

## L'air – matérialité et pollutions

Cycle 3, CM2

## Le contexte de mise en place



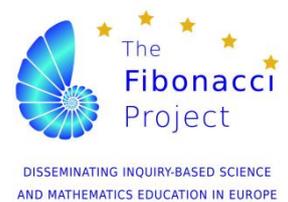
Depuis 2006, l'Ecole des mines de Saint-Etienne collabore avec la main à la pâte, la direction des services départementaux de l'éducation nationale de la Loire, et les autorités locales pour mettre en œuvre un dispositif d'accompagnement et de formation des enseignants de la Loire dans le domaine des sciences.



Cette action phare a été développée dans un premier temps dans le cadre du projet Pollen reconnu comme programme de référence dans le rapport Rocard sur l'enseignement des sciences. Elle est poursuivie depuis janvier 2010 dans le cadre du projet Fibonacci qui rassemble 37 villes issues de 24 pays membres de l'Union Européenne et qui reçoit le soutien de nombreuses académies des sciences et organismes européens.



Dans ce projet, Saint-Etienne fait partie des 12 centres de référence européens et doit pendant trois ans concevoir, mettre en œuvre et tester une stratégie de dissémination d'un enseignement des sciences basé sur l'investigation aux niveaux local, national et européen.



Le projet est soutenu par l'Europe, Saint-Etienne métropole et la ville de Saint-Etienne.

# Les grandes étapes de la démarche d'investigation

## ➤ Situation d'entrée

(Situation accroche qui permet d'entrer dans le sujet)

## ➤ Recueil des représentations initiales

(Ce que les élèves savent déjà ou pensent déjà savoir sur le sujet)

## ➤ Problème

(question/interrogation à propos d'un sujet)

## ➤ Question productive/sous problème

(Question précise que l'on va pouvoir résoudre grâce à une investigation)

## ➤ Hypothèses

## ➤ Investigation

(En fonction de la question ou des hypothèses, différentes investigations vont permettre de résoudre notre problème.)

- Recherche documentaire
- Expérimentation
- Modélisation
- Enquête
- Observation
- ...

## ➤ Interprétation des résultats

(L'hypothèse de départ est-elle validée/ invalidée ? Est-ce que je peux généraliser à partir des résultats que j'ai obtenus ?)

## ➤ Conclusion

(Généralement réponse à la question productive)

## ➤ Institutionnalisation

- (Comparer les résultats obtenus avec le savoir établi. En tant qu'élève, qu'est-ce que j'ai appris ? Quels sont les points qui me posent encore problème ? Quelles sont les questions qui me restent ?)

*Ce schéma n'est bien sûr pas linéaire, certains retours en arrière peuvent être nécessaires.*

# Le module dans les grandes lignes

## Auteur :

Jacques Faverjon (IA de la Loire)

## Résumé :

Le problème de la matérialité de l'air n'est pas résolu à l'issue du cycle 2.

Dans leur ensemble, les élèves de CM pensent qu'un ballon "gonflé à bloc" est plus léger qu'un ballon mal gonflé. Cela peut se comprendre en référence à l'expérience sensible : rebonds meilleurs, impacts moins douloureux au volley-ball... À cet âge encore, la perception prime sur le raisonnement. La vérification expérimentale est nécessaire.

Les élèves découvriront d'autres propriétés de l'air : c'est un gaz, il est compressible, extensible, élastique. L'air peut interagir avec d'autres matières, il exerce des forces.

Enfin, ils aborderont la problématique des pollutions de l'air.

## Sommaire des séances

<b>Séance 1 : Que savons-nous sur l'air ?</b>	Recueillir les représentations des élèves sur l'air en construisant avec eux une carte conceptuelle.
<b>Séances 2, 3 et 4 : Vérifions nos hypothèses</b>	Ateliers permettant de mettre en évidence certaines propriétés de l'air. <ul style="list-style-type: none"><li>- L'air a un poids</li><li>- L'air se dilate par chauffage</li><li>- L'air est compressible</li><li>- L'air exerce des forces</li><li>- L'air n'a pas de forme, on peut le transvaser</li></ul>
<b>Séance 5: Structurons nos nouvelles connaissances</b>	Mise en commun des travaux réalisés en ateliers, mise à jour de la carte conceptuelle, rédaction du glossaire.
<b>Séance 6 : Enquêtons sur les pollutions de l'air</b>	Recherche documentaire sur la composition de l'air, les polluants et la lutte contre les pollutions.

## Remarques :

Extrait du document d'accompagnement des programmes « fiches connaissances »

« Le mot air est utilisé de différentes façons :

– « aller prendre l'air » sous-entend que l'air est plutôt présent à l'extérieur ;

– « être dans un courant d'air » peut renforcer l'idée que l'air n'a d'existence que si l'on en perçoit sa présence (ici sous forme d'un effet mécanique) ;

– il est souvent dit que l'on « manque d'air » quand on a chaud dans une pièce fermée ;

– une bouteille, un verre ou tout autre récipient sont qualifiés de vides s'ils ne contiennent pas (ou plus) de substances liquides ou solides... alors qu'ils sont remplis d'air. Dans le langage courant, le mot « vide » désigne donc l'absence de toute matière à l'état solide ou liquide. Dans le langage scientifique, le mot vide désigne l'absence de toute matière (solide, liquide ou gazeuse). Le langage courant renforce ainsi la conception de la non-matérialité de l'air.

# Références au programme :

## Sciences expérimentales et technologie

La matière :

- l'air, son caractère pesant.

## Compétences attendues à la fin du cycle 3

- Utiliser les connaissances et le lexique spécifique des sciences dans les différentes situations didactiques mises en jeu,
- formuler des questions pertinentes,
- participer activement à un débat argumenté pour élaborer des connaissances scientifiques en en respectant les contraintes (raisonnement rigoureux, examen critique des faits constatés, précision des formulations, etc.),
- utiliser à bon escient les connecteurs logiques dans le cadre d'un raisonnement rigoureux,
- désigner et nommer les principaux éléments composant l'équipement informatique utilisé et savoir à quoi ils servent.
- Lire et comprendre un ouvrage documentaire, de niveau adapté, portant sur l'un des thèmes au programme,
- trouver sur la Toile des informations scientifiques simples, les apprécier de manière critique et les comprendre,
- traiter une information complexe comprenant du texte, des images, des schémas, des tableaux, etc.
- Prendre des notes lors d'une observation, d'une expérience, d'une enquête, d'une visite,
- rédiger, avec l'aide du maître, un compte rendu d'expérience ou d'observation (texte à statut scientifique),
- rédiger un texte pour communiquer des connaissances (texte à statut documentaire),
- produire, créer, modifier et exploiter un document à l'aide d'un logiciel de traitement de texte,

**Durée:** 6 séances d'1h environ

# Glossaire :

## Dilatation

La **dilatation thermique** est l'expansion à pression constante du volume d'un corps occasionné par son réchauffement. Dans le cas d'un gaz, il y a dilatation à pression constante ou maintien du volume et augmentation de la pression lorsque la température augmente.

(wikipédia)

## Matière

La **matière** est la substance qui compose tout corps ayant une réalité tangible. Les quatre états les plus communs sont l'état solide, l'état liquide, l'état gazeux, l'état plasma. La matière occupe de l'espace et possède une masse. Ainsi, en physique, tout ce qui a une masse est de la matière.

Ne pas confondre avec matériau, qui est le type, la sorte ou la classe de matière utilisé pour réaliser une pièce. (wikipédia)

## Poids

Le **poids** est la force de pesanteur, d'origine gravitationnelle et inertielle, exercée par la Terre sur un corps massique en raison uniquement du voisinage de la Terre. Elle est égale à l'opposé de la résultante des autres forces appliquées au centre de gravité du corps lorsque celui-ci est immobile dans le référentiel terrestre. Cette force est la résultante des efforts dus à la gravité et à la force d'inertie d'entraînement due à la rotation de la Terre sur elle-même. Elle s'applique au centre de gravité du corps et sa direction définit la verticale qui passe approximativement par le centre de la Terre. Le poids est une action à distance toujours proportionnelle à la masse. (wikipédia).

## Transvaser

Verser, faire couler d'un récipient dans un autre. (Le Robert)

## Pollution de l'air

La **pollution de l'air** (ou « **pollution atmosphérique** ») est un type de pollution caractérisé par une altération des niveaux de qualité et de pureté de l'air.

Cette dégradation est généralement causée par un ou plusieurs éléments (particules, substances, matières...) dont les degrés de concentration et les durées de présence sont suffisants pour produire un effet toxique et/ou écotoxique. Selon l'OMS, elle est responsable (en 2010-2011) de plus de 2 millions de morts prématurées par an, surtout dans les pays à revenus moyens et dont 1,3 million directement dû à la pollution urbaine. Dans environ la moitié des cas, ce sont des pneumonies qui ont emporté des enfants de moins de 5 ans. L'OMS estime que ramener les taux de particules PM10 de 70 à 20 microgrammes par mètre cube, la surmortalité induite par la pollution de l'air chuterait de 15 %.

On compte aujourd'hui des dizaines de milliers de molécules différentes, polluants avérés ou suspectés qui, pour beaucoup, agissent en synergie entre eux et avec d'autres paramètres (ultraviolets solaire, hygrométrie, acides, etc.). Les effets de ces synergies sont encore mal connus. Cette pollution atmosphérique ou intérieure est un enjeu de santé publique, au niveau mondial comme individuel. (wikipédia)

# Les cartes conceptuelles :

## Remarques :

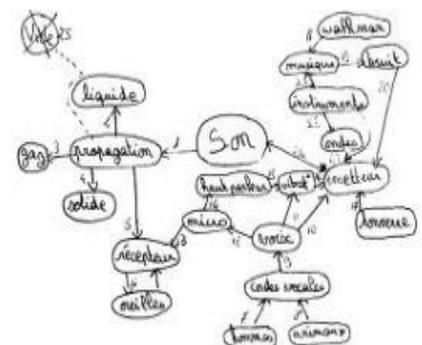
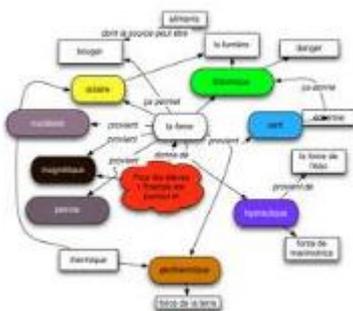
Elles permettent aux élèves d'appréhender des savoirs de façon systémique plutôt qu'encyclopédique. Dans le cas étudié ici, il s'agit plus de mettre en évidence les différents aspects et caractéristiques de l'air que de donner une définition exhaustive de cette matière.

Elles peuvent être construites « à la main » sur une affiche, mais il est préférable d'utiliser un logiciel. En effet, un logiciel permet de déplacer/modifier aisément les éléments de la carte conceptuelle tout au long des recherches de la classe alors qu'une affiche a un caractère statique qui ne permet que de compléter une première approche du concept, sans pouvoir le remanier de façon importante. Or, pour des élèves de CM2, les conceptions initiales de la notion d'air sont loin d'être établies et ne correspondent que rarement aux connaissances que ce module a pour ambition de mettre en lumière.

## Les outils

	avantages	limites	Où se le procurer
Tableau noir ou tableau blanc	-Présent immédiatement dans la classe -Facile à effacer/modifier Gratuit (sauf les craies !)	-Pas de possibilité de sauvegarde pour des séances ultérieures -Difficulté de faire une copie pour chaque élève -Espace de travail limité	Vous en avez forcément un exemplaire dans votre classe !
Affiche papier	-Présent immédiatement dans la classe -Réutilisable facilement plus tard -Peu onéreux	-Difficilement modifiable (ratures, surcharges...) -Difficulté de faire une copie pour chaque élève -Espace de travail limité	Chez votre fournisseur habituel pour les matériel scolaire (paper-board, papier A2...)
Logiciel Freeplane	-Réutilisable facilement plus tard -Espace de travail extensible à l'infini -Modifiable sans traces de la précédente version, pas de ratures, pas de surcharge. -Gratuit -Impression immédiate pour que chaque élève dispose de la version finale	-Nécessite l'installation du logiciel -Nécessite un vidéoprojecteur -Demande une appropriation technique minimum de la part de l'enseignant.	<a href="http://sourceforge.net/projects/freeplane/">http://sourceforge.net/projects/freeplane/</a>
Open Office draw	-Réutilisable facilement plus tard -Modifiable sans traces de la précédente version, pas de ratures, pas de surcharge. -Gratuit -Impression immédiate pour que chaque élève dispose de la version finale -Souvent déjà installé sur les ordinateurs de l'école	-Nécessite l'installation du logiciel -Nécessite un vidéoprojecteur -Demande une appropriation technique minimum de la part de l'enseignant. -Espace de travail limité	<a href="http://www.openoffice.org/fr/">http://www.openoffice.org/fr/</a>

## Exemples de cartes conceptuelles :



# Séance 1 – Que savons-nous sur l'air ?

## Objectifs :

Recueillir les représentations et les connaissances des élèves sur l'air. Mettre en place un outil de structuration de la pensée : la carte conceptuelle.

## Matériel :

- Affiche vierge et feutres  
Ou
- Logiciel freeplane ou Open Office draw, ou outil de création de cartes conceptuelles en ligne

## Durée : 1h

## Déroulement de la séance :

### 1-Situation de départ

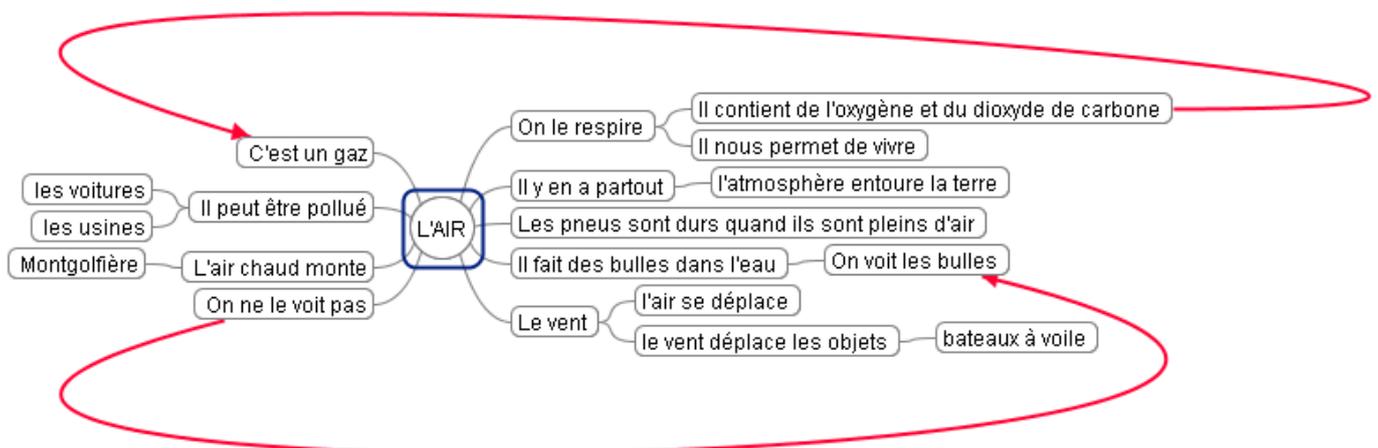
L'enseignant indique aux élèves que la classe va « travailler sur » l'air lors des prochaines séances de sciences. Il leur demande ce qu'ils savent à ce sujet et leur indique qu'ils vont construire une affiche (carte conceptuelle).

### 2-Discussion collective

Les élèves donnent leurs opinions ou leurs connaissances sur le thème de l'air. L'enseignant ou un élève secrétaire complète la carte conceptuelle au fur et à mesure. Les propositions sont systématiquement soumises à la validation de l'ensemble des élèves de la classe, ainsi certaines seront directement validées si elles obtiennent l'unanimité et la caution scientifique de l'enseignant, d'autres seront à vérifier, si elles sont soumises à interrogations (d'autres élèves ou de l'enseignant).

Pour relancer la discussion, l'enseignant peut proposer des images en lien avec le concept d'air, ou simplement proposer des mots clé : montgolfière, pollution, matelas pneumatique, bulles d'air, manche à air, vent, pneu, ...

Exemple de carte conceptuelle réalisée lors de cette séance :





### 3-Programmation des investigations

A l'issue de la séance, l'enseignant s'appuie sur les connaissances établies des élèves et les points de désaccord soulevés pour choisir les ateliers à mettre en œuvre parmi ceux proposés pour les séances suivantes.

# Séances 2, 3 ,4 – Vérifions nos hypothèses

## Objectifs :

Mettre en évidence certaines propriétés de l'air pour affirmer sa matérialité.

**Durée** : 3 fois 1h

## Organisation des séances :

Les élèves sont en groupes de 3 ou 4 répartis sur les différents ateliers choisis par l'enseignant. Une rotation s'effectue au bout de 30 minutes. A l'issue des séances, les élèves ont effectué l'ensemble des ateliers. On peut proposer le même atelier à plusieurs groupes simultanément

**Exemple de tableau de rotation :**

	Séance 1		Séance 2		Séance 3	
Atelier 1	Groupe 1	Groupes 8 et 9	Groupes 6 et 7	Groupes 4 et 5	Groupe 3	Groupe 2
Atelier 2	Groupe 2	Groupe 1	Groupes 8 et 9	Groupes 6 et 7	Groupes 4 et 5	Groupe 3
Atelier 3	Groupe 3	Groupe 2	Groupe 1	Groupes 8 et 9	Groupes 6 et 7	Groupes 4 et 5
Atelier 4	Groupes 4 et 5	Groupe 3	Groupe 2	Groupe 1	Groupes 8 et 9	Groupes 6 et 7
Atelier 5	Groupes 6 et 7	Groupes 4 et 5	Groupe 3	Groupe 2	Groupe 1	Groupes 8 et 9
Atelier 6	Groupes 8 et 9	Groupes 6 et 7	Groupes 4 et 5	Groupe 3	Groupe 2	Groupe 1

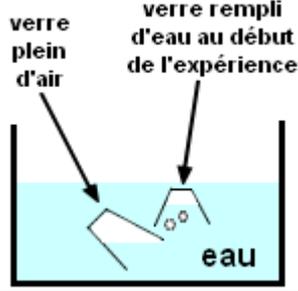
**Dans le cas d'une répartition en 9 groupes, il faut donc prévoir le matériel en double pour chaque atelier.**

- Les élèves disposent d'une fiche préformée (en annexe) pour chaque atelier, ils doivent, dans un premier temps, individuellement, prendre connaissance du phénomène ou lire la question puis écrire leur avis, leurs hypothèses.  
Pendant cette phase, l'enseignant distribue le matériel.
- Dans un second temps, les élèves manipulent en groupe pour confronter et tester leurs hypothèses. Dans certains ateliers, ils doivent choisir entre les différentes expériences proposées par les membres du groupe.
- A l'issue des manipulations, ils écrivent leurs conclusions.

## Remarques :

- Dans cette phase de recherche, l'enseignant ne doit pas induire les « bonnes réponses » mais laisser les groupes suivre le cheminement de leur pensée même s'il est évident qu'ils font fausse route.
- Tous les groupes ne proposeront pas les mêmes expériences ou ne donneront pas les mêmes conclusions. C'est en étudiant les fiches produites par les élèves que l'enseignant organisera la séance 5 « Structurons nos nouvelles connaissances » en proposant d'abord les expériences non abouties pour que la classe puisse les commenter.
- Les travaux des groupes dont les recherches n'ont pas abouti pourront être proposés et commentés par les autres élèves.
- Bien évidemment, tous les groupes ne parviendront pas à la conclusion dans le même laps de temps (30 minutes). L'enseignant saura proposer une activité de repli pour les groupes qui auraient travaillé plus vite. Les travaux des groupes les plus lents pourront être commentés et complétés lors de la séance 5.

## Descriptif synthétique des ateliers

Atelier (voir schéma page suivante)	Propriété de l'air mise en évidence	remarques	protocole	Matériel pour 1 groupe
1-Ballon et balance	L'air est pesant	Les deux ballons doivent avoir pratiquement le même volume.	Il faut simplement peser les deux ballons successivement ou les placer sur les plateaux d'une balance Roberval (différence de 4/5grammes)	2 ballons de volley-ball identiques, l'un gonflé, l'autre non.
2-Air froid – air chaud	L'air se dilate sous l'effet de la chaleur	Placez la bouteille ouverte au froid 1 heure avant l'expérience	En plongeant la bouteille froide dans l'eau chaude, l'air qu'elle contient se dilate et gonfle le ballon placé sur le goulot	1 grand récipient d'eau chaude Une bouteille plastique d'eau gazeuse (plus rigide) si possible réfrigérée 1 ballon de baudruche
3-Air élastique	L'air est élastique, il peut être comprimé	Comment associer la diminution du volume et la conservation de la matière ? La capacité des élèves de CM2 à concevoir la conservation de l'air dépend des possibilités qu'ils ont de conceptualiser simultanément la notion de pression ( <i>si on pousse le piston il y a autant d'air, mais il occupe moins de place parce qu'il est plus tassé</i> )	Boucher l'orifice de la seringue et actionner le piston. La même quantité d'air emprisonné dans la pompe tient moins de place, il est comprimé.	1 seringue
4-La force de l'air	L'air exerce une force sur les objets (principe action – réaction)		Déplacer une boule de polystyrène à l'aide de l'air expulsé par un ballon de baudruche.	3 ou 4 ballons de baudruche 1 boule de polystyrène
4bis- La force de l'air	L'air exerce une force sur les objets (principe action – réaction)		Si l'on enfonce un piston, le piston de l'autre seringue est repoussé par l'air prisonnier.	2 seringues reliées par un tuyau
5-Transvaser de l'air	L'air n'a pas de forme, il prend celle de son contenant, on peut le transvaser	Les élèves imaginent en général des systèmes plus ou moins ingénieux qu'il est intéressant de montrer aux autres lors de la mise en commun.		1 grand saladier transparent ou aquarium en plastique 2 verres en plastique transparent Des pailles Des tuyaux ...
6-Quelle place pour l'air ?	L'air occupe de la place	Les élèves les plus observateurs remarquent que le niveau d'eau monte légèrement dans la bouteille immergée. Cela met en évidence la compressibilité de l'air.	Certains élèves pensent que la bouteille va se remplir d'eau en s'enfonçant, c'est ce qui se passerait s'il n'y avait pas de bouchon.	1 grand saladier transparent ou aquarium en plastique 1 petit objet flottant 1 bouteille plastique dont on a découpé le fond















# Séances 5– Structurons nos nouvelles connaissances

## Objectifs :

Mettre en évidence certaines propriétés de l'air pour affirmer sa matérialité.

**Durée** : 1h

## Déroulement :

- A l'issue des travaux en ateliers, l'enseignant sélectionne les travaux à commenter.
- L'idéal serait de scanner ou de photographier les travaux sélectionnés et de les projeter pour que l'ensemble des élèves de la classe puisse les commenter.
- Pour chaque atelier, présenter d'abord des travaux qui n'ont pas abouti : les commentaires porteront sur les raisons de cet échec qui peuvent être de différents ordres : manipulation prévue irréalisable avec le matériel disponible, manque de fiabilité des mesures, modification de plusieurs variables en même temps, incompréhension de la consigne...
- Dans un second temps, l'enseignant présente les investigations qui ont abouti à des conclusions fiables.
- Si aucun groupe n'est parvenu à des conclusions permettant d'établir une propriété caractéristique de l'air, l'enseignant peut proposer de faire collectivement une expérience mettant en évidence cette propriété.
- Après l'étude de chaque atelier, la classe modifie la carte conceptuelle en y ajoutant des ramifications ou en complétant les ramifications proposées lors de la séance 1.
- Le glossaire sera également complété au fil du déroulement de la séance, chaque élève notera les définitions dans son cahier d'expériences.

## Pour aller plus loin :

Certaines expériences menées dans les ateliers sont propices à de nouvelles investigations :

### Atelier 1 : que pèse 1 litre d'air ?

Enlevons 1,5 L d'air au ballon (fig. 6). Une nouvelle mesure de masse donne (fig. 7) :

$$m_2 = 405 \text{ g.}$$

La masse d'un litre d'air dans les conditions de l'expérience est donnée par :

$$\frac{m_1 - m_2}{1,5} = \frac{2}{1,5} = 1,3 \text{ g.}$$

Dans les conditions ordinaires, la masse d'un litre d'air est 1,3 g.

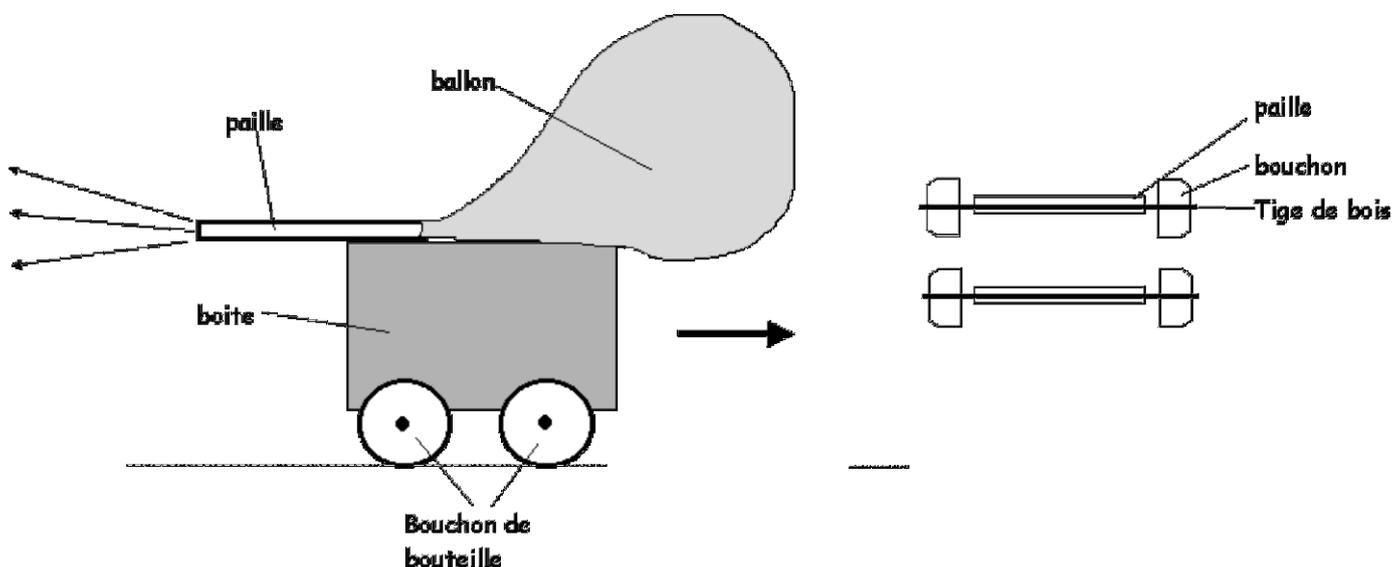
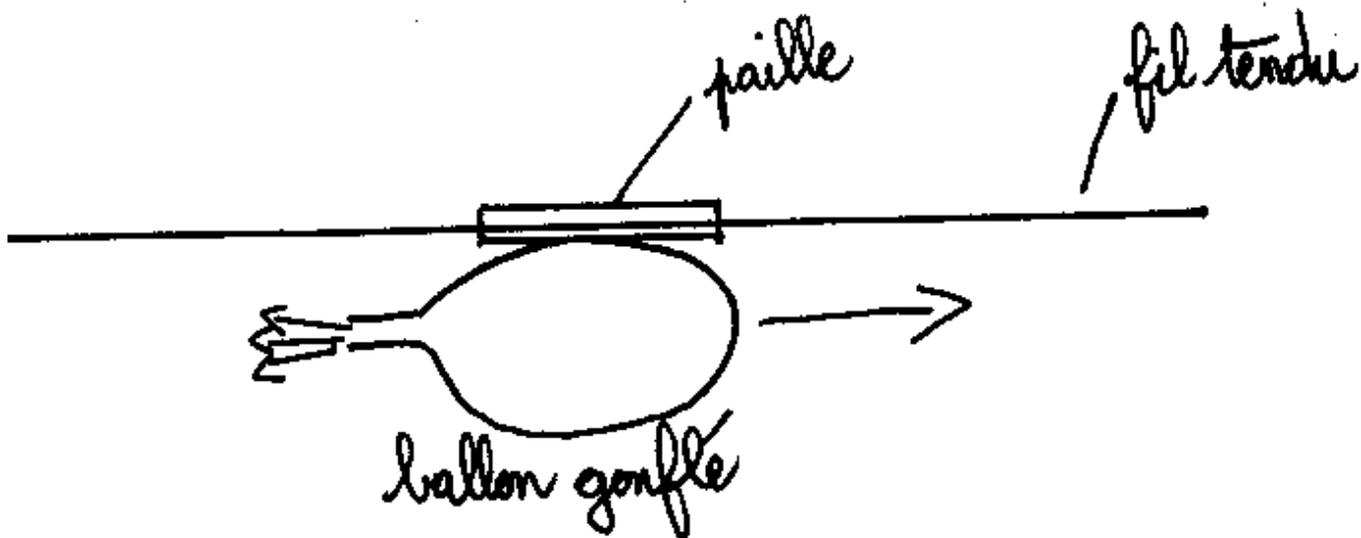


6 On vide le ballon.

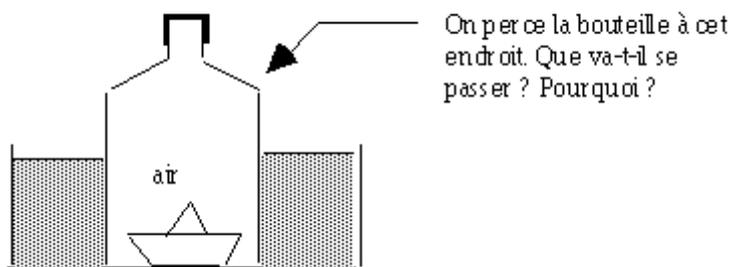


7 Deuxième pesée.

Atelier 4 : fabriquer un engin propulsé par l'air :



Atelier 6 : que se passe-t-il si l'on fait un trou ?



**Exemples de conclusions pour chaque atelier à inclure dans le cahier d'expériences :**

L'air est une matière, c'est un gaz, il a certaines propriétés :

1-Ballon et balance	L'air est pesant : un litre d'air pèse 1,3 grammes
2-Air froid – air chaud	L'air se dilate sous l'effet de la chaleur
3-Air élastique	L'air est élastique, il peut être comprimé
4-La force de l'air	L'air exerce une force sur les objets (principe action – réaction) il peut déplacer des objets.
4bis- La force de l'air	L'air exerce une force sur les objets (principe action – réaction)
5-Transvaser de l'air	L'air n'a pas de forme, il prend celle de son contenant, on peut le transvaser
6-Quelle place pour l'air ?	L'air occupe de la place

# Séances 6 – Enquêtons sur les pollutions de l'air

## Objectifs :

Les pollutions de l'air, savoir que l'air est un mélange de gaz.

## Matériel :

- Livres documentaires trouvés en BCD
- Articles proposés en annexe
- Sites internet :  
<http://www.airparif.asso.fr>  
<http://www.passeportsante.net>  
<http://www.notre-planete.info>  
<http://fr.wikimini.org>

**Durée :** 1h

## Déroulement de la séance :

### 1-Situation de départ

En revenant sur la carte conceptuelle, la classe cherche à développer la branche portant sur la pollution.

La discussion soulève des questions, par exemple :

- Quels sont les éléments polluants contenus dans l'air ?
- La pollution est-elle également répartie ? (ville/campagne...)
- Quels sont les effets des pollutions ?
- Quel est l'origine du réchauffement climatique ?
- Comment éviter la pollution ?
- Sommes-nous protégés de la pollution à l'intérieur des habitations ?
- ...

### 2- Organisation des recherches

L'enseignant organise les recherches.

Les élèves sont répartis en petits groupes, Il est intéressant de répartir les questions (une par groupe), ainsi la mise en commun permettra de présenter les résultats à l'ensemble de la classe sans redites.

On peut utiliser des ouvrages documentaires, des sites internet, les documents ci-dessous ou l'ensemble de ces ressources.

L'enseignant veillera à ce que les élèves notent la source de leurs informations (nom du livre, du site internet...)

### 3- mise en commun

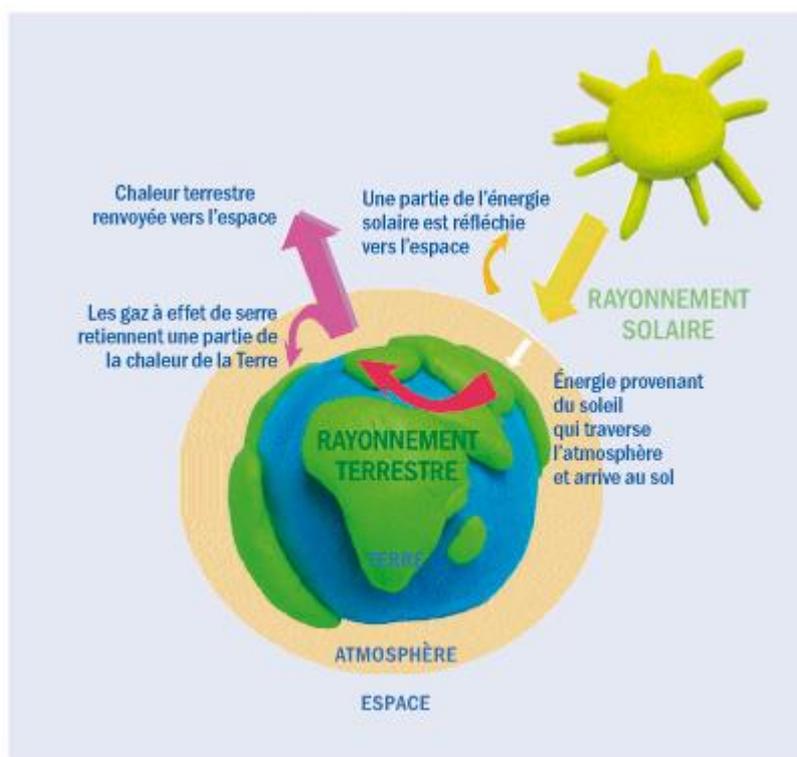
Les différents groupes présentent leurs résultats, on pourra compléter la carte conceptuelle et faire un petit résumé.

Pour aller plus loin : après avoir pris conscience de la pollution de l'air, une réflexion peut être menée sur la mise en place d'une action qui limite les pollutions autour de l'école, par exemple la création d'un pédibus (voir avec la municipalité pour accompagner ce projet).

# L'effet de serre

**L'effet de serre n'est pas dû aux polluants atmosphériques, même si certains y contribuent, mais aux gaz à effet de serre (GES). Toutefois, même s'ils n'agissent pas à la même échelle, ces deux phénomènes sont étroitement liés et s'additionnent.**

Contrairement aux polluants atmosphériques, les gaz à effet de serre (GES) n'ont pas d'effet local sur la santé mais sur le climat à l'échelle de toute la planète. En effet, ils « captent » une partie du rayonnement renvoyé par la Terre vers l'espace. La chaleur s'accumule alors dans les basses couches de l'atmosphère. Ce phénomène naturel permet à la Terre d'avoir une température moyenne de 15°C, au lieu de -18°C. Mais le rejet massif par les activités humaines de gaz à effet de serre accentue ce réchauffement : +1,1 à +6,4°C d'ici la fin du siècle selon le GIEC. Il met alors en péril l'équilibre de la planète avec pour conséquences la fonte des glaces et l'élévation du niveau des mers, mais aussi des répercussions climatiques variables géographiquement : précipitations accrues, sécheresses aggravées, phénomènes extrêmes plus fréquents...



## Fonctionnement du réchauffement climatique

Issu de l'utilisation des combustibles fossiles, le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est un des principaux représentants des gaz à effet de serre. Mais il n'est pas le seul (méthane, protoxyde d'azote...). Certains polluants de l'air comme l'ozone et les particules agissent également sur le changement climatique : l'ozone a tendance à réchauffer l'atmosphère, les aérosols à la refroidir.

Source : [airparif.asso.fr](http://airparif.asso.fr)

# Un impact sanitaire substantiel

Le message essentiel apporté par l'épidémiologie est que les niveaux de polluants actuellement observés sont associés à des risques pour la santé. Si l'intensité des effets observés peut paraître faible par rapport à d'autres facteurs de risque (comme le tabac par exemple), la taille de la population exposée est importante et donc le bénéfice associé à une réduction de l'exposition de la population aux polluants serait tout à fait substantiel en termes de santé publique.

Comme le montrent par exemple les résultats récents de l'étude Aphekom, si les niveaux de particules fines PM<sub>2,5</sub> étaient conformes aux objectifs de qualité de l'OMS de 10 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle, les habitants de Paris et de la proche couronne gagneraient six mois d'espérance de vie (figure a).

Par ailleurs, cette estimation d'impact porte sur les décès anticipés, qui sont les conséquences les plus graves des expositions à la pollution atmosphérique. Néanmoins, la pollution atmosphérique est susceptible d'entraîner d'autres manifestations, de sévérité moindre, mais qui concernent une part plus importante de la population (figure b).

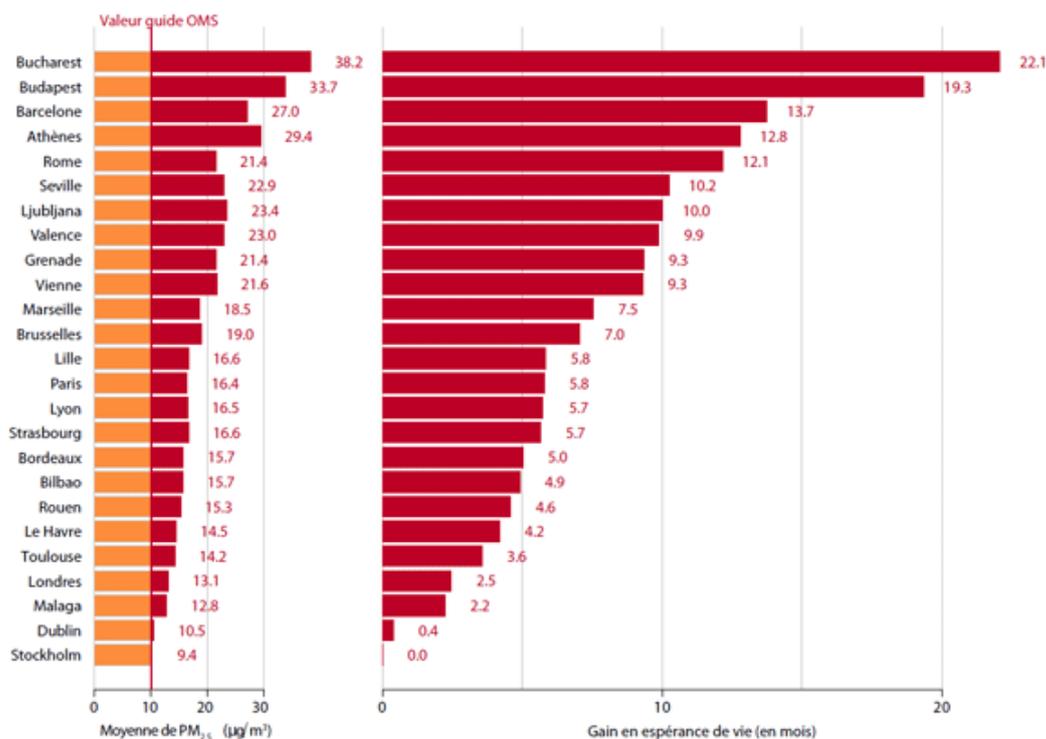


Figure a : Gain d'espérance de vie pour les personnes de 30 ans et plus dans 25 villes européennes si les niveaux annuels moyens en PM<sub>2,5</sub> étaient ramenés à la valeur guide OMS de 10 µg/m<sup>3</sup>

Source : Direction de la santé publique de Montréal 2003



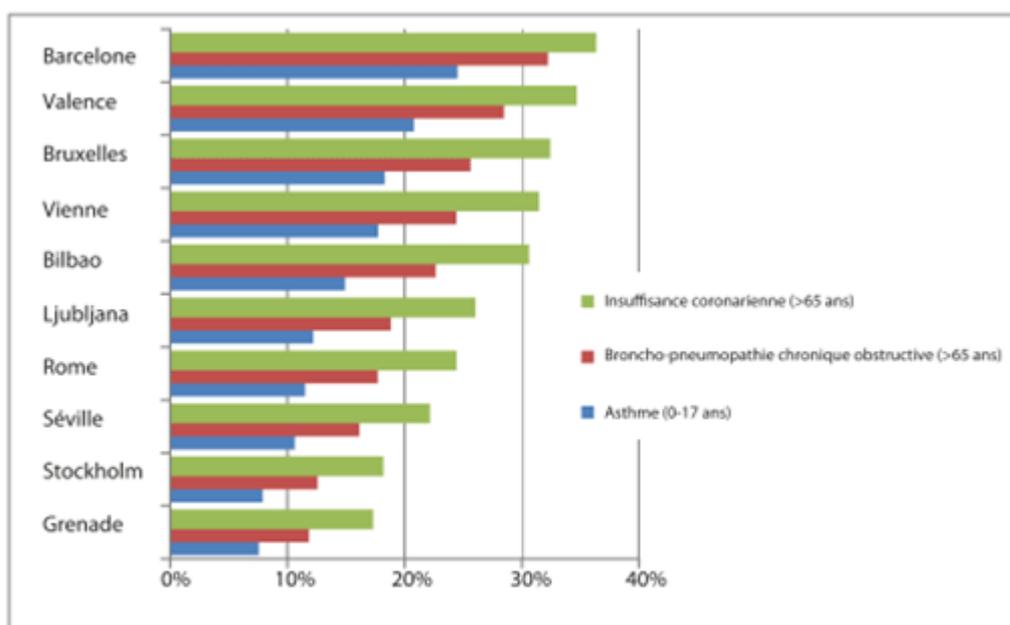
Figure b : Pyramide des effets de la pollution atmosphérique : plus la gravité des effets diminue, plus le nombre de gens touchés augmente

Source : Direction de la santé publique de Montréal 2003

# Les effets de la pollution due au trafic routier

La pollution issue du trafic routier pose des problèmes sanitaires spécifiques. D'une part, à proximité directe des voies de circulation, l'exposition est fortement majorée (renvoi aux dépassements Airparif). Le trafic est ainsi la principale source de variations intra-urbaines d'exposition dans la majorité des aires urbaines. D'autre part, les émissions liées au trafic constituent un mélange de polluants spécifiques (particules diesel, benzène, métaux lourds), dont les niveaux décroissent pour certains rapidement (~300-500 m) en s'éloignant de l'axe routier (particules ultrafines, NOx). S'il reste encore aujourd'hui assez difficile de dissocier les effets de cette pollution particulière des effets de la pollution plus générale de l'atmosphère, un certain nombre de travaux ont permis de mettre en évidence un effet spécifique de la pollution émise par le trafic routier sur la genèse et la survenue de crises d'asthme chez l'enfant, et la mortalité et morbidité pour causes cardiovasculaires.

Une évaluation réalisée dans le cadre de l'étude Aphekom portant sur 10 villes européennes et qui devrait prochainement être étendue à Paris, estime ainsi que le fait de résider à proximité (à moins de 150 mètres) d'un axe à grande circulation (comptant plus de 10 000 véhicules par jour) est responsable de 9 à 25% des nouveaux cas d'asthme chez les enfants, et de 10 à 35 % des cas de broncho-pneumopathies chroniques obstructives et de maladies coronariennes chez les adultes de plus de 65 ans (voir figure).



Part de la population atteinte de maladie chronique dont l'origine est attribuable au fait de vivre à proximité d'une voie à fort trafic

Source : Aphekom 2011

# L'origine des polluants

Composé principalement :

- De diazote N<sub>2</sub> (78 % en volume).
- De dioxygène O<sub>2</sub> (21 % en volume).
- D'argon (0,95 % en volume).

L'air est plus ou moins contaminé par des polluants gazeux, liquides ou solides d'origine naturelle (émissions par la végétation, les océans, les volcans...) ou produits par les activités humaines (cheminées d'usines, pots d'échappements...).

Finalement, la qualité de l'air résulte d'un équilibre complexe entre les apports de polluants et les phénomènes de dispersion et de transformation dans l'environnement.

Les espèces polluantes émises ou transformées dans l'atmosphère sont très nombreuses. Même si leurs concentrations sont très faibles (mesurées en général en microgrammes par mètre cube), elles peuvent avoir des effets notamment sur la santé. (source : airparif.asso.fr)

## Composition de l'air

L'air sec au voisinage du sol est un mélange gazeux incolore et homogène. Il est approximativement composé en fraction molaire ou en volume de :

- 78,08 % de diazote ;
- 20,95 % de dioxygène ;
- moins de 1 % d'autres gaz dont :
  - les gaz rares principalement de l'argon 0,93 %, du néon 0,0018 % (18 ppm), du krypton 0,00011 % (1,1 ppm), du xénon 0,00009 % (0,9 ppm) ;
  - le dioxyde de carbone 0,038 % (380 ppm).

Il contient aussi des traces de dihydrogène 0,000072 % (0,72 ppm), mais aussi d'ozone, ainsi qu'une présence infime de radon.

L'air typique de l'environnement terrestre est souvent humide car il contient de la vapeur d'eau. Il peut aussi contenir du dioxyde de soufre, des oxydes d'azote, de fines substances en suspension sous forme d'aérosol, des poussières et des micro-organismes.

Au voisinage du sol, l'air contient une quantité très variable de vapeur d'eau, qui dépend des conditions climatiques, et en particulier de la température. En effet le phénomène de saturation de vapeur varie fortement avec la température :

Température de l'air	à -10 °C	à 0 °C	à 10 °C	à 20 °C	à 30 °C	à 40 °C
% de vapeur d'eau	de 0 à 0,2 %	de 0 à 0,6 %	de 0 à 1,2 %	de 0 à 2,4 %	de 0 à 4,2 %	de 0 à 7,6 %

Ainsi à 4 km d'altitude (T= -11 °C), il y a toujours moins de 0,2 % de vapeur. Le pourcentage de vapeur d'eau présent dans l'air est mesuré par le taux d'hygrométrie. Cet indicateur est un élément important pour les prévisions météorologiques.

Le taux de dioxyde de carbone varie avec le temps. D'une part, il subit une variation annuelle d'environ 6,5 ppmv (**partie par million en volume**) d'amplitude. D'autre part, le taux moyen annuel augmente de 1,2 à 1,4 ppmv par an. De l'ordre de 384 ppmv (0,0384 %) à mi-2008, il était de 278 ppmv avant la révolution industrielle, de 315 ppmv en 1958, de 330 ppmv en 1974 et de 353 ppmv en 1990. On pense que ce gaz à effet de serre joue un rôle important dans le réchauffement climatique de la planète.

Le méthane est un autre gaz à effet de serre majeur dont le taux augmente avec le temps : 800 mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> (0,8 ppmv) à l'époque préindustrielle, 1 585 mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> en 1985, 1 663 mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> en 1992 et 1 676 mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> en 1996.

Jusqu'à environ 80 km d'altitude, la composition de l'air est assez homogène, la seule variation remarquable est celle du taux de la vapeur d'eau.

Source : Wikipedia.org