

AIR – Fiche activité 2

Les enjeux liés à l'air

L'air n'est pas simplement un mélange de gaz présent en abondance sur Terre depuis des milliards d'années, c'est aussi un gaz voué à se transformer si les actions anthropiques ne sont pas réfléchies et modifiées.

Qui n'a pas entendu parler de changement climatique ? D'effet de serre ? De trou dans la couche d'ozone ? De pollution de l'air ?

Il est important de clarifier ces notions et de les rendre accessible au public pour lui permettre de mieux mesurer les enjeux et les impacts de l'activité humaine sur l'atmosphère.

Public : <table border="1"><tr><td></td><td>Cycle 3 (8-11 ans)</td></tr><tr><td>Collège</td><td>Lycée</td></tr></table>		Cycle 3 (8-11 ans)	Collège	Lycée	Résumé : Les activités présentées dans cette fiche activité ont pour objectif de faire comprendre les phénomènes d'effet de serre et de pollution de l'air par le biais de travail documentaire et d'expérimentations.
	Cycle 3 (8-11 ans)				
Collège	Lycée				
Durée : 1h30	Objectifs : - Prendre conscience des différentes sources de pollution de l'air ; Connaître les différentes sources de pollution de l'air. - Comprendre le phénomène d'effet de serre.				

▪ Déroulement de l'activité

Étape 1 : Les sources naturelles de « pollution » de l'air

a) Remue-méninges : les différentes sources de pollution de l'air

(durée : 30 min)

Recenser, par un remue-méninges, toutes les pollutions de l'air connues par les élèves/enfants. Ensuite, ensemble, essayer de classer ces pollutions en fonction de leur origine naturelle (volcans, érosion, décomposition de matière organique) ou liée à l'activité humaine (industrie, chauffage, transport...). Certains polluants sont présents à l'état naturel dans l'atmosphère.

b) Expérience : les polluants d'origine naturelle

Demander aux élèves/enfants de réfléchir aux phénomènes naturels qui pourraient émettre des polluants dans l'air ; et à la façon dont on pourrait vérifier leurs hypothèses.

Noter leurs idées et leur proposer ensuite de mener les deux expériences suivantes.

Matériel :

► Pour l'expérience 1 :

- un récipient avec couvercle et 1 tuyau
- du bois ou du charbon
- solution d'eau de chaux

► Pour l'expérience 2 :

- 1 seau
- de l'herbe ou des feuilles
- 1 tube de verre

- 1) Dans un récipient, faire brûler du bois ou du charbon, récupérer les gaz qui s'échappent à l'aide d'un tuyau et les faire barboter dans de l'eau de chaux.
La présence de CO₂ est révélée si la solution devient trouble.
- 2) Dans un seau perforé, mettre de l'herbe ou des feuilles. Recouvrir l'ensemble d'un couvercle et laisser se décomposer (opération à réaliser à l'extérieur pour ne pas être incommodé par l'odeur !).
Après une dizaine de jours, planter un tube de verre surmonté d'un ballon de baudruche dans le compost.
Attendre d'un à quelques jours que le ballon gonfle légèrement.
Mettre en évidence la présence de CO₂ avec la solution d'eau de chaux, et du méthane (CH₄) en approchant une flamme à l'extrémité du tube.

Précisez que le méthane pourrait être récupéré pour fabriquer de l'énergie et que l'ensemble des gros élevages français produit de grandes quantités de méthane (ainsi que les rizières).

Étape 2 : Les sources anthropiques de pollution de l'air

a) Construire un collecteur à particules

(durée : 2 x 1h00, à une semaine d'intervalle)

Matériel :

- de la ficelle
- du ruban adhésif
- du papier fort
- une paire de ciseaux
- des loupes
- un microscope (éventuellement)

Réalisation du collecteur : Sur du papier fort, faire 5 trous au cutter ou à la perforatrice. Ils ne doivent pas se toucher afin de pouvoir inscrire le n° d'échantillons. Fixer une ficelle à l'extrémité du papier fort pour pouvoir le suspendre éventuellement. Ensuite coller précautionneusement de l'adhésif (sans toucher la partie collante de l'adhésif) sur toute la longueur, de façon à « recouvrir » les trous.

Définir des emplacements adéquats, autour de l'établissement, pour positionner les collecteurs (indiquer à l'encre indélébile la date et l'endroit).

Après une semaine, observer les collecteurs à la loupe et au microscope.

Faire un relevé des particules : nombre, taille, type ; en fonction des lieux de prélèvement.

Conclusion de l'activité

On retrouve sur le collecteur à particules des polluants solides (poussières, particules diverses, mais aussi du pollen...). Les activités humaines rejettent des polluants atmosphériques sous forme gazeuse mais également sous forme solide (qui résulte de la mise en suspension de poussières ou de particules), et ce sont ces particules que l'on collecte avec le collecteur à particules.

Pour aller plus loin, essayer de réfléchir avec les enfants aux activités humaines qui peuvent émettre des particules solides.

b) La couche d'ozone

Étude documentaire

Matériel :

- documents
- articles de presse
- bombes aérosols vides

À partir de divers documents, relever les différences entre l'ozone troposphérique et l'ozone stratosphérique. Qu'entend-on par « trou dans la couche d'ozone » ?

À partir d'exemples (coups de soleil, plantes d'appartement mise en plein soleil), observer puis interpréter les effets des UV.

Demander aux élèves/enfants de rechercher ce qu'est un CFC, de déterminer de quand date l'interdiction des CFC et de citer les différentes mesures prises pour limiter l'émission de CFC.

c) L'effet de serre

Commencer l'activité par un remue-méninge sur la notion d'effet de serre.

Les élèves/enfants ont-ils une idée de ce qu'est l'effet de serre ? Ont-ils une idée de la façon dont fonctionnent les gaz à effet de serre ? Ont-ils une idée d'une expérience simple à mettre en œuvre pour simuler l'effet de serre ? Noter leurs idées, et s'ils n'ont pas imaginé l'expérience suivante, les mettre sur la voie.

Réaliser l'expérience suivante :

Matériel :

- 2 thermomètres
- une boîte en plastique avec couvercle
- un papier foncé pour disposer au fond de la boîte

Se procurer une boîte plastique opaque (de préférence) ou transparente. Le fond doit être foncé. Placer un thermomètre à l'intérieur et fermer hermétiquement la boîte. Disposer celle-ci dehors, en plein soleil. Relever régulièrement la température observée à l'intérieur de la boîte, sur le thermomètre disposé à l'intérieur de la boîte et à l'extérieur sur un second thermomètre.

En comparant les deux thermomètres, on s'aperçoit que la température à l'intérieur de la boîte est plus élevée. Dans la réalité, l'opacité de la boîte correspond aux gaz à effet de serre (dits GES), qui forment comme un couvercle empêchant le rayonnement du sol de s'échapper, et contribuant à l'augmentation de la température de la terre.

Pour conclure l'activité

À partir de plusieurs documents (articles de presse, revues spécialisées...), demander aux enfants/élèves :

- de donner une définition de l'effet de serre (pourquoi pas sous la forme de dessins) ;
- de lister quelques gaz et activités humaines responsables de l'augmentation de l'effet de serre.

d) Synthèse

(durée : 2 x 1h00)

Étude documentaire

À partir de recherches bibliographiques et sur internet, demander aux élèves/enfants d'établir une liste des diverses pollutions de l'air dues aux activités humaines.

Une fois ces diverses pollutions inventoriées, l'objectif de l'activité est de les faire réfléchir à la façon dont on peut classer ces différents polluants (c'est-à-dire, de les aider à définir différents critères de classement) :

- En fonction du type de polluant : S'agit-il d'un gaz ? De particules solides (comme par exemple des cendres, des poussières...) ?
- S'agit-il d'un polluant « naturel » mais rejeté en grande quantité par l'activité humaine ? Ou s'agit-il de polluants créés par l'Homme ?
- En fonction de l'activité humaine qui émet la pollution : pollution liée à la combustion d'énergie fossile (pour le chauffage, pour faire rouler son véhicule...), pollution liée à l'élevage (digestion des bovins épandages des engrais...), etc.
- En fonction de l'échelle à laquelle s'exerce la pollution (au niveau local, au niveau régional, au niveau global...).

Quand le choix des critères est arrêté, demander aux élèves/enfants d'établir un tableau permettant de synthétiser les informations collectées.

Exemple de tableau :

Polluant	Origine (naturelle ou anthropique)	Activité humaine à l'origine du polluant	Echelle d'action du polluant (échelle locale ; échelle régionale ; échelle globale)
<i>Exemple : CO₂</i>	<i>Origine naturelle : dégradation des matières organiques (cf. expérience a) de l'activité 1) ET origine humaine</i>	<i>Combustion d'énergies fossiles pour le chauffage, pour les voitures...</i>	<i>Échelle globale : le CO₂ est le principal gaz à effet de serre responsable du changement climatique</i>
<i>Oxydes d'azote (NO, NO₂, NOx)</i>	<i>Origine humaine</i>	<i>Véhicules, installations de combustion</i>	<i>Echelle locale (agit sur la santé humaine)</i>
...			

Conclusion de l'activité

La pollution atmosphérique ne date pas de l'arrivée de l'Homme sur Terre, et il existe des formes de pollution qui pourraient être qualifiées de naturelles (comme par exemple, les éruptions volcaniques, ou encore les rejets dans l'air de certains gaz par les milieux marécageux...). Mais les activités humaines ont considérablement diversifié et amplifié la pollution de l'air.

Les activités humaines rejettent des polluants atmosphériques principalement sous deux formes :

- gazeuse : présence de gaz nouveaux ou augmentation de la proportion d'un gaz existant naturellement,
- solide : mise en suspension de particules ou poussières.

Parmi ces polluants émis par l'Homme, on peut aussi distinguer des molécules d'origine naturelle, mais qui sont rejetées en plus grandes quantités par les activités humaines : c'est le cas du CO₂, CH₄, SO₂... et des polluants résultants de molécules créées par l'Homme, comme les CFC.

On distingue aussi les polluants dits **primaires** qui sont directement émis dans l'atmosphère par une source de pollution naturelle ou humaine, et les polluants dits **secondaires** qui ne sont pas émis directement mais proviennent de la transformation chimique des polluants primaires, soit par l'action de l'humidité, soit par l'action des radiations du soleil ou par leur absorption.

Enfin, il est aussi possible de classer les polluants en fonction de l'échelle à laquelle ils agissent :

- Les polluants locaux, qui ont un impact direct sur la santé ;
- Les polluants à l'échelle régionale, qui sont par exemple à l'origine des pluies acides ;
- Les polluants à une échelle globale (mondiale) : détérioration de la couche d'ozone, augmentation de l'effet de serre.

▪ Pour aller plus loin :

Étudier les principales sources de pollution de l'air liée à l'activité humaine, leurs conséquences sur la santé humaine (faire la fiche activité 3).

▪ Ressources :

➤ Sources naturelles des polluants atmosphériques

- **Les éruptions volcaniques** qui peuvent injecter de très grandes quantités de gaz, dont l'oxyde de soufre, et de particules (poussières polluantes) dans l'atmosphère, et diminuent le rayonnement solaire en entraînant une baisse de la température.
- **La foudre** qui oxyde l'azote atmosphérique, produisant de grandes quantités d'oxydes d'azote (NO_x) qui sont des irritants respiratoires.
- **La pression atmosphérique** : les situations dépressionnaires (basses pressions) correspondent généralement à une turbulence de l'air assez forte et donc de bonnes conditions de dispersion. En revanche, des situations anticycloniques (hautes pressions) où la stabilité de l'air ne permet pas la dispersion des polluants entraînent des épisodes de pollution.
- **Les vents** qui transportent et introduisent de nombreuses particules dans l'atmosphère. L'érosion éolienne participe également à cette propagation de particules.
- **La température** qui agit sur la chimie des polluants : le froid diminue la volatilité de certains gaz tandis que la chaleur estivale est nécessaire à la formation photochimique de l'ozone.
- **Le pollen** dont les grains, produits sexuels mâles des fleurs des végétaux, sont portés par les étamines. Grâce à l'action des insectes et du vent, ils peuvent féconder d'autres fleurs de leur espèce. Mais ils peuvent aussi pénétrer dans nos voies respiratoires et provoquer des réactions allergiques parfois violentes.
- **Les algues** à la surface des océans, qui émettent du sulfure d'hydrogène très connu pour son odeur et sa toxicité.
- **Les zones humides** telles que les marais, les tourbières ou les lacs peu profonds qui produisent du méthane participant directement au phénomène d'accroissement de "l'effet de serre".
- **Les plantes** émettant des hydrocarbures comme par exemple le pinène, responsable de l'odeur des forêts de pins...
- Enfin **l'ozone** qui, au niveau troposphérique, devient un polluant toxique lorsque sa concentration augmente. Les conditions climatiques jouent un rôle déterminant et épisodique dans l'apparition de pointes ("pic") de pollution en périodes anticycloniques estivales.

Les facteurs naturels ne suffisent pas à expliquer la dégradation de la qualité de l'air que l'on observe. Les activités humaines y contribuent pour une large part.

➤ Les principales sources de pollution anthropique

La pollution atmosphérique résulte principalement de la **combustion des énergies fossiles**, dans l'ensemble des secteurs d'activités :

- **Secteur industriel** (transports, chauffage, rejets, incinération des déchets, activités nucléaires, amiante...)
- **Secteur domestique** (voiture, chauffage, ventilation, tabagisme...)
- **Secteur agricole** (engrais azotés, pesticides, déforestation, déjections des animaux...)
- **Secteur politique** (activités militaires, armes atomiques et biologiques...)

➤ Origines anthropiques accidentelles des polluants atmosphériques

- **Les incendies de forêts**, bien souvent volontaires, qui restituent à l'atmosphère des quantités considérables de poussières et de dioxyde de carbone, participent ainsi à "l'effet de serre".

- **Les grandes catastrophes industrielles mondiales :**
 - **SEVESO (Italie) en 1976** : L'explosion d'un **réacteur chimique** disperse dans l'atmosphère du trichlorophénol ainsi qu'environ 2 kg de dioxine toxique. Cette dioxine a contaminé plusieurs hectares aux alentours de l'usine et provoqué la mort de plusieurs centaines d'animaux domestiques.

 - **BHOPAL (Inde) en 1984** : Suite à une accumulation de négligences dans une **usine chimique de fabrication de pesticides**, 25 tonnes d'isocyanate de méthyle, produit qui doit être entreposé à l'état liquide à la température de 0°C, sont soumises à une montée de la température. Devenu gazeux, ce polluant s'échappe rapidement dans l'atmosphère et la température extérieure combinée à un vent très faible favorise les retombées sur les quartiers environnants de Bhopal. Résultat : 2 500 personnes meurent dans leur sommeil et 170 000 sont intoxiquées, souffrant, entre autres, de graves troubles oculaires et respiratoires.

 - **TCHERNOBYL (Ukraine) 1986** : l'explosion d'un réacteur de la **centrale nucléaire** provoquée par une série d'erreurs de manipulation, libère dans l'atmosphère une quantité importante de radioactivité. Les particules radioactives transportées par les vents et rabattues au sol par les pluies empoisonnent les écosystèmes terrestres et aquatiques et vont inquiéter l'Europe et le Monde car, bien sûr, ce nuage polluant ne connaît pas de frontières. À proximité de la centrale, 237 personnes sont hospitalisées, certaines décèdent et environ 130 000 personnes sont évacuées. 700 cas de cancers de la thyroïde sont détectés et restent le principal impact sanitaire constaté depuis cet accident. Néanmoins, les troubles majeurs de santé publique sont l'anxiété, le stress et les dépressions, avec une augmentation des suicides.

L'EFFET DE SERRE

Un phénomène naturel...

L'effet de serre est un phénomène naturel lié à l'existence d'une atmosphère autour de notre planète. Cette atmosphère piège sous forme de chaleur une part des rayonnements réfléchis par la Terre.



La planète est exposée aux rayonnements solaires (1). L'atmosphère réfléchit (2), absorbe (3) ou laisse passer (4+5) ces rayonnements. La surface terrestre réfléchit à son tour une part du rayonnement qui a traversé l'atmosphère (4) ; elle absorbe le reste (5). L'énergie ainsi absorbée par la Terre est réémise sous forme de chaleur (6+7). Une part de ces rayonnements thermiques est renvoyée vers l'espace (8), une autre est bloquée par des gaz dits « à effet de serre » présents dans l'atmosphère (9). Ces rayonnements thermiques vont réchauffer l'atmosphère terrestre : c'est cela que l'on appelle « l'effet de serre ».

...indispensable à la vie

L'effet de serre est plus ou moins important selon la composition de l'atmosphère. Sur Mars, dont l'atmosphère est pratiquement dépourvue de gaz à effet de serre, la température est de $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$. À l'inverse, sur Vénus, où l'atmosphère est presque entièrement composée de gaz à effet de serre, la température est de $+458\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sur Terre, grâce à l'effet de serre naturel, la température moyenne est d'environ $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$, alors qu'elle serait de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ sans cet effet de serre. Il n'y aurait pas d'eau sous forme liquide et la vie sous la forme que nous connaissons serait impossible.

La présence de gaz à effet de serre dans l'atmosphère terrestre à l'état naturel résulte de phénomènes biologiques et géologiques complexes. L'atmosphère primitive de la planète était principalement constituée de dioxyde de carbone et d'azote. Ce n'est que progressivement, sous l'effet de phénomènes géologiques et biologiques complexes, qu'elle est devenue le mélange d'azote (78 %), d'oxygène (21 %) et de gaz rares qui a permis à la vie de sortir des océans et de se développer sur les continents : l'évolution de la composition de l'atmosphère a à la fois accompagné et permis l'apparition de la vie.

Les propriétés de l'atmosphère, et en particulier sa capacité à piéger les rayonnements, résultent d'un équilibre dynamique et dépendent d'un ensemble de gaz qui représentent au total moins de 1 % de l'atmosphère. Des variations de la composition de l'atmosphère qui peuvent paraître infimes ont ainsi des conséquences très importantes, et les mécanismes de régulation en jeu sont sensibles à des fluctuations qui peuvent de prime abord sembler mineures.

Naturellement, les principaux gaz à effet de serre sont, par ordre décroissant d'importance : la vapeur d'eau (H_2O), le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), le protoxyde d'azote (N_2O), l'ozone (O_3).

Tous ces gaz à effet de serre n'ont pas le même potentiel de réchauffement : ils renvoient vers le sol une part plus ou moins importante du rayonnement thermique. Ils n'ont pas non plus la même durée de vie dans l'atmosphère. Ces deux paramètres permettent de définir le pouvoir de réchauffement global de chacun des gaz. Celui-ci se mesure par comparaison avec celui du CO_2 .