15	25	30	35
12:00	4	6	8	22	25	28	10	13	16	28	35	40
13:00	3	5	7	25	28	30	11	14	17	30	38	45
14:00	2	4	6	28	30	32	12	15	18	32	40	48
15:00	1	3	5	30	32	35	13	16	19	35	42	50
16:00	1	2	4	32	35	38	14	17	20	38	45	52
17:00	1	2	3	35	38	40	15	18	21	40	48	55
18:00	1	2	3	38	40	42	16	19	22	42	50	58
19:00	1	2	3	40	42	45	17	20	23	45	52	60
20:00	1	2	3	42	45	48	18	21	24	48	55	62
21:00	1	2	3	45	48	50	19	22	25	50	58	65
22:00	1	2	3	48	50	52	20	23	26	52	60	68
23:00	1	2	3	50	52	55	21	24	27	55	62	70
Moyenne journalière	5	6	8	25	28	30	12	15	18	35	40	45
Maximum horaire	12	15	18	38	40	42	17	20	23	50	55	60

Journée 2

Moyenne horaire JOURNÉE 2 en µg/m ³	NO ₂ station 02	NO ₂ station 06	NO ₂ station 10	O ₃ station 02	O ₃ station 06	O ₃ station 10	SO ₂ station 02	SO ₂ station 10	SO ₂ station 19	Poussières station 02	Poussières station 06	Poussières station 10
07:00	15	18	20	12	15	18	8	12	15	18	20	22
08:00	12	15	18	15	18	20	9	13	16	20	22	25
09:00	10	12	15	18	20	22	10	14	17	22	25	28
10:00	8	10	12	20	22	25	11	15	18	25	28	32
11:00	6	8	10	22	25	28	12	16	19	28	32	35
12:00	5	7	9	25	28	30	13	17	20	30	35	40
13:00	4	6	8	28	30	32	14	18	21	32	38	45
14:00	3	5	7	30	32	35	15	19	22	35	40	48
15:00	2	4	6	32	35	38	16	20	23	38	42	50
16:00	1	3	5	35	38	40	17	21	24	40	45	52
17:00	1	2	4	38	40	42	18	22	25	42	48	55
18:00	1	2	3	40	42	45	19	23	26	45	50	58
19:00	1	2	3	42	45	48	20	24	27	48	52	60
20:00	1	2	3	45	48	50	21	25	28	50	55	62
21:00	1	2	3	48	50	52	22	26	29	52	58	65
22:00	1	2	3	50	52	55	23	27	30	55	60	68
23:00	1	2	3	52	55	58	24	28	31	58	62	70
Moyenne journalière	6	8	10	28	30	32	14	18	22	40	45	50
Maximum horaire	15	18	20	38	40	42	20	24	27	55	60	65



Comment établit-on une carte de pollution ?

Où place-t-on les capteurs ?

La plupart des stations de mesure se situent dans le centre des villes, car plus la **densité** de population est grande, plus le nombre de personnes exposées à la pollution peut être grand. La Loi sur l'Air oblige d'ailleurs à ce que les villes les plus importantes soient munies de stations de mesure. Les stations concernées sont dites "**urbaines**", ou "**trafic**" si elles se situent en proximité immédiate d'un axe de circulation très important.

Il existe également des stations de mesure à la périphérie des villes, en nombre moins important, dans des secteurs moins peuplés : ce sont les stations dites périurbaines. Quand elles sont hors des villes, on les qualifie de rurales.

De plus, certains capteurs sont situés près de sites industriels où la pollution est parfois importante : ce sont des stations dites de proximité industrielle.

Ces stations automatiques donnent des mesures en continu qui reflètent chacune le niveau de pollution dans leur environnement immédiat. Pour connaître la pollution sur toutes les stations en même temps ou pour mieux communiquer nos résultats au public, il peut être nécessaire d'établir une carte de pollution.



Pourquoi des cartes de pollution ?

On peut avoir besoin de cartes de pollution sur une grande ville pour mieux connaître la répartition d'un polluant, ou pour juger l'état de la pollution d'un seul coup d'œil.

Avec ces cartes, on peut par exemple décider où implanter un nouveau capteur, et savoir où le risque de respirer un air pollué est le plus grand.

Pour ce faire on peut utiliser les mesures :

- des stations fixes
- des échantillonneurs passifs
- des sites de bioindication par les plants de tabac ou les lichens
- tout autre moyen de mesure qui fournit des données à un point précis.

Quelques méthodes de cartographie

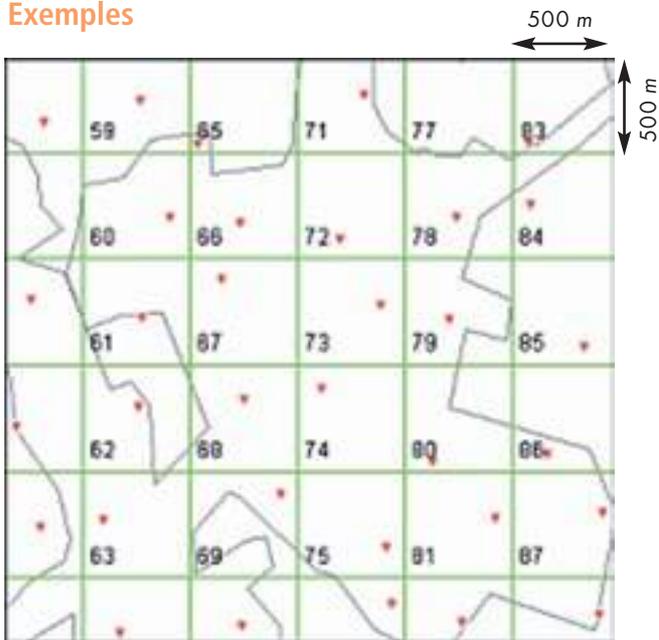
Pour établir une cartographie de la pollution, deux éléments sont essentiels :

- une série de données de mesures comparables de la pollution à différents points, sur le même "pas de temps" (par exemple toutes les mesures de dioxyde d'azote par échantillonneurs passifs réalisées sur une ville au cours d'une même semaine)
- un fond de carte qui permet de positionner les sites où les mesures ont été effectuées (par exemple un plan de ville ou une carte IGN)

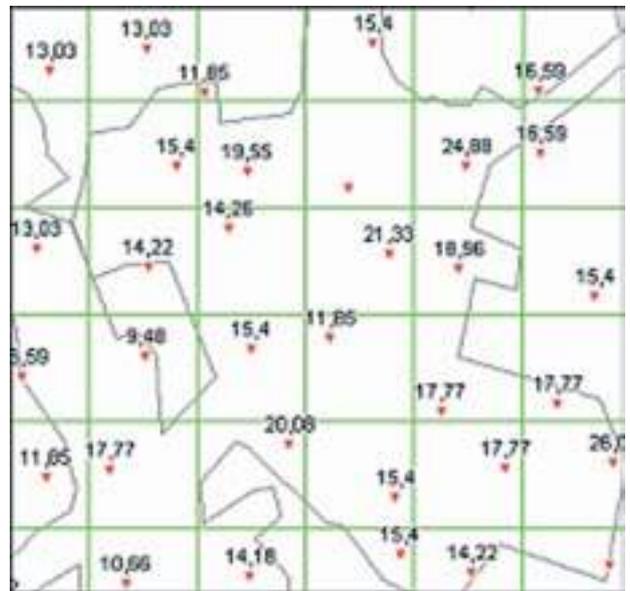
Les exemples suivants utilisent trois méthodes de cartographie, dont deux au moins pourraient être utilisées en classe.

Surveillance et Information sur la qualité de l'air

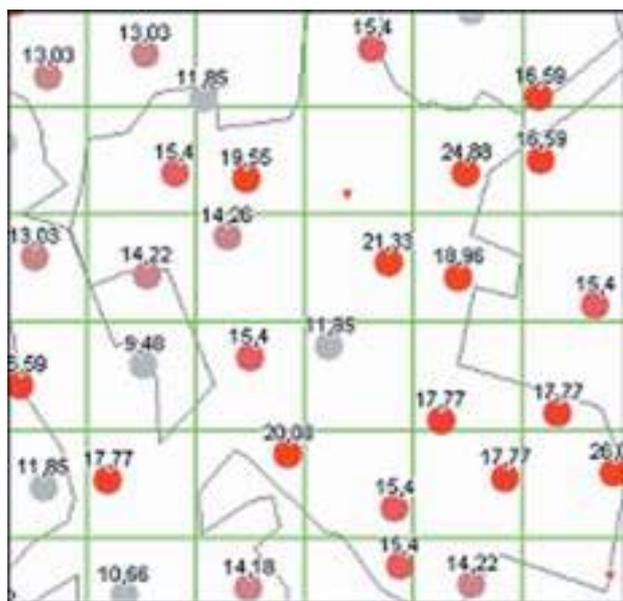
Exemples



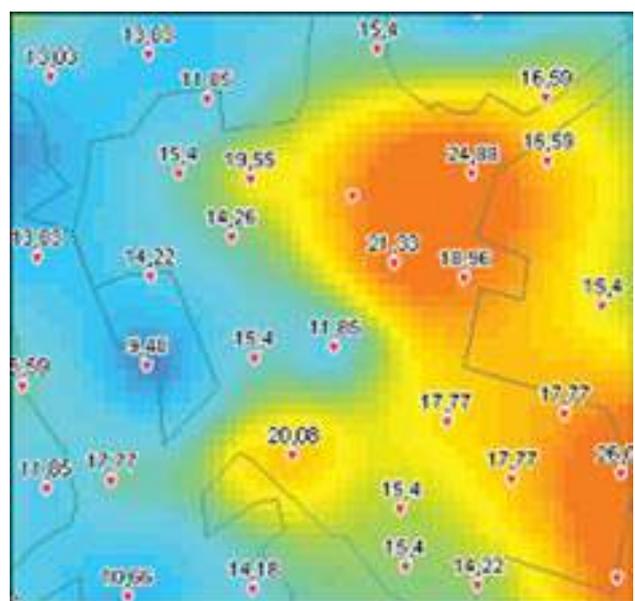
On dispose, sur une ville, une série de points de mesure du dioxyde d'azote par tubes passifs. Ces tubes sont situés selon un quadrillage dont chaque case, d'une taille de 500 m de côté, est numérotée, afin d'identifier et de localiser ces mesures.



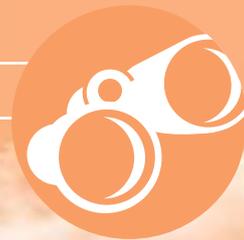
A partir de notre tableau de données, on indique sur la carte les valeurs mesurées. L'unité est en microgramme par mètre cube. Mais la lecture de cette carte n'est pas facile !



On peut effectuer une répartition des valeurs en classes. Ainsi à chaque classe correspond un symbole de couleur ou de taille différent. La lecture de la carte est déjà plus aisée.



La méthode de cartographie la plus efficace est aussi la plus compliquée : il s'agit d'une interpolation réalisée à l'aide d'un logiciel spécialisé. Ici les concentrations en dioxyde d'azote entre les points de mesure sont estimées par un calcul statistique. Plus les zones sont rouges, plus les concentrations de dioxyde d'azote dans l'air sont élevées. Inversement, plus les zones sont en bleu foncé, plus les concentrations de dioxyde d'azote, sont faibles.



Lichen, dis-moi si la qualité de l'air est bonne ?

Méthodologies d'évaluation de la qualité de l'air à l'aide de la bioindication.

De nombreux végétaux et lichens sont sensibles à la présence de polluants dans l'air. Par exemple l'ozone, au-delà d'une certaine quantité dans l'air, provoque des taches sur les feuilles de plants de tabac. D'autres polluants, en s'accumulant dans certaines plantes, provoquent le dépeuplement des espèces les plus sensibles à ce phénomène. En observant l'état de ces plantes, leur présence ou leur absence dans un espace naturel, il est possible d'évaluer la qualité de l'air à cet endroit.



La bioindication par les lichens

Souvent confondus avec les mousses, les lichens se trouvent sur les pierres, les murs ou les arbres. De forme et de couleur très variées, ils appartiennent à la famille des champignons, où ils tiennent une place à part : ils sont, en effet, constitués de deux êtres vivants qui vivent en symbiose, c'est-à-dire en formant une communauté de deux êtres vivants, qui profitent l'un de l'autre sans se nuire. Ces deux êtres vivants sont une algue et un champignon.

Les lichens sont très résistants, ils survivent à des conditions de sécheresse et de froid difficiles.

Ils n'ont ni feuille, ni tige, ni racine, mais forment un ensemble appelé "thalle", à l'intérieur duquel l'algue et le champignon sont organisés. C'est parce qu'ils ne possèdent pas de racines que les lichens absorbent dans l'air les éléments nécessaires à leur vie. Par la même occasion, ils absorbent la plupart des polluants présents dans l'air, en les accumulant dans leur thalle.

Si les lichens résistent à la sécheresse, ils ne résistent pas tous de la même façon à une pollution de l'air quotidienne. En effet, dans des conditions très favorables à la vie des lichens, avec de l'air non pollué, les espèces de lichens sont très variées. Mais plus l'air est pollué, plus cette variété d'espèces diminue, et ne restent que les lichens les plus résistants à la pollution. La sensibilité des différentes espèces de lichens à la pollution est assez bien connue, et en observant les lichens présents à un endroit, il est possible de savoir si ce lieu est peu, moyennement ou fortement pollué.

Où relever des lichens pour la bioindication ?

Les lichens utilisés pour l'évaluation de la qualité de l'air sont tous corticoles, c'est-à-dire qu'ils poussent sur l'écorce des arbres.

Pour observer des lichens, on détermine une station : c'est un endroit où les conditions ambiantes sont suffisantes pour que les lichens se développent. Pour qu'une station soit validée, il est nécessaire d'observer au moins 5 arbres assez proches les uns des autres (place de village, alignement, stade, jardin public, etc.). Les lichens doivent être observés à, au moins, 80 cm de hauteur, et jusqu'à 1,8 m environ. Les lichens doivent se trouver sur un tronc, pas trop incliné, et pas trop près non plus des premières branches de l'arbre.



Photo de lichens sur un arbre

Surveillance et Information sur la qualité de l'air

En route !

Profitez d'un jour où il fait beau. Munissez-vous d'un carnet, d'un crayon et recherchez un site qui correspond au chapitre "Où relever des lichens pour la bioindication ?"

Faites un dessin de votre site.

Description du site d'observation

- Combien y-a-t-il d'arbres ?...
- Quelle est l'espèce de ces arbres (si vous la connaissez) ?...
- Une usine est-elle située près du site ?
- Si oui, a-t-elle une grande cheminée ?
- Une route passe-t-elle près du site ?
- Combien de voitures passent sur cette route par minute ?

Observation des lichens

- Combien existe-t-il de lichens différents ?...
- Quelle est leur couleur ?
- Quelle est leur forme ? plats ? en feuille ? en arbuste ?
- Si vous observez : - des lichens plats, donnez la note "FO"
- des lichens en feuille, donnez la note "MO"
- des lichens en feuille et des lichens arbuste, donnez la note "FA".
- Quelle est votre note ? Reportez votre note sur votre carnet. Cela correspond -t-il à une pastille verte ? orange ? ou rouge ?

Réalisation d'une carte d'observation des lichens

Comparez vos résultats avec ceux de vos camarades.

Avec votre enseignants et vos camarades, reportez les pastilles de couleur sur une carte.

Comparez et interprétez les résultats (quand c'est rouge, y-a-t-il une route importante ou une usine à proximité ?).

La bioindication comme les spécialistes !

En suivant la méthode pour évaluer la qualité de l'air à partir de l'observation des lichens, présentée ci-dessous, une carte de qualité de l'air a été réalisée grâce à la collaboration de nombreux collèges et lycées de la région Nord Pas-de-Calais.

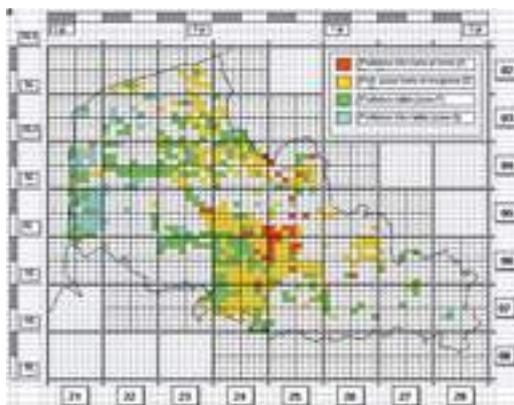
La méthode utilisée

L'échelle complète d'estimation de la qualité de l'air, par les lichens, comporte 7 niveaux allant de A à G : A, B, C pour qualité médiocre, D et E pour moyenne et F et G pour bonne et très bonne. Chaque espèce peut être placée dans une catégorie de l'échelle. Dans la pratique, si on relève sur une station, des lichens de la catégorie B (médiocre) et de la catégorie F (bonne), on en déduit que la qualité de l'air est bonne ; Par contre, si on ne trouve sur la station que des lichens de la catégorie B, on en déduit que la qualité de l'air, autour de cette station, est globalement médiocre. En multipliant le nombre de stations sur une ville, ou sur plusieurs communes, on peut dresser une cartographie de la pollution estimée par les lichens. De même, on peut comparer les stations avec quelques années d'écart (les lichens ont une grande durée de vie) pour tenter de déterminer si la qualité de l'air s'est améliorée ou détériorée au fil du temps.

Voici la carte obtenue :

Echelle FOMOFA - simplifiée.	Pollution	Photo du lichen
FO "lichens plats"	 Forte	 Lichens plats
MO "lichens en feuilles"	 Moyenne	 Lichens en feuille
FA "lichens en arbustes"	 Faible	 Lichens arbuste

Zones	Espèces de lichens ou (d'algues)
A	<i>Pleurococcus viridis</i>
B	<i>Buellia punctata</i> <i>Lecanora conizaeoides</i>
C	<i>Lecanora exallens</i> <i>Lepraria incana</i>
D	<i>Diploicia canescens</i> <i>Lecidella elaeochroma</i> <i>Physcia tenella</i> <i>Xanthoria polycarpa</i>
E	<i>Candelariella xanthostigma</i> <i>Evernia prunastri</i> <i>Hypogymnia physodes</i> <i>Parmelia sulcata</i> <i>Pseudevernia furfuracea</i> <i>Physcia adscendens</i> <i>Xanthoria parietina</i>
F	<i>Parmelia acetabulum</i> <i>Parmelia caperata</i> <i>Parmelia glabratula</i> <i>Parmelia pastillifera</i> <i>Parmelia subaurifera</i> <i>Parmelia subrudecta</i> <i>Parmelia tiliaea</i> <i>Pertusaria amara</i> <i>Phlyctis argena</i> <i>Ramalina farinacea</i> <i>Ramalina fastigiata</i> <i>Xanthoria candelaria</i>
G	<i>Anaptychia ciliaris</i> <i>Parmelia perlata</i> <i>Parmelia reticulata</i> <i>Parmelia revoluta</i> <i>Physconia pulverulacea</i> <i>Ramalina fraxinea</i>



Cartographie régionale réalisée avec des élèves de collèges et de lycées.
Source : M. Gavenaux