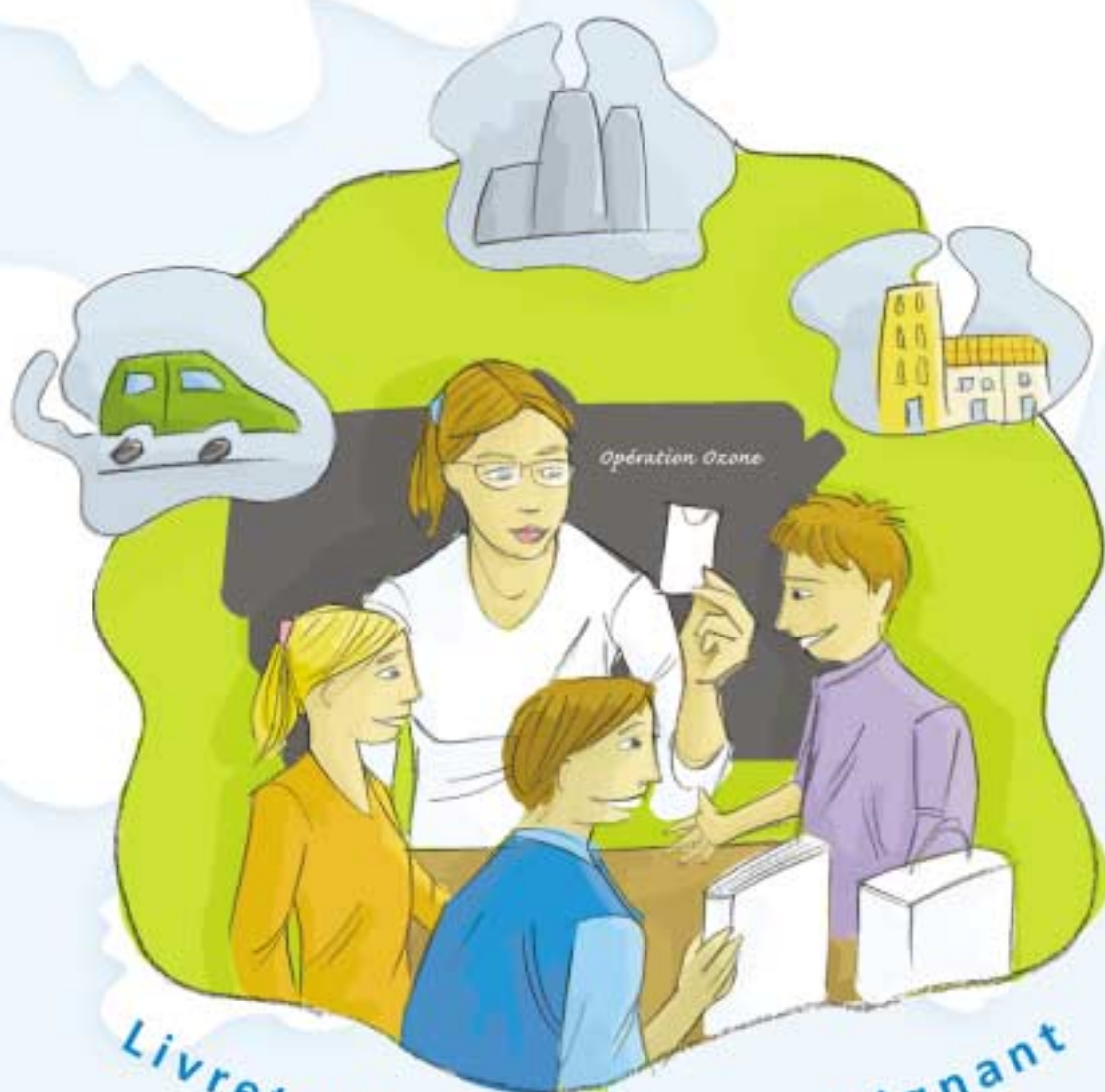


Opération Qualité de l'air



Livret pédagogique enseignant

Initier les élèves

à une pratique scientifique
à travers la mise en œuvre d'un
protocole expérimental.

Sensibiliser les élèves

à l'ensemble des problèmes
liés à la pollution de l'air.

Mettre en relation

les participants entre eux
et avec le milieu
de la recherche
scientifique.



AIRFOBEP

Association pour la
Surveillance de la Qualité de l'Air
sur la région de l'étang de Berre
et de l'ouest des Bouches-du-Rhône



ACADÉMIE
D'AIX-MARSEILLE

sous le parrainage du
recteur de l'Académie
d'Aix-Marseille



**CONSEIL
GENERAL**
BOUCHES-DU-RHÔNE

Surveiller la qualité de l'air avec les élèves

L'air que nous respirons est à la fois l'affaire et la responsabilité de tous. La santé publique, l'environnement et les conditions de vie future sur Terre, dépendent étroitement de la qualité de l'air et de l'attention que nous y porterons ces prochaines décennies. Les adolescents doivent en prendre conscience pour devenir des citoyens avertis et responsables.

Depuis 1996, la loi sur l'air a instauré une information des populations lors du dépassement de seuils de pollution et des mesures d'urgence peuvent alors être mises en œuvre : circulation alternée, gratuité des transports publics, réduction des activités industrielles.

L'expérimentation scientifique que nous proposons permet de révéler différentes formes de pollution, et de s'interroger sur les comportements à adopter pour réduire leur production comme leur effet.

Les objectifs de l'opération

- Sensibiliser les élèves à l'ensemble des problèmes liés à la pollution de l'air.
- Initier les élèves à une pratique scientifique à travers la mise en œuvre d'un protocole expérimental.
- Mettre en relation les participants entre eux et avec le milieu de la recherche scientifique.

L'expérimentation en grandeur réelle sous contrôle scientifique et les supports pédagogiques qui sont proposés permettent d'aborder avec les élèves de nombreux thèmes pouvant s'intégrer dans des programmes de physique, de chimie, de sciences naturelles ou de tout autre discipline. A titre d'exemple :

- > les liens entre l'environnement et la santé,
- > les effets des activités humaines sur l'environnement,
- > la physico-chimie de l'atmosphère,
- > la surveillance du milieu atmosphérique,
- > les moyens techniques et les comportements pour réduire la pollution de l'air.

Un ensemble d'outils simples et méthodiques

AIRFOBEP met à disposition des élèves et des enseignants des outils et des protocoles validés par des ingénieurs et des chercheurs.

- Un support pédagogique pour l'enseignant qui rappelle les principales données liées à la problématique de la qualité de l'air et plus particulièrement concernant l'ozone, ainsi qu'une description du matériel de mesure utilisé et la présentation détaillée du protocole expérimental.
- Des fiches sur la qualité de l'air destinées aux élèves, dans lesquelles ils trouveront des informations concrètes sur les polluants atmosphériques, leurs provenances et leurs effets.
- Un CD ROM ozone à utiliser sur un ordinateur PC. C'est un outil ludique et interactif qui permet de comprendre la pollution par l'ozone.
- Du matériel qui permet aux élèves d'évaluer les teneurs en ozone dans l'air. Les élèves peuvent ainsi se familiariser avec des principes physiques et chimiques simples.
- Un carnet pour chaque élève lui permettant de réaliser et de suivre les expériences proposées.

Les élèves disposent ainsi du matériel nécessaire pour mener à bien leurs expériences tout en apprenant à connaître mieux l'air qu'ils respirent.





Sommaire

La pollution atmosphérique	4
L'air : un ensemble de gaz	4
Définition de la pollution	4
Les facteurs à l'origine de la pollution atmosphérique	4
> Les émissions de polluants	5
> La météorologie	6
> L'immission	7
Effets sur la santé et l'environnement des principaux polluants	7
L'ozone	9
Le bon et le mauvais ozone	9
> La couche d'ozone	9
> L'ozone troposphérique, un indicateur de la pollution photochimique à l'échelle locale ..	9
Les précurseurs	10
Les épisodes de pollution à l'échelle locale	11
> Le profil annuel et journalier type	11
> Les conditions météo propices aux pics d'ozone	12
> Une surveillance 24h/24 dans la région	13
Protocole expérimental	15



La pollution atmosphérique

L'air : un ensemble de gaz

L'air constitue le premier des éléments nécessaires à la vie, chaque jour environ 15 000 litres d'air circulent dans nos voies respiratoires.

Cet air que nous respirons n'est jamais totalement pur. Il contient 78% d'azote, 21% d'oxygène, 0,9% d'argon. Le 0,1% restant est constitué d'une grande variété de composés plus ou moins agressifs pour l'homme et son environnement. La biosphère produit naturellement des gaz et des particules qui se retrouvent dans l'atmosphère : c'est le cas de l'érosion éolienne, des émissions de composés organiques par les végétaux, de la production de gaz provenant des décompositions bactériennes. Ces composés sont aussi émis par les activités humaines, industrielles, domestiques, agricoles et le transport. On parle alors de sources anthropiques.

Définition de la pollution

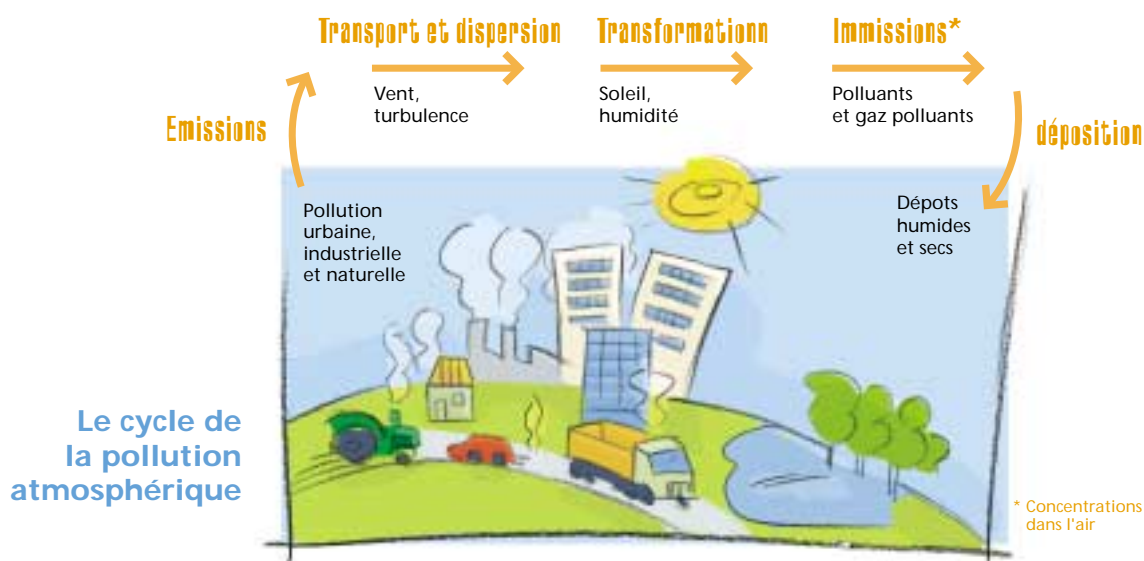
De nombreux composés ayant des effets sur la santé humaine sont émis par des sources naturelles. Néanmoins, on parle de pollution de l'air uniquement lorsque ces composés sont issus des activités humaines. Ainsi, la pollution atmosphérique est définie en France par l'article 2 de la loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie : « Constitue une pollution atmosphérique au sens de la présente loi 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, à provoquer des nuisances olfactives excessives ».

Les facteurs à l'origine de la pollution atmosphérique

Depuis le début du siècle dernier, l'accroissement démographique et le développement industriel sont à l'origine d'importantes émissions de gaz et d'aérosols (particules en suspension dans l'air). Les modifications de la constitution de l'atmosphère qui en découlent, peuvent avoir des répercussions aussi bien à l'échelle locale (conséquences sur la santé humaine, les végétaux ou les matériaux) qu'à l'échelle planétaire (modification du climat : effet de serre, diminution de la couche d'ozone stratosphérique).

Pour évaluer les effets de la pollution de l'air, il est nécessaire de prendre en compte trois facteurs :

- les émissions de polluants,
- le transport et la transformation chimique des polluants (météorologie),
- l'immission (concentration dans l'air).



Les émissions de polluants

Les polluants sont libérés dans l'air ambiant par des sources naturelles (volcans, océans, végétation...) ou anthropiques (industrie, transport, chauffage...).

Les activités humaines sont nombreuses à produire des composés atmosphériques polluants. Les principales émissions anthropiques concernent le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x), le monoxyde de carbone (CO), les composés organiques volatils (COV) et les aérosols.

Les polluants émis directement dans l'atmosphère par une source, c'est le cas notamment du dioxyde de soufre (SO₂) et du monoxyde d'azote (NO), sont appelés polluants primaires. Les concentrations dans l'air de ces polluants sont maximales à proximité des sources, puis tendent à diminuer au fur et à mesure que l'on s'éloigne de celles-ci du fait de leur dilution dans l'air.



Certains polluants vont réagir chimiquement après leur émission, se transformer ou produire de nouveaux composés. Ce sont des polluants dits secondaires. L'atmosphère est ainsi le siège d'une intense activité chimique qui donne naissance à des acides comme l'acide sulfurique et à des composés oxydants comme l'ozone.

Polluants	Sources principales
Dioxyde de soufre (SO₂)	Résulte de la combustion des combustibles fossiles (charbons, fiouls...). Émis principalement par les centrales thermiques, les installations de combustion industrielles et les unités de chauffage.
Ozone (O₃)	Résulte de la transformation chimique dans l'air, sous l'effet du rayonnement solaire, de polluants émis principalement par les industries et le trafic routier (composés organiques volatils et oxydes d'azote).
Dioxyde d'azote (NO_x)	Le monoxyde d'azote et le dioxyde d'azote sont émis lors des phénomènes de combustion. Les sources principales sont les véhicules et les installations de combustion (centrales thermiques, chauffages...).
Particules en suspension (PM)	Sont issues de combustibles fossiles, du transport routier (gaz d'échappement, usure, frottements...) et d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération...).
Monoxyde de carbone (CO)	Gaz inodore, incolore et inflammable dont la source principale est le trafic routier. Des taux importants de CO peuvent être rencontrés quand un moteur tourne au ralenti dans un espace clos ou en cas d'embouteillage.
Benzène (C₆H₆)	Gaz de combustion des véhicules. Industries productrices de benzène, comme produit secondaire ou intermédiaire (raffineries, usines chimiques). Usines utilisatrices de benzène (encres, peintures, solvants...) en air intérieur : fumées de tabac, adhésifs, revêtements, détergents, peintures, colles...
Composés organiques volatils (COV)	Cette famille regroupe des composés très divers. Elle comprend notamment des hydrocarbures (émis par évaporation des bacs de stockage pétroliers, remplissage des réservoirs automobiles), des composés organiques d'origine industrielle ou naturelle (procédés industriels, combustion incomplète des combustibles, agriculture) et des solvants (émis lors de l'application de peintures, des encres, le nettoyage des surfaces métalliques et des vêtements).
Métaux lourds	Les métaux lourds surveillés regroupent l'arsenic, le cadmium, le nickel et le plomb. Ils sont présents dans l'atmosphère sous forme solide associés aux fines particules en suspension. Ils sont émis principalement par les activités de raffinage, de métallurgie, de transformation d'énergie et par l'incinération des déchets.

La météorologie

Les paramètres météorologiques (rayonnement solaire, température, turbulence, vitesse et direction du vent...) déterminent le transport de la pollution et la transformation chimique des polluants. Ils ont une incidence importante sur les niveaux de pollution observés au sol.

Les variations de la météorologie en fonction de la saison expliquent certaines fluctuations des concentrations saisonnières de polluants primaires (dioxyde de soufre, par exemple) et secondaires (ozone).

ÉTÉ	HIVER	TOUTE L'ANNÉE
<p>Une journée type de pollution photochimique (ozone)</p> <p>Belle journée d'été, chaude et ensoleillée. Régime de brise de mer</p> <p>Ces jours là, la photochimie se produit sur toute la région, mais les niveaux peuvent être différents d'un site à l'autre en fonction de leur position par rapport aux lieux d'émission des polluants primaires. Les maxima sont enregistrés entre 11h00 et 19h00.</p>  <p>Inversion de température</p>	<p>L'inversion de température (polluants primaires, notamment le dioxyde de soufre)</p> <p>Nuit claire avec vent faible. Belle journée d'hiver ensoleillée. Vent faible ou nul.</p> <p>Habituellement, la température de l'air décroît avec l'altitude. Les polluants émis au niveau du sol se dispersent grâce aux mouvements convectifs de l'air chaud. Lorsque le sol s'est refroidi de façon importante pendant la nuit, la température en altitude devient supérieure à celle mesurée au sol. Il y a alors formation d'une "inversion de température" qui bloque la dispersion des polluants dans l'atmosphère. La concentration des polluants dus au chauffage, au trafic et aux industries augmente au niveau du sol. L'inversion de température occasionne des pointes de pollution sur de larges zones géographiques : on parle alors d'épisodes de pollution généralisés. Ils sont plus fréquents en hiver, pendant les périodes anticycloniques.</p>	<p>La retombée de panache (polluants primaires, notamment le dioxyde de soufre)</p> <p>Vent établi, modéré ou fort. En toute saison.</p> <p>Les vents établis peuvent rabattre vers le sol les panaches émis par les cheminées, jusqu'à plusieurs kilomètres de leurs sources. Sous ces retombées, la concentration des polluants peut atteindre des niveaux très importants. Les épisodes de pollution sont localisés. On parle alors d'épisodes de pollution directionnels ou localisés.</p>  <p>Retombée de panache</p>

L'immission

Le terme immission est employé pour caractériser la concentration des polluants dans l'air ambiant.

Dans le domaine de la surveillance de l'air, les résultats des mesures sont exprimés en concentration, c'est-à-dire en unité de masse par unité de volume d'air, ramenée à des conditions de température et de pression données. L'unité utilisée le plus couramment est le microgramme de polluant par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) : 1 μg est égal à 0,000001 g, soit 1 millionième de gramme ; 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ correspond donc à 1 g de polluant dans un cube d'air de 100 mètres de côté.

Effets sur la santé et l'environnement des principaux polluants

Les polluants atmosphériques ont un impact sur la santé variable en fonction de leur concentration dans l'air et de la dose inhalée. Les populations les plus sensibles sont les enfants, les personnes âgées, les personnes atteintes d'affections respiratoires et les sportifs durant la pratique d'une activité physique intense. Il existe cependant de grandes variations de sensibilité entre les individus.

Polluants	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
DIOXYDE DE SOUFRE (SO₂)	Irrite les muqueuses de la peau et des voies respiratoires. Agit en synergie avec d'autres substances, notamment les particules. Les asthmatiques y sont particulièrement sensibles.	Participe aux phénomènes des pluies acides. Contribue également à la dégradation de la pierre et des matériaux de nombreux monuments.
OZONE (O₃)	Gaz agressif qui peut provoquer la toux, diminuer la fonction respiratoire et irriter les yeux. Les personnes sensibles sont celles ayant des difficultés respiratoires ou des problèmes cardio-vasculaires.	Effet néfaste sur la végétation et sur certains matériaux.
DIOXYDE D'AZOTE (NO₂)	Le NO ₂ est un gaz irritant pour les bronches. Chez les asthmatiques, il augmente la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant il favorise les infections pulmonaires.	Le NO ₂ participe aux phénomènes des pluies acides, à la formation de l'ozone troposphérique dont il est l'un des précurseurs, à l'atteinte de la couche d'ozone stratosphérique et à l'effet de serre.
PARTICULES EN SUSPENSION (PM)	Selon leur taille, les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire et peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures.	Les effets de salissures des bâtiments et des monuments sont les atteintes les plus évidentes à l'environnement.
MONOXYDE DE CARBONE (CO)	Le CO se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang. Les premiers symptômes sont des maux de tête et des vertiges. Ces symptômes s'aggravent avec l'augmentation de la concentration et peuvent aboutir à la mort.	Le CO participe aux mécanismes de formation de l'ozone troposphérique. Dans l'atmosphère, il se transforme en CO ₂ et participe à l'effet de serre.
BENZÈNE (C₆H₆)	De nombreuses études épidémiologiques sous l'égide du CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer) ont mis en évidence le pouvoir cancérigène du benzène en cas d'exposition chronique. Malgré les nombreuses incertitudes qui demeurent faute de recul dans ces études, il est établi qu'il n'existe pas de seuil en dessous duquel le benzène ne présente pas de risque pour la santé humaine.	Le benzène participe aux mécanismes de formation de l'ozone troposphérique.

Polluants	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS (COV)	Les effets sur la santé sont très variables selon les composés. Cela peut aller de la simple gêne olfactive à des effets mutagènes et cancérigènes en passant par des irritations ou des diminutions de la capacité respiratoire.	Un grand nombre de ces composés est impliqué dans le processus de formation de l'ozone troposphérique.
MÉTAUX LOURDS	L'inhalation de ces métaux même en faible quantité peut conduire à des niveaux de concentrations toxiques (le cadmium peut conduire à des intoxications rénales et le plomb du système nerveux) ou cancérigènes (arsenic et nickel) par bio-accumulation.	Effets néfastes sur les êtres vivants.

L'ozone

L'ozone est une molécule composée de trois atomes d'oxygène. Son odeur âcre particulière lui a donné son nom tiré du grec ozein qui signifie exhaler une odeur. Sa composition en fait un puissant oxydant très actif mais, heureusement, c'est un constituant très minoritaire de l'atmosphère. L'ozone a été découvert en 1836 par le chimiste Christian Schönbein. Il fut le premier à montrer l'existence d'ozone dans l'atmosphère en exposant un papier d'iodure de potassium imprégné d'amidon.

Le bon et le mauvais ozone

La couche d'ozone

90% de l'ozone atmosphérique sont concentrés dans la stratosphère (couche d'air qui se situe entre 15 et 50 km d'altitude) et plus précisément dans une bande comprise entre 15 km et 35 km d'altitude. C'est la fameuse couche d'ozone. Les concentrations en ozone y sont mille fois supérieures aux concentrations enregistrées dans la troposphère.

Le mécanisme de formation de l'ozone stratosphérique a été décrit pour la première fois en 1929 par Chapman. Dans cette couche, la présence de l'ozone dépend essentiellement du rayonnement ultraviolet que l'on nomme couramment UV :

- les UV C (ce sont les longueurs d'onde inférieures à 240 nm) brisent les molécules d'O₂ en 2 atomes d'oxygène O qui se recombinaient avec des molécules d'O₂ pour former l'ozone.
- Les UV B (ce sont les longueurs d'onde inférieures à 320 nm) détruisent la molécule d'ozone, redonnant une molécule d'oxygène et un atome d'oxygène.

La concentration en ozone résulte alors d'un équilibre entre son taux de production et son taux de destruction, celui-ci pouvant être modifié par des réactions photochimiques avec d'autres gaz comme les oxydes d'azote et certains composés halogénés. Ce sont les rejets humains excessifs de ces gaz qui sont responsables du fameux trou de la couche d'ozone.

L'appauvrissement en ozone de cette couche augmente les rayonnements UVB à la surface terrestre. Ces rayons, énergétiques, peuvent bouleverser certains processus biologiques et nuirent à la santé humaine.

L'ozone troposphérique, un indicateur de la pollution photochimique à l'échelle locale

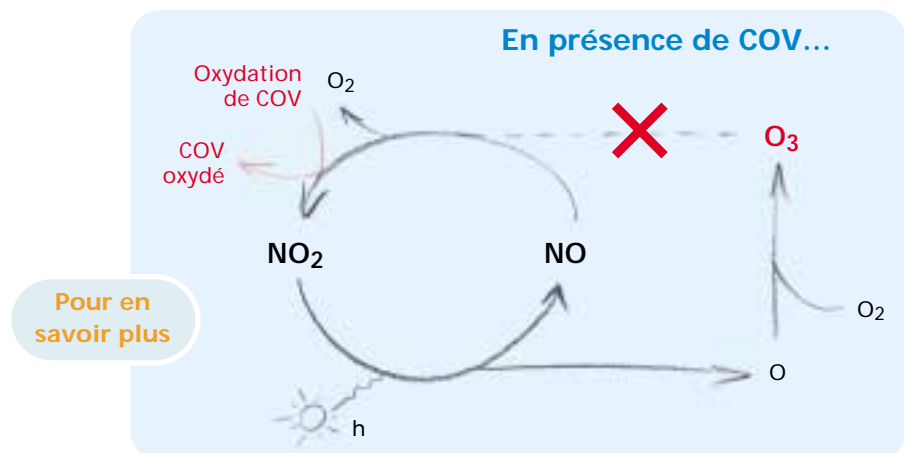
Dans la troposphère (couche d'air qui se situe entre le sol et 15 km d'altitude), l'ozone est présent naturellement en faible quantité.

Il se forme par combinaison de la molécule d'oxygène (O₂) et d'un atome d'oxygène provenant de la dissociation du dioxyde d'azote (NO₂) sous l'effet d'un rayonnement solaire de longueur d'onde inférieure à 400 nm. La réaction du monoxyde d'azote (NO) sur l'ozone précédemment formé produit à son tour une molécule de dioxyde d'azote (NO₂) et d'oxygène (O₂).

Quand l'air est pollué, ce cycle naturel de formation/destruction de l'ozone est perturbé par la présence de composés chimiques et notamment les COV.

Les COV procurent des voies préférentielles d'oxydation du monoxyde d'azote en dioxyde d'azote.

Le monoxyde d'azote n'est plus disponible pour réagir avec l'ozone et le détruire. Celui-ci s'accumule dans l'atmosphère. L'ozone peut alors être produit intensément dans l'air que nous respirons.



Pour en savoir plus

Dans les agglomérations urbaines, où les automobiles émettent des oxydes d'azote sous forme de monoxyde, la destruction de l'ozone par le NO est plus importante que la production par le NO₂.

Dans les zones péri-urbaines, les concentrations de NO sont plus faibles que celles de NO₂ et donc la production de l'ozone par le NO₂ est plus importante que sa destruction par le NO.

Ce phénomène explique que les zones urbaines sont souvent moins polluées par l'ozone que les zones péri-urbaines ou rurales.

Par les mêmes mécanismes photochimiques, d'autres composés oxydants sont produits simultanément à l'ozone. Moins connus et plus difficiles à mesurer, tels que les aldéhydes, ces composés sont regroupés dans la famille des photo-oxydants. On qualifie alors l'ozone de traceur de la pollution photochimique.

Les précurseurs de l'ozone

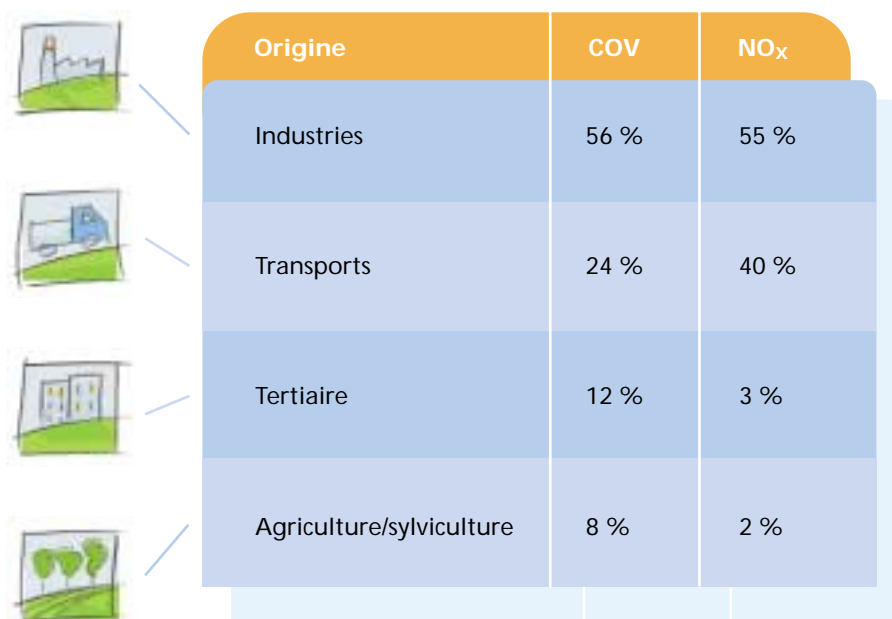
Dans la troposphère naturelle c'est-à-dire non polluée, les mécanismes de formation de l'ozone font intervenir essentiellement les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone et le méthane.

Dans la troposphère polluée, les précurseurs de l'ozone responsables des épisodes de pollution sont principalement les oxydes d'azote et les COV.

Les différents précurseurs de l'ozone ont à la fois des origines naturelles et des origines anthropiques.

Ainsi, dans le département des Bouches-du-Rhône, les principaux précurseurs de l'ozone sont majoritairement issus des activités industrielles et des transports.

Part des émissions des précurseurs de l'ozone par secteurs d'activité dans les Bouches-du-Rhône en 2000

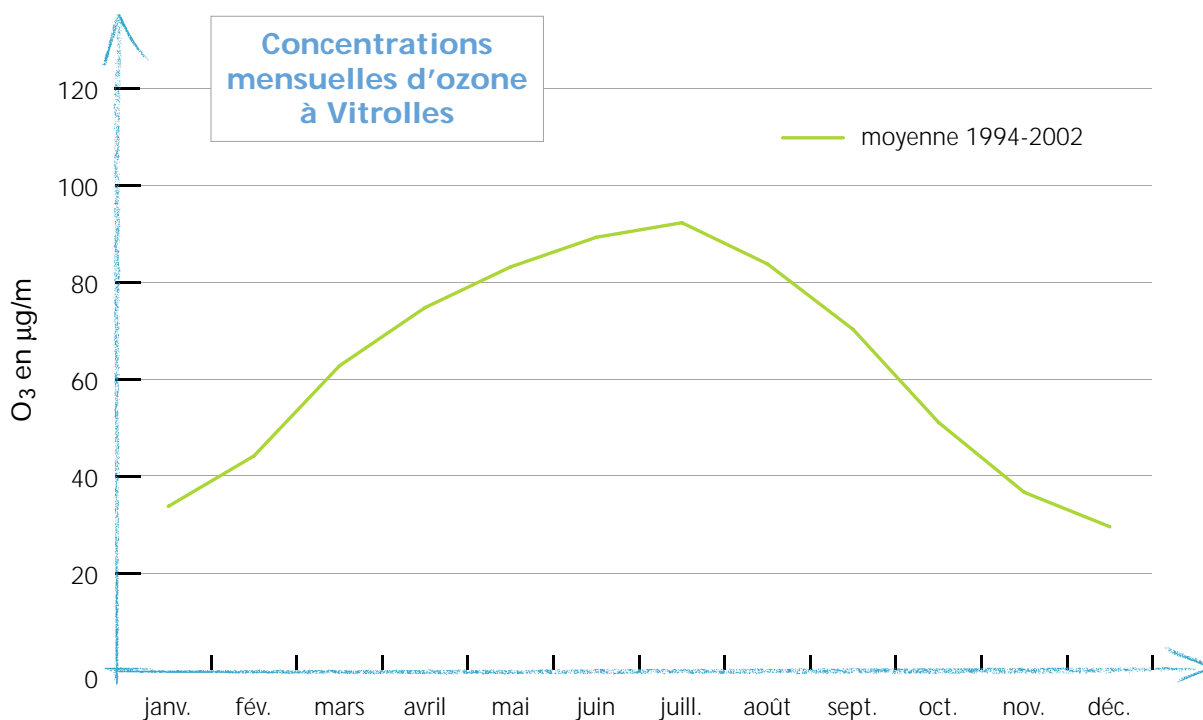


Origine	COV	NO _x
Industries	56 %	55 %
Transports	24 %	40 %
Tertiaire	12 %	3 %
Agriculture/sylviculture	8 %	2 %

Les épisodes de pollution à l'échelle locale

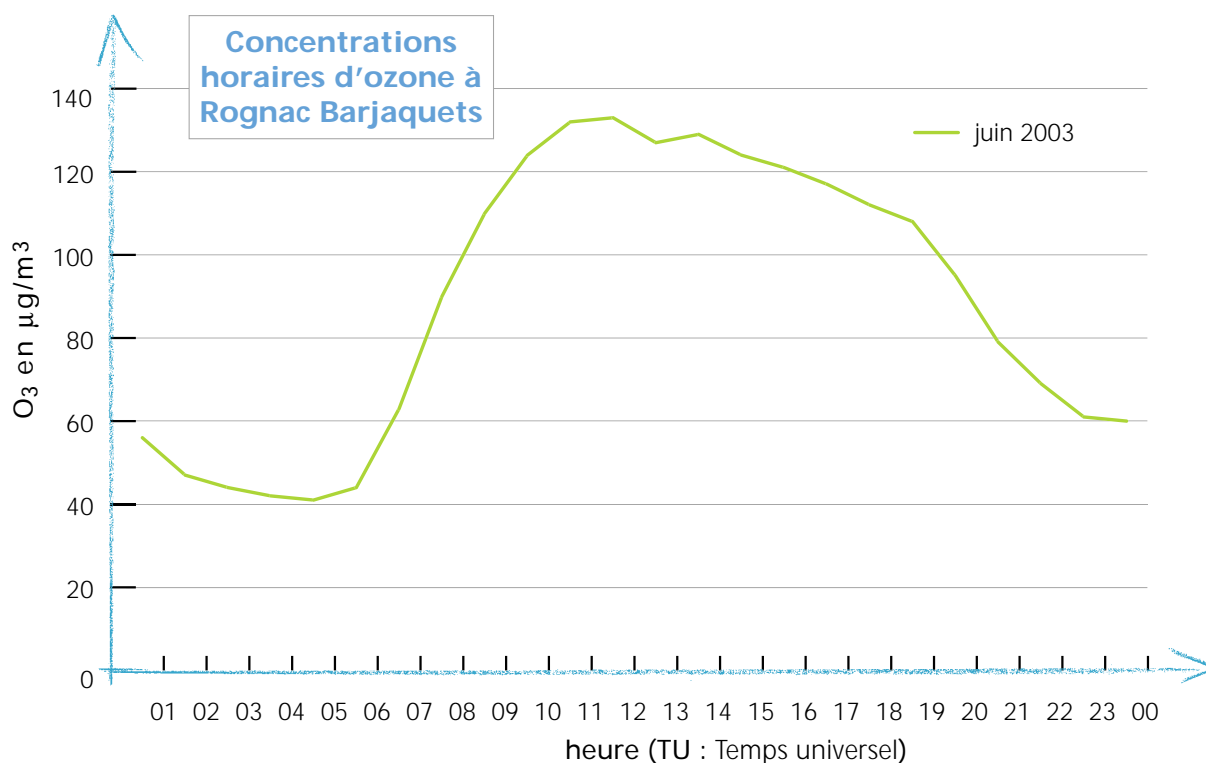
Le profil annuel et journalier type

Dans la région, les épisodes de pollution à l'ozone sont le plus souvent observés en été et au printemps. Ces variations saisonnières sont liées au mécanisme de formation de ce polluant. Ainsi, un rayonnement solaire maximal et une température de l'air élevée accroissent la formation d'ozone en été.



Les variations diurnes des concentrations en ozone obéissent à un cycle caractéristique, avec un minimum en fin de nuit et un maximum en milieu d'après-midi.

La journée, le rayonnement solaire et les températures plus élevées se traduisent par un taux de production d'ozone supérieur au taux de destruction. La nuit, avec la chute de l'intensité solaire, la destruction de l'ozone devient supérieure à sa production.



Pour en savoir plus

A la destruction d'origine photochimique, liée au mécanisme de formation de l'ozone, s'ajoute la perte due au dépôt sur le sol et la végétation. Ce dépôt sec est défini par une vitesse de dépôt qui est indépendante de la concentration, mais liée aux caractéristiques du sol et de l'atmosphère. Les vitesses de dépôts moyennes usuelles sont de l'ordre de 0,3 à 0,5 cm/s, ce qui multiplié par la concentration en ozone fournit le flux de déposition, i.e. la quantité d'ozone qui disparaît par unité de temps et de surface.

Les conditions météo propices aux pics d'ozone

La météorologie est un facteur déterminant dans l'apparition des épisodes de pollution à l'ozone. On a vu précédemment que la variation des concentrations en ozone suivait un cycle en relation avec le rayonnement et la température. Mais les régimes de vent et la structure des premiers kilomètres de l'atmosphère sont eux aussi des facteurs essentiels de l'apparition des épisodes de pollution à l'ozone dans la région.

Les régimes anticycloniques caractérisés par un ciel clair et des vents faibles sont propices à l'accumulation des polluants primaires responsables de la formation d'ozone, mais aussi de l'ozone lui-même, et accentuent les mécanismes de production photochimique.

En outre, les phénomènes de recirculation des masses d'air complexes à l'échelle locale accentuent les épisodes de pollution photochimique. L'exemple le plus connu est l'alternance des brises thermiques dues aux zones côtières.

Pour en savoir plus

Les vents thermiques : la brise de terre et la brise de mer d'après Météo France

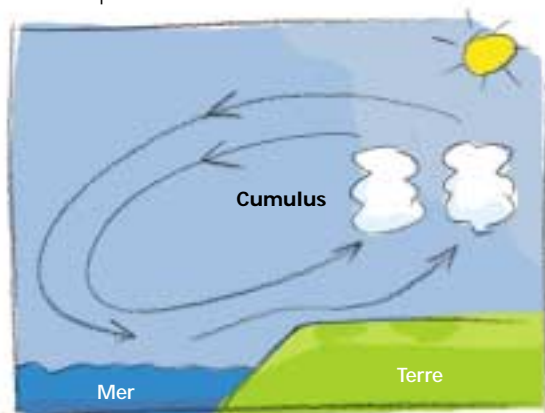
Brise de terre

De 4 h. après le coucher du soleil
à 2 h. après le lever du soleil



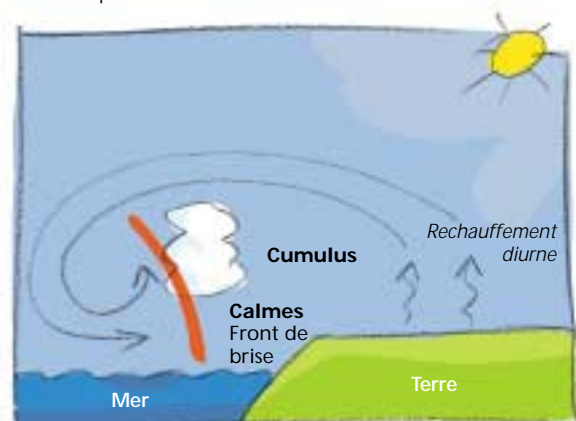
Brise de mer

De 6 h. après le lever du soleil
à 2 h. après le coucher du soleil



Etablissement de la brise de mer

De 2 h. après le lever du soleil
à 6 h. après le lever du soleil



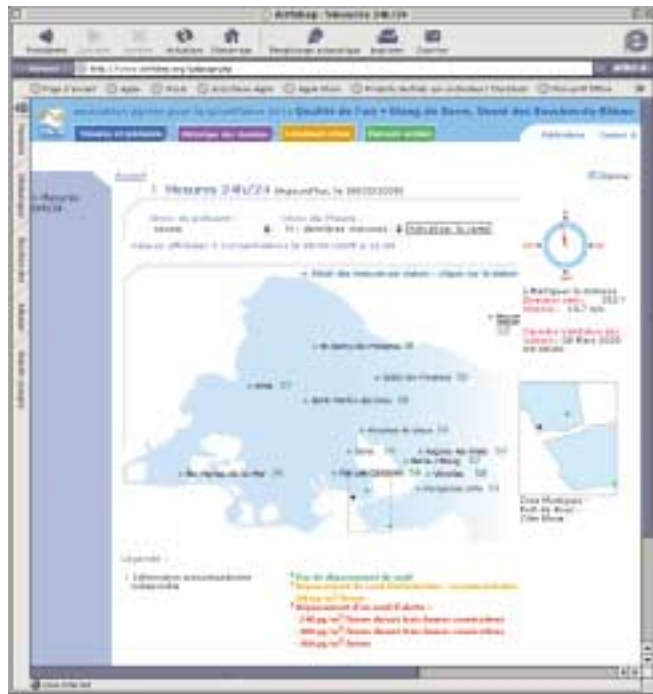
Source : Météo France

Une surveillance 24h/24 dans la région

AIRFOBEP est agréée par l'État pour surveiller la qualité de l'air de la région de l'étang de Berre et de l'Ouest des Bouches-du-Rhône.

Pour cela, AIRFOBEP gère un réseau de 34 stations de mesure qui surveillent en permanence la qualité de notre air, dont 15 mesurent l'ozone.

Les concentrations en polluants sont rapatriées 24h/24 au poste central situé à Martigues et mises à la disposition du public en quasi temps réel via le site Internet www.airfobep.org.



Information de la population

Le préfet délègue à AIRFOBEP la mise en œuvre dans sa zone de compétence d'une procédure d'information de la population en cas de dépassements prévus ou constatés de certains seuils réglementaires pour l'ozone. Un message est expédié aux principaux relais d'information auprès des populations (services de l'État, communes et collectivités, centre de secours, médias, associations...).

Les seuils d'information de la population**

Seuil d'information et de recommandation : 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire

1^{er} Seuil d'alerte : 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ dépassés durant 3 heures consécutives

** Décret du 12 novembre 2003

Les mesures d'urgence pour lutter contre les pics de pollution

En réponse au risque de dépassement des seuils d'information et d'alerte, le préfet peut mettre en œuvre des mesures qui visent à réduire les rejets de polluants à l'origine de la formation de l'ozone.

Déclinées dans un plan d'actions graduées, les mesures de réduction des émissions polluantes impliquent aussi bien le secteur industriel que l'attitude de chaque citoyen.

Il s'agit d'une part de réduire la vitesse de circulation sur les principaux axes routiers du département (réduction de 30 km/h sans que la vitesse autorisée hors agglomération soit inférieure à 70 km/h) et d'autre part de mettre en place les actions prévues dans les arrêtés préfectoraux spécifiques à chaque industriel.

Protocole



expérimental

15

L'analyse scientifique	16
Évaluer la teneur en ozone avec un indicateur coloré	16
Le principe de la méthode de Schönbein	17
Le protocole expérimental	18
Le matériel	19
Les sites de mesure	19
Les porteurs de badges ozone	19
La description du site de mesure	19
Réalisation des mesures	20
Commentez et analysez vos résultats	21
Envoyez vos résultats à AIRFOBEP	21
Échelle colorimétrique de référence	22

L'analyse scientifique

Différentes méthodes permettent de mesurer la concentration d'un gaz dans l'air grâce à des appareils plus ou moins perfectionnés.

Dans l'analyse d'un polluant, on distingue deux étapes :

- La prise de l'échantillon d'air qui consiste à prélever une fraction représentative du produit que l'on veut étudier.
- L'analyse de l'échantillon qui permet de déterminer la nature du produit et sa quantité.

Ces deux opérations peuvent être effectuées simultanément ou séparément, manuellement ou automatiquement.

Dans son réseau de stations, AIRFOBEP utilise des analyseurs qui prélèvent les échantillons et les analysent automatiquement. Toutes les heures, ils transmettent une valeur instantanée de la concentration en ozone dans l'air au poste central de mesure, à Martigues.

Ces appareils modernes sont délicats à mettre en place. Ils nécessitent un local bien protégé possédant une alimentation électrique et une ligne téléphonique ainsi qu'un entretien régulier.

Lors de mesures ponctuelles comme celles que vous allez réaliser, il est préférable d'avoir recours à un matériel plus simple d'utilisation.

Evaluer la teneur en ozone avec un indicateur coloré

Vous allez mettre en œuvre une analyse avec un indicateur coloré dont le principe repose sur la méthode de Schönbein, du nom du chimiste qui utilisa cette méthode pour la première fois. L'échantillon sera prélevé pendant une période de temps choisie et analysé directement grâce à une méthode colorimétrique. On déterminera la valeur moyenne de la concentration en polluant dans l'air sur la période où l'échantillon aura été récolté.

Cette méthode d'analyse très économique est pratique pour estimer une concentration pendant quelques heures et dans de multiples endroits à la fois. Elle n'est toutefois pas adaptée à la surveillance réglementaire de l'ozone en raison d'une précision insuffisante.

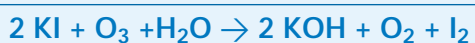


Le principe de la méthode de Schönbein

Le capteur utilisé repose sur une méthode colorimétrique. On utilise un indicateur coloré constitué d'un morceau de papier qui joue le rôle de capteur et contient un réactif chimique spécifique à l'ozone.

La méthode colorimétrique utilisée étant gardée secrète par le fabricant, nous détaillerons ici une méthode similaire, celle de Schönbein découverte dans le milieu du XIX^{ème} siècle et qui permet de réaliser les premières mesures de l'ozone troposphérique.

La réaction chimique utilisée par la méthode de Schönbein s'appuie sur les propriétés oxydantes de l'ozone. L'iodure de potassium est oxydé en présence d'ozone et d'eau pour former de l'iode et de l'hydroxyde de potassium.



La présence de l'iode produit par cette réaction peut être révélée par l'utilisation d'amidon qui se colore en bleu/violet en fonction de la teneur en iode.

Ainsi, la couleur du papier permet de mesurer indirectement la quantité d'ozone ayant réagi avec le capteur.

Une échelle colorimétrique de référence donne la correspondance entre la coloration du papier et la concentration en ozone en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ainsi que l'indice de la qualité de l'air en ozone correspondant.

On peut ainsi estimer la concentration moyenne en ozone dans l'air pendant le temps d'exposition du capteur.



Le protocole expérimental

L'objectif de l'expérience est de réaliser des mesures d'ozone sur une période d'une heure le matin et l'après-midi pendant deux jours consécutifs.

Pour chaque période de mesure, vous disposerez de six badges ozone. Trois seront installés en extérieur, dans la cour de l'établissement par exemple, et trois seront portés par des élèves.

Le matériel

Vous recevrez du matériel pour réaliser des mesures avec les badges ozone pendant deux jours :

- Les cartes-tests conditionnées sous vide dans une pochette argentée :
 - 30 cartes-tests ozone 1 heure
 - 30 cartes-tests ozone 8 heuresque vous n'utiliserez pas dans ce protocole,
- 6 badges ozone porte-cartes,
- 1 cahier de résultat par élève,
- 1 fiche de synthèse des résultats.

Dès réception, placer les cartes tests au réfrigérateur et ne les sortez que le jour de l'expérimentation.

Les sites de mesure

Un site de mesure en air extérieur

Le choix du site est très important pour ne pas fausser les mesures. Le positionnement des capteurs d'ozone fournit une mesure représentative du milieu environnant. Certains critères doivent donc être respectés :

- Le site doit être éloigné de 50 m d'une voie de circulation,
- Le site doit être suffisamment aéré pour éviter les phénomènes d'accumulation.

Trois badges ozone sont installés sur ce site. Le site sera inchangé durant les 4 périodes de mesures.

Les porteurs de badges ozone

Pendant chaque période de mesure, trois personnes porteront un badge ozone sur eux. Il sera attaché sur un vêtement de façon à être exposé le plus possible à l'air libre.

La description du lieu de mesure

Vous trouverez dans le carnet de suivi de l'élève un emplacement réservé à la description des sites de mesure.

Décrivez en quelques mots le lieu que vous avez choisi pour réaliser les mesures en extérieur. Pour les porteurs de badges, indiquez les lieux fréquentés et les activités durant les périodes de mesure.



Cartes test



Badges ozone



Cahier de l'élève



Fiche de synthèse

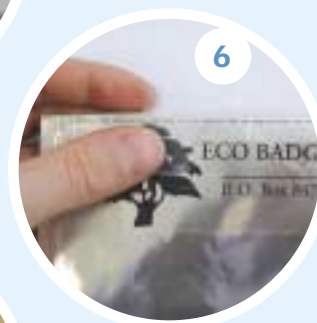
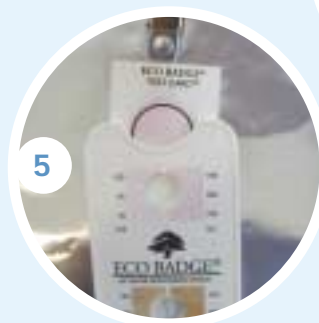
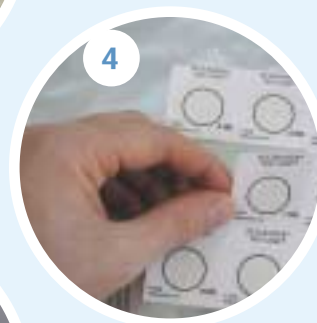
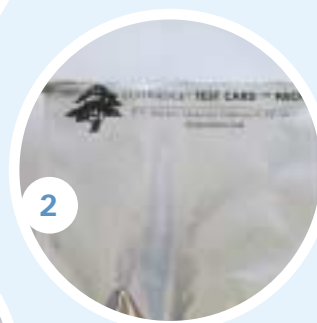
Réalisation des mesures

L'installation du matériel

Vous placez trois badges ozone à l'extérieur et sur trois personnes.

Les étapes :

- Sortir la pochette argentée contenant les cartes-tests de l'enveloppe en plastique.
- Découper la pochette suivant les pointillés. La pochette contient 30 cartes-tests 1 heure et 30 cartes-tests 8 heures (vous n'utilisez pas les cartes tests 8 heures).
- Extraire les 6 cartes dont vous avez besoin. Attention à ne pas mettre les doigts au centre de la pastille contenant le réactif.
- Insérer les cartes-tests dans les badges.
- Bien refermer la pochette contenant les cartes-tests avec du papier collant et la conserver au réfrigérateur jusqu'à la prochaine utilisation.
- Installer alors les badges à leurs endroits respectifs. Noter l'heure de début des mesures sur le carnet de résultats.
- Après une heure d'exposition vous pouvez lire les valeurs mesurées en ozone.
- Noter l'heure de fin des mesures sur le carnet de résultats.
- Comparer les couleurs des badges ozone avec l'échelle colorimétrique de référence fournie. Noter la concentration en ozone et l'indice de la qualité de l'air correspondant ainsi que la concentration moyenne en ozone des sites extérieurs et intérieurs dans les tableaux de la dernière page de votre carnet.



Commentez et analysez vos résultats

Quand les deux jours de mesure ont été réalisés, complétez alors la partie commentaire et analyse du carnet de suivi de l'élève en essayant de commenter les résultats obtenus. Voici à titre d'exemple une méthode en procédant par comparaison :

- Comparez les valeurs du matin aux valeurs de l'après-midi.
- Comparez les valeurs du « jour 1 » aux valeurs du « jour 2 ».
- Comparez les valeurs des badges extérieurs aux valeurs des badges portés par les élèves.

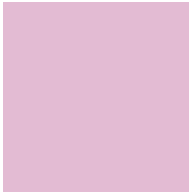
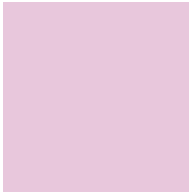
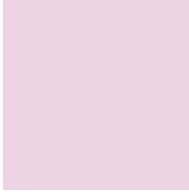
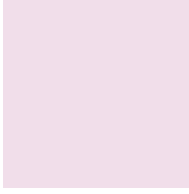
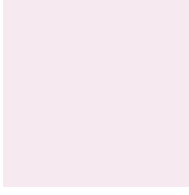
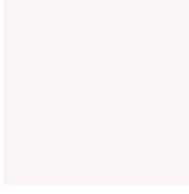
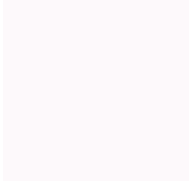
Envoyez vos résultats à AIRFOBEP

Remplissez la fiche résultats qui vous a été fournie et envoyez-la par fax à AIRFOBEP (04 42 13 01 29) ou, plus simplement, saisissez directement vos résultats sur notre site Internet www.airfobep.org, rubrique opération scolaire.

Planning des mesures de l'ozone

	Date	Heure	Objet
Premier jour de mesure	Jour 1 <i>Inscrire le jour sur le carnet</i>	Matin	Réaliser les mesures entre 9h00 et 10h00 Consigner les résultats sur le carnet de suivi de l'élève
		Après-midi	Réaliser les mesures entre 15h00 et 16h00 Consigner les résultats sur le carnet de suivi de l'élève
Deuxième jour de mesure	Jour 2 <i>Inscrire le jour sur le carnet</i>	Matin	Réaliser les mesures entre 9h00 et 10h00 Consigner les résultats sur le carnet de suivi de l'élève
		Après-midi	Réaliser les mesures entre 15h00 et 16h00 Consigner les résultats sur le carnet de suivi de l'élève

Echelle colorimétrique de référence

	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Indice Qualité de l'air correspondant
	480	
	400	
	320	Très mauvais
	240	Mauvais
	160	Médiocre
	80	Bon
	40	Très bon

Quizz ozone

- 1 En France, la qualité de l'air est surveillée grâce à de nombreuses stations de mesures gérées par des associations comme AIRFOBEP, mais ces stations mesurent la qualité de l'air :
 - a) Uniquement la journée, pendant les heures d'ouverture de l'association.
 - b) Deux fois par jour à minuit et à midi, tous les jours de l'année.
 - c) Tous les 1/4 d'heure, 24h/24 et 7j/7.
- 2 L'air que nous respirons est composé :
 - a) Principalement d'oxygène (O₂).
 - b) De gaz carbonique (CO₂), d'oxygène (O₂), ainsi que d'autres composés en très faibles quantités.
 - c) D'azote (N₂), d'oxygène (O₂), ainsi que d'autres composés en très faibles quantités.
- 3 Quelles sont les principales sources de pollution de l'air ?
 - a) Les sources naturelles comme les éruptions volcaniques.
 - b) Les feux de forêts.
 - c) Les activités humaines comme le trafic automobile et l'industrie.
- 4 Quels sont les polluants de l'air mesurés par AIRFOBEP ?
 - a) Le gaz carbonique (CO₂).
 - b) Le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre, l'ozone et les particules.
 - c) Les microbes.
- 5 En quelle unité sont exprimés les résultats des mesures d'AIRFOBEP ?
 - a) En masse de polluant, en kg.
 - b) En nombre de molécules de polluants.
 - c) En concentration de polluant c'est à dire sa masse par volume d'air.
- 6 Quelle partie de l'atmosphère contient la couche d'ozone ?
 - a) La troposphère qui est située entre 0 et 15 km d'altitude.
 - b) La stratosphère qui est située entre 15 et 50 km d'altitude.
 - c) La mésosphère qui est située entre 50 et 80 km d'altitude.
- 7 La couche d'ozone filtre :
 - a) Les poussières de l'espace.
 - b) Les météorites.
 - c) Les rayons ultraviolets du soleil.
- 8 L'ozone contenu dans l'air que nous respirons :
 - a) Vient de la couche d'ozone.
 - b) Sort directement des cheminées des usines.
 - c) Est le résultat d'une réaction chimique entre le dioxyde d'azote et certains hydrocarbures.
- 9 Quelles sont les conditions météorologiques favorables à la pollution à l'ozone ?
 - a) De la pluie.
 - b) Du Mistral.
 - c) Une journée d'été ensoleillée et sans vent.
- 10 Un indice de la qualité de l'air de 10 signifie que la qualité de l'air est :
 - a) Très bonne.
 - b) Médiocre.
 - c) Très mauvaise.
- 11 Quels sont les effets de l'ozone sur la santé ?
 - a) L'ozone n'a aucun effet sur la santé.
 - b) L'ozone peut provoquer des irritations de la peau.
 - c) On peut tousser et ressentir une gêne respiratoire.
- 12 Que se passe t-il en cas d'épisode de pollution à l'ozone ?
 - a) Il faut arrêter de respirer.
 - b) Des messages d'information sont diffusés par la mairie, les radios et les journaux.
 - c) L'établissement scolaire est fermé et on peut rentrer chez soi.
- 13 Pour diminuer la pollution par l'ozone, il faut :
 - a) Diminuer la pollution des automobiles et des usines.
 - b) Installer des filtres à air géants.
 - c) Ne rien faire car elle diminuera bien toute seule un jour ou l'autre.

Réponses
 1 : c / 2 : c / 3 : c / 4 : b / 5 : c /
 6 : b / 7 : c / 8 : c / 9 : c / 10 : c /
 11 : c / 12 : b / 13 : a



Notes

Notes

Notes

Blank area for notes.

Bibliographie

> Qualité de l'air

Athmosphère-atmosph'air (98) <i>Classeur pour secondaire</i> <i>Cd-Rom</i> (98) <i>Brochure 80 pages grand public</i> (98) <i>Dossier pédagogique CE2-CM2</i> (98)		APPA
Les secrets de l'Air (98)	Encyclopédie des petits débrouillards	Albin-Jeunesse
Air du Temps, <i>cassette vidéo et livret pédagogique</i>		Mémorimages Assem
Matériel pédagogique : <i>affiches, semainier qualité de l'air,</i> <i>dossier pédagogique</i>		<u>AIRFOBEP</u>
Arquès P. :	La Pollution de l'Air, Causes, Conséquences, Solutions,	Edisud
Article "Pollution" in	Encyclopaedia Universalis	
Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique, 1998 :	La Pollution de l'Air, Sources Effets, Prévention,	APPA, Besançon.
Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, 1993 :	Allergie Respiratoire, Asthme, Environnement,	Ministère des Affaires Sociales, de la Santé et de la Ville.
Décamps E. et Toubon P., 1998 :	La Qualité de l'Air, PUF	Collection Que sais-je,
Déjean-Arrecgros J., 1980 :	J'observe au microscope,	Collection Agir et Connaître, André Lesson
DRIRE, 2000 :	Plan régional pour la Qualité de l'Air, PACA,	Ministère de l'écologie et du développement durable, Préfecture de région.
Martin J ; et Maystre LY, 1988 :	Santé et Pollution de l'Air,	Collection Gérer l'Environnement, Presses Polytechniques Romandes



AIRFOBEP

Route de la Vierge
13500 Martigues

Tél. : 04 42 13 01 20
Fax : 04 42 13 01 29

E-mail : airfobep@airfobep.org
Site : www.airfobep.org