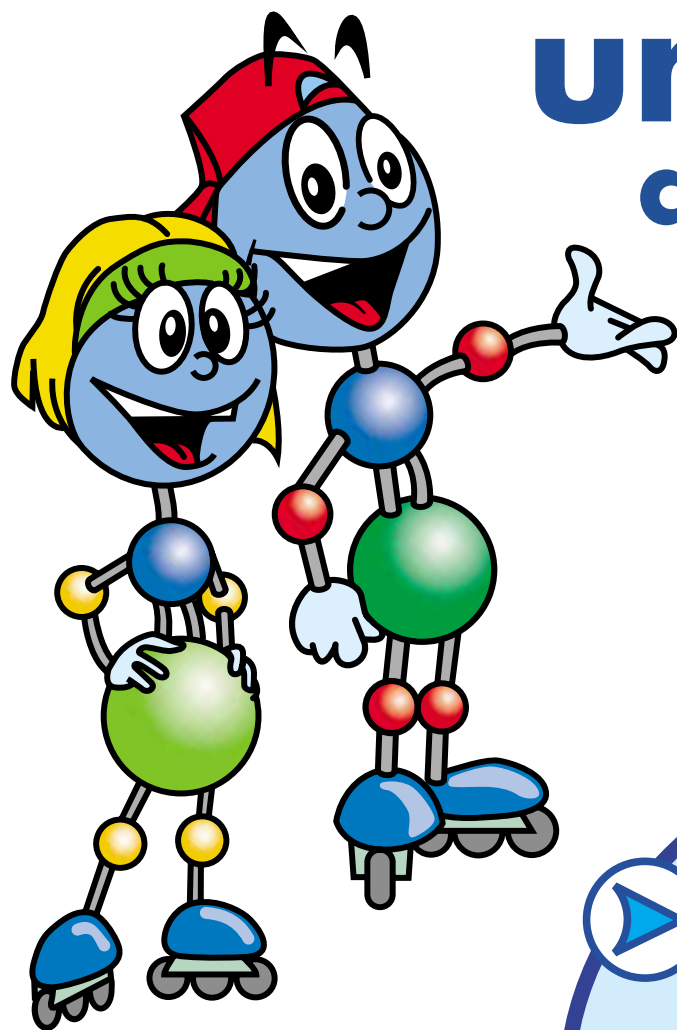


La Chimie

dans notre

univers quotidien



LIVRET DE
L'ENSEIGNANT(E)
POUR LES ÉLÈVES
DE CM1 ET CM2

Chimie,
la classe

Auteur des textes et de la mise en page : Delphine Thibault, Association Graine de Chimiste

avec l'aide précieuse d'un comité de rédaction composé de :

Caroline Brugère-Hubac, chargée de mission, société de communication GERCOM • Denis Bouchet, professeur des écoles
Gérard Brugère, dirigeant, société de communication GERCOM • Rose Costantini et Hélène Petit, directrices d'école
primaire • Thierry Rousse, inspecteur de l'Education nationale • Pierre-Jean Thion, professeur des écoles • Janine
Thibault, enseignant chercheur • Henri Vacher, secrétaire général de syndicats professionnels de la chimie • la Direction
de la communication de l'Union des Industries Chimiques.

Composition graphique : Claire Goudouchaouri, Arto

Union des Industries Chimiques
et
Association Communication Collective Chimie
Le Diamant A
92909 PARIS LA DÉFENSE CEDEX

La Chimie.

dans notre Univers quotidien

La chimie dans notre univers quotidien est une nouvelle rédaction du livret « Chimie la classe », proposé en 1994 par les industriels de la Chimie. Ce document s'adresse aux enseignants de l'école primaire pour les élèves de CM1 et de CM2, mais peut, sans nul doute, fournir des informations à des professeurs de collèges.

Conçu avec le souci d'apporter un soutien pédagogique, il invite les enseignants à faire plus ample connaissance avec la chimie, science dont les multiples applications nous accompagnent dans la vie quotidienne.

Les thèmes traités sont en liaison avec la vie courante et prennent en considération les programmes d'enseignement des sciences et de la technologie à l'École. Ils sont tous abordés sous un aspect pluridisciplinaire où la chimie ne représente qu'un maillon.

Les objectifs des rédacteurs émanent de constats de terrain ; les enseignants rencontrent parfois des difficultés pour choisir parmi la masse des informations à leur disposition, les données pertinentes et utiles à la construction de séquences scientifiques. Dès lors il fallait :

- leur apporter des informations, voire des connaissances, sur quelques thèmes de la vie courante ;
- les guider pour construire des activités sous forme de séquences scientifiques ;
- leur proposer des prolongements transdisciplinaires et des liens autour de l'éducation à la citoyenneté.

Les membres de l'équipe de rédaction ont mis en commun leurs pratiques et connaissances pour tisser ce document. Ils sont issus de formations et de milieux professionnels variés : inspecteur de l'Éducation nationale, enseignants de l'École primaire, spécialistes de la communication, industriels de la chimie, formateur d'animateurs scientifiques, enseignant chercheur.

La construction de ce livret repose ainsi sur de nombreuses concertations. Une page illustrant les implications de la chimie dans des domaines variés est proposée en introduction. Trois dossiers suivent :

- l'eau et son circuit domestique
- l'air, l'atmosphère et la pollution
- le tri sélectif et les plastiques

Chaque dossier est repérable par une couleur spécifique et comporte :

- un support d'activité originale pour introduire et étudier le thème ;
- une série de séquences pédagogiques et didactiques conçues pour guider l'enseignant dans son approche en classe ;
- une série de ressources pour cerner les connaissances sur lesquelles s'appuie l'étude ;
- quelques références d'ouvrages.

Précisons que certaines des séquences pédagogiques ont été testées dans des classes pour permettre leur évaluation et éventuellement leur réajustement.

L'équipe de rédaction espère, à travers ce document, vous accompagner dans vos démarches scientifiques. Elle souhaite que les élèves apprécient ce parcours chimique. Elle reste à votre disposition pour toute information complémentaire concernant le contenu de ce livret, critiques et suggestions seront les bienvenues.

À noter,

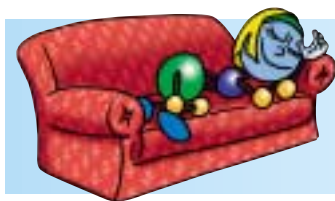
le site « www.chimielaclass.org » est à consulter comme site ludique complémentaire.

la fabrication de produits
du quotidien,



le traitement
et la transformation
de produits naturels,

la recherche et la création
de nouveaux
matériaux,



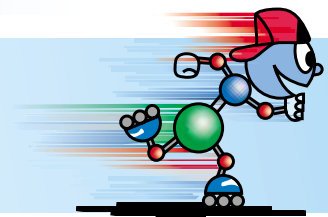
l'amélioration
du confort et
de l'esthétique,

l'amélioration
de la santé et
de la sécurité,



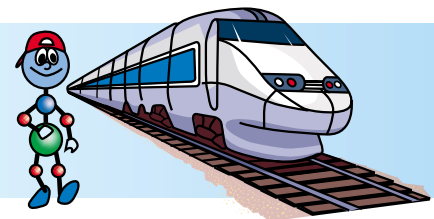
la protection de
l'environnement,

l'amélioration
des performances
sportives,



le développement
de la
communication,

le développement
des transports,



le contrôle
et l'amélioration
de la qualité, ...



Préambule 3

La chimie, c'est 4
Présentation graphique des applications de la chimie dans la vie de tous les jours.

Dossiers pédagogiques thématiques

1. L'eau et son circuit domestique 7

Modèle d'une facture d'eau 8

- Séquence 1 - Approche de l'eau domestique par l'étude d'une facture d'eau .. 9
- Séquence 2 - La qualité et l'origine de l'eau du robinet 10
- Séquence 3 - Le circuit de l'eau domestique et le prix de l'eau 11
- Séquence 4 - La production d'eau potable et l'épuration des eaux usées ... 12
- Ressources 13

2. L'air, l'atmosphère et la pollution 19

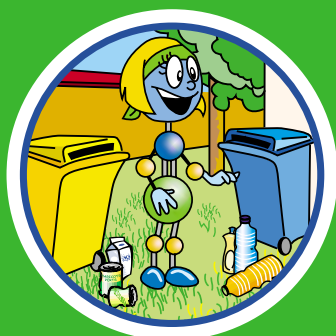
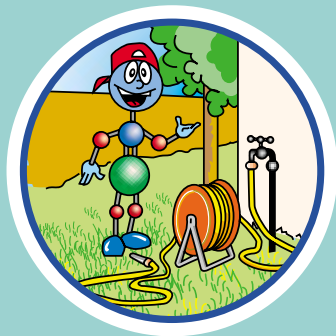
Extrait de la nouvelle « La tour Eiffel » de Dino Buzzati 20

- Séquence 1 - Approche de l'atmosphère par un extrait de « La tour Eiffel » .. 21
- Séquence 2 - L'atmosphère et ses couches principales 22
- Séquence 3 - L'air et la notion de pollution 23
- Séquence 4 - La pollution atmosphérique, sources et prévention 24
- Ressources 25

3. Le tri sélectif et les plastiques 35

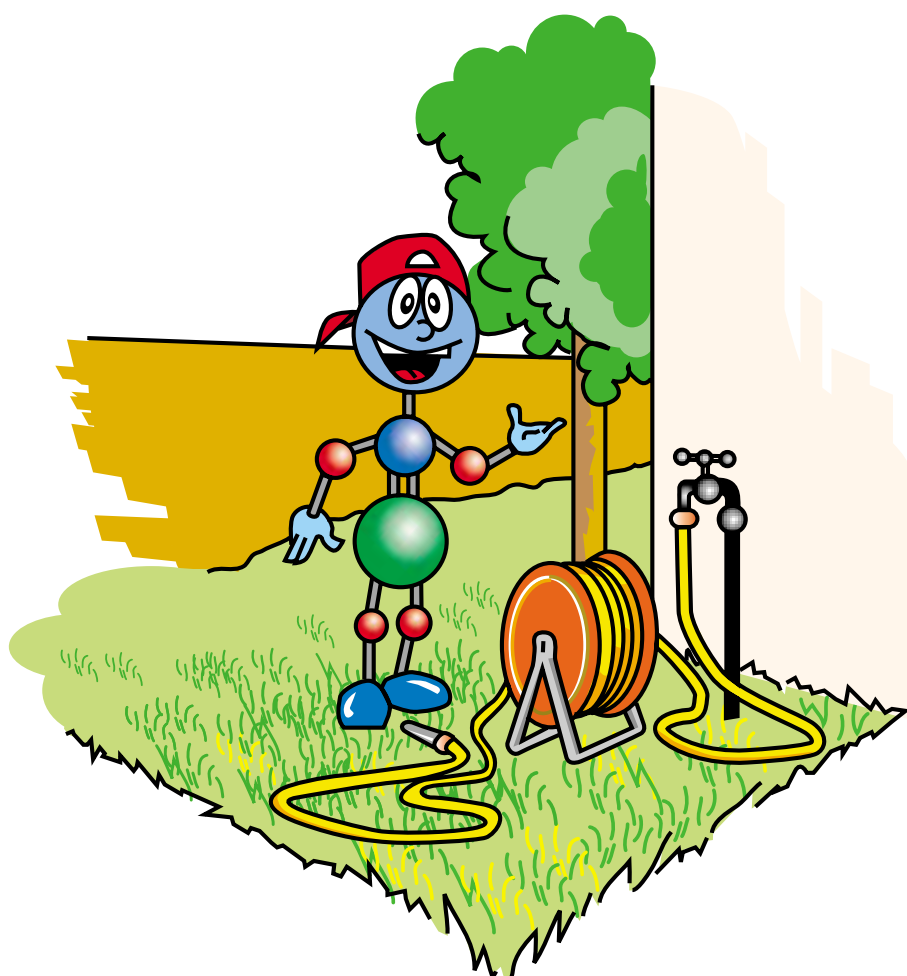
Jeu des mots mêlés 36

- Séquence 1 - Approche du tri sélectif par un jeu de mots mêlés 37
- Séquence 2 - L'utilité du tri sélectif 38
- Séquence 3 - Les plastiques et l'emballage 39
- Séquence 4 - L'art « plastique » ! 40
- Ressources 41



L'eau

et son
circuit domestique



• *Activité*

Etude d'un modèle de facture d'eau

Etudier et comprendre le circuit de l'eau domestique pour sensibiliser les enfants à limiter leur consommation en eau potable.



KIMICOL'EAU SA France

12, rue des Aqueducs
79892 KIMY-LA-VILLE CEDEX

Tél. : 0 810 256 256
Fax : 01 75 12 13 14

Accueil téléphonique,
du lundi au vendredi, de 8h à 19h.

Numéro URGENCES 24h/24h :
0 812 813 814

Monsieur LACLASSE Jimmy

Adresse desservie :

**64, rue des Gouttes
79540 PUISSANFONT**

Référence client : **02165478 K**

FACTURE TRIMESTRIELLE (n° 050216879)

23 septembre 2003

Service de l'Eau de Puissanfont

N° compteur	Nouvel index Relevé le 03/09/03	Ancien index Relevé le 05/06/03	Consommation
4854448	1026	960	66 m ³

Votre consommation

66 m³

	Nombre de m ³	Prix moyen du m ³ TTC	Montant TTC
Distribution de l'eau			
Abonnement			8,00
Consommation	66	0,918	60,59
Collecte et traitement des eaux usées	66	0,936	61,78
Organismes publics	66	0,471	31,09
Total			161,46 €

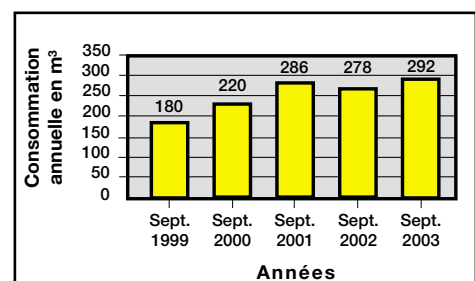
NET À PRELEVER

161,46 €

Ce montant sera prélevé sur votre compte à partir du 1^{er} octobre 2003.

POUR INFORMATION

Dernier relevé : 03/09/03
Prochain relevé : Début décembre 2003
Prochaine facture : Décembre 2003



Approche de l'eau domestique par l'étude d'une facture

MATÉRIEL ET PRODUITS



- Photocopies du document "la facture d'eau".

OBJECTIFS >>

- > Définir et situer le document « une facture d'eau ».
- > Introduire la notion de consommation.

DÉROULEMENT >>

DURÉE : 1h à 1h30

1 Lecture du document « la facture d'eau »

- Distribuer à chacun des élèves le document photocopié « la facture d'eau ».
- Demander aux élèves de lire et observer individuellement ce document.
- Demander aux élèves par groupe de 4 à 5, de répondre par écrit à quelques questions simples. *Qu'est-ce que ce document ? Que concerne ce document ? Qui reçoit ce document ? Qui envoie ce document ? A quoi sert ce document ? Etc.*

2 Etude plus approfondie du document « la facture d'eau »

- Reprendre collectivement les questions précédentes pour y répondre précisément et situer le document. *Ce document est une facture émise par une société distributrice d'eau (Kimicol'eau SA France). Il est adressé à M. Laclasse pour qu'il paye l'eau qu'il a utilisée durant un trimestre.*
- Définir ce qu'est une facture. Éventuellement partir d'exemples simples comme le ticket de caisse. *Une facture est un document émis par un fournisseur pour indiquer au client le montant à payer lors de l'achat de marchandises, l'utilisation de biens ou pour des services rendus.*
- Demander aux élèves le montant de la facture.

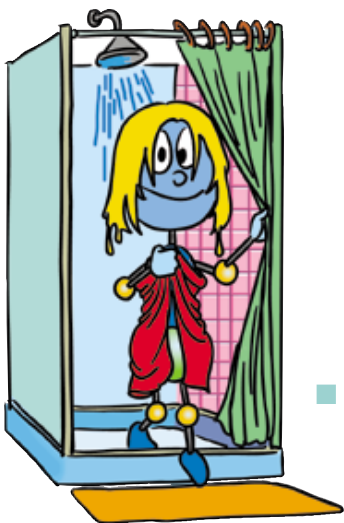
3 Introduction de la notion de consommation d'eau

- Poursuivre la discussion collective avec les élèves sous forme de questions ouvertes.
 - Pourquoi M. Laclasse doit-il payer la somme de 161,46 € ? *Pour payer l'eau qu'il a utilisée.*
 - Pourquoi précisément cette somme ? *Parce qu'il a utilisé une certaine quantité d'eau.*
 - Quelle quantité d'eau du robinet M. Laclasse a-t-il utilisée ? *M. Laclasse a utilisé 66 m³.*
 - Que signifie m³ ? *Le m³ est une unité de mesure d'une quantité appelée volume. Un m³ équivaut à 1000 litres ; il est plus facile de l'employer lorsqu'on évoque de grandes quantités.*
 - En combien de temps M. Laclasse a-t-il utilisé 66 m³ d'eau du robinet ? *En un trimestre.*
 - Comment peut-on savoir que M. Laclasse a utilisé 66 m³ d'eau du robinet durant cette période ? *Un agent vient relever son compteur d'eau. Le dernier relevé date du 03/09/03, le prochain est prévu au mois de décembre 2003.*

Introduire et définir le mot « consommation ». L'employer alors toujours à bon escient. « La consommation est l'action de faire des choses un usage qui les détruit et les rend ensuite inutilisables » (Petit Robert). L'eau consommée au robinet pour une quelconque utilisation (laver, boire,...) n'est ensuite plus utilisable.

Récapitulons – Suite au relevé du compteur d'eau de M. Laclasse, il a été calculé que la consommation en eau du robinet durant la période de 05/06/03 au 03/09/03 s'élève à 66 m³. C'est cette consommation que M. Laclasse doit payer.

- Faire observer le graphique de l'évolution de la consommation de M. Laclasse. Définir les axes des abscisses et des ordonnées. Expliciter le graphique.



ÉVALUATION DE LA SÉQUENCE >>

Demander aux élèves d'établir une facture à partir de la situation suivante.

Le 12 septembre 2003, Mme Laclasse achète 6 bouteilles d'1L d'eau à 0,3 € le litre au magasin « Kim'2000 », 65 rue des roseaux à Puissanfont.

SUGGESTIONS DE PROLONGEMENTS >>

L'euro. Les unités de mesure. Lecture/construction de graphique. Calcul de montants à partir de prix unitaires.

La qualité et l'origine de l'eau du robinet

MATÉRIEL ET PRODUITS



- Photocopies du document "la facture d'eau".
- Feuilles de papier à dessin, crayons de papier.
- Crayons de papier.
- Gobelets transparents « cristal ».
- Eau du robinet.

OBJECTIFS >>

- > Introduire la notion de potabilité.
- > Faire prendre conscience de la nécessité du traitement de l'eau naturelle.

DÉROULEMENT >>

DURÉE : 1h à 1h30

1 Evaluation des connaissances des élèves à propos du circuit de l'eau domestique

- Introduire la séquence par un bref rappel de la séquence précédente : montrer aux élèves la facture d'eau et leur demander de rappeler la nature et l'utilité du document.
- Partir de la question : d'où vient l'eau du robinet et où va-t-elle lorsqu'elle a été utilisée ? Demander aux élèves de représenter grossièrement une maison au centre d'une feuille blanche et de dessiner le parcours de l'eau avant son arrivée au robinet dans la maison et après son écoulement par le siphon du lavabo.
- Relever les dessins des élèves. Les observer pour évaluer les connaissances des élèves sur le sujet et adapter au mieux la suite de la séquence.

2 Introduction de la notion de potabilité d'une eau

- Demander à chaque élève de remplir un gobelet d'eau au robinet et de le poser sur leur table.
- À partir de l'observation du contenu des gobelets, demander de façon collective de décrire l'eau du robinet. Lister les réponses des élèves au tableau.
- Proposer d'organiser la description de l'eau en suggérant les caractéristiques suivantes : couleur, état, rapport à la lumière. Associer à ces caractéristiques les réponses précédemment citées par les élèves, au besoin compléter. *Couleur : incolore / Etat : liquide / Rapport à la lumière : transparente.*
- Ajouter deux caractéristiques : odeur et goût. Observer la réaction des élèves : ont-ils le réflexe de sentir et goûter ou répondent-ils en se fondant sur leur vécu ?
- Proposer aux élèves de sentir l'eau et définir son odeur. *Inodore.*
- Avant de proposer de goûter l'eau, demander aux élèves s'ils pensent que cela présente un danger de le faire. Les laisser argumenter. Leur faire goûter l'eau en buvant une gorgée et définir son goût. *Insipide.*
- En s'appuyant sur les arguments des élèves quant à la possibilité de boire l'eau du robinet, introduire le mot « potable ». Définir et développer la notion de potabilité. (*voir ressources*) Demander aux élèves de réfléchir à l'utilité d'une eau potable au robinet.

3 Prise de conscience de la nécessité de traitement des eaux

- Par une discussion collective, demander : où trouve-t-on de l'eau dans la nature ?
- Enchaîner sur les questions : l'eau trouvée dans la nature est-elle potable ? Pourquoi ? (*voir ressources*)
- Puis : d'où peut provenir l'eau du robinet pour qu'elle soit potable ? Distribuer les dessins réalisés en début de séquence et discuter de leur contenu.
- Demander aux élèves d'imaginer des solutions pour que l'eau naturelle devienne potable. En arriver à mettre en évidence la nécessité d'un traitement en amont du robinet. Après renseignement auprès de la commune, expliquer la nature du traitement effectué pour l'eau du robinet utilisée par les élèves.

ÉVALUATION DE LA SÉQUENCE >>

Poser la question aux élèves : le jus d'orange est-il potable ? Si oui, pourquoi ? Si non, pourquoi ? Réponse individuelle ou par groupe de 4 à 5 élèves par écrit. (*voir ressources*)

SUGGESTIONS DE PROLONGEMENTS >>

Les usages de l'eau. Le cycle de l'eau naturelle. Étude de l'analyse de l'eau du robinet communiquée en mairie. Les cinq sens. Le goût des eaux de boisson.



Le circuit de l'eau domestique et le prix de l'eau

MATÉRIEL ET PRODUITS



- Photocopies du document « la facture d'eau ».
- Feuilles de papier à dessin, crayons de papier.
- Crayons de papier.
- Crayons de couleur (bleu, vert, marron).

OBJECTIFS >>

- > Tracer le circuit de l'eau domestique.
- > Distinguer traitement de production d'eau potable et épuration des eaux usées.
- > Etudier les composants du prix de l'eau.

DÉROULEMENT >>

DURÉE : 1h à 1h30

1 Schématisation du circuit de l'eau domestique en amont du robinet

- Introduire la séquence par ce rappel : quelle est la principale caractéristique de l'eau du robinet ?
- Schématiser au tableau une maison avec un robinet et de l'eau dans la nature, par exemple en représentant une rivière ou une nappe souterraine en fonction du système d'approvisionnement en eau utilisé par la commune concernée. Annoter ce schéma avec les élèves en inscrivant « eau potable » en sortie de robinet et « eau brute » dans la nature.
- Demander aux élèves à l'oral le tracé du circuit de l'eau brute jusqu'au robinet, en précisant les « lieux » ou « étapes » empruntés. Annoter le schéma avec le vocabulaire adéquat.
- Introduire la nécessité de réservoirs d'eau potable pour un approvisionnement continu au cours du trajet de l'eau : château d'eau dans la plupart des cas.

2 Schématisation du circuit de l'eau domestique en aval du robinet

- Relancer une discussion collective pour mettre en évidence la nécessité du traitement de l'épuration à partir par exemple des questions suivantes.
 - A quoi sert l'eau qu'on utilise ? *Boire, laver, rincer, évacuer nos déchets naturels (excréments, urine), etc.*
 - Une fois utilisée, cette eau du robinet est-elle toujours potable ? Pourquoi ?

Introduire alors le terme d'« eaux usées ». Préciser au besoin que l'eau s'écoule du lavabo et de l'évier, mais aussi de la baignoire, de la cuvette des toilettes, du lave-linge, etc., et contient différents déchets.

- Que devient l'eau usée ? Peut-on la rejeter dans la nature ? Pourquoi ?

Faire prendre conscience aux élèves du caractère polluant des eaux usées. Notons que si ces dernières étaient rejetées dans la nature, elles pourraient nuire à la faune et la flore de par les ajouts qu'elles ont reçus (lessive, savon, excréments, urine, poussières, solvants, résidus de peinture, etc.).

- Demander aux élèves d'imaginer des solutions pour que les eaux usées puissent être évacuées. En arriver à mettre en évidence la nécessité d'un traitement en aval du robinet.
- Compléter le schéma du tableau en traçant le circuit des eaux usées. (*voir ressources*)

3 Etude du prix de l'eau

- Faire reprendre à chacun le document « la facture d'eau ». Au besoin, demander aux élèves : pouvez-vous me rappeler ce qu'est ce document, quel montant doit payer M. Laclasse et pourquoi ?
- Etudier le contenu du montant : faire lire un à un les postes de facturation en demandant aux élèves ce qu'ils en comprennent. Expliquer ensuite le vocabulaire employé et situer les étapes sur le schéma du circuit de l'eau resté au tableau. (*voir ressources*)
- En conclusion, faire prendre conscience que l'on paye l'eau aussi bien pour qu'elle coule potable au robinet que pour qu'elle soit rejetée à peu près propre dans la nature après son utilisation.

ÉVALUATION DE LA SÉQUENCE >>

Effacer le schéma du tableau. Faire tracer aux élèves le circuit de l'eau domestique à partir du dessin d'une maison. Leur demander d'annoter ce circuit à partir de la liste de termes suivante : usine de traitement de production d'eau potable, station d'épuration, égouts, château d'eau, eau brute. Enfin, leur faire colorier l'eau brute en vert, l'eau potable en bleu et les eaux usées en marron.

SUGGESTIONS DE PROLONGEMENTS >>

Visite d'un château d'eau, des égouts, d'une station d'épuration. Les inondations et leurs conséquences. Les maladies liées à l'eau, notamment dans les pays en voie de développement.



La production d'eau potable et l'épuration des eaux usées

MATERIEL ET PRODUITS



- Les schémas des élèves du circuit de l'eau domestique réalisés en séquence 3.
- Le document « la facture d'eau ».
- Quelques feuilles A3.



OBJECTIFS >>

- > *Etudier les techniques scientifiques employées dans les traitements des eaux.*
- > *Mettre en évidence une des applications de la chimie.*

DÉROULEMENT >>

DURÉE : 2h à 2h30

1 Présentation des techniques de traitement de production d'eau potable

- Introduire la séquence par la question : où situe-t-on le traitement de production d'eau potable dans le schéma du circuit de l'eau domestique ? En quoi consiste-t-il ? *Le traitement de production d'eau potable consiste à traiter une eau « brute » prélevée dans la nature pour qu'elle devienne potable.*
- Poursuivre la séquence sous forme de débat collectif à partir des questions suivantes.
 - Que peut contenir une eau « brute », par exemple une eau de rivière, qui l'empêche d'être potable ? Lister les réponses des élèves ; au besoin les orienter vers des exemples d'éléments de petite taille voire microscopiques (bactéries, virus, substances dissoutes, etc.).
 - Quel est le but du traitement de production d'eau potable ? *Éliminer tout ou partie des substances et êtres vivants que l'eau ne peut contenir pour être potable.*
- Exposer aux élèves la technique du traitement de production d'eau potable en précisant les procédés faisant appel à la chimie. (*voir ressources*)

2 Présentation des techniques d'épuration des eaux usées

- Selon la même démarche pédagogique, qui permettra l'évaluation de la compréhension du principe du traitement de production d'eau potable, exposer aux élèves la technique de l'épuration. Bien insister sur le fait que l'eau « épurée » n'est pas rejetée potable, ni même totalement propre.

3 Débat citoyen autour de la préservation de l'eau

- Faire reprendre la facture d'eau et demander aux élèves : pourquoi doit-on payer l'eau ?
- Faire observer le graphique de l'évolution de la consommation d'eau, situé en bas à droite de la facture. Demander aux enfants d'émettre des hypothèses sur les raisons de l'augmentation de la consommation en eau du foyer de M. Laclasse.
- Lancer un débat sur les conséquences générales d'une augmentation de la consommation d'eau par chacun des foyers.
 - 1° *Augmentation de la quantité d'eau brute prélevée, entraînant la réduction des ressources naturelles en eau (conséquences quantitatives).*
 - 2° *Augmentation de la quantité d'eau épurée rejetée, entraînant la dégradation de la qualité des ressources en eau naturelle (conséquences qualitatives).*
- Demander aux élèves d'imaginer des solutions pour réduire la consommation en eau.

ÉVALUATION DE LA SÉQUENCE >>

Demander aux élèves par groupe de 4 à 5, de lister sur une feuille A3, quatre actions que chacun d'entre nous peut entreprendre pour respecter l'eau naturelle.

Mettre en commun les listes. Réagir collectivement sur leur contenu respectif. Les afficher.

SUGGESTIONS DE PROLONGEMENTS >>

Rédiger une charte de citoyenneté pour le respect de l'eau. Mesurer approximativement les quantités d'eau consommées lors d'actions quotidiennes : brossage des dents, lavage des mains, etc.

La facture d'eau, le prix de l'eau (séquences 1, 2 et 3)

La facture

La facture d'eau, sur laquelle s'appuient les séquences, est simplifiée pour permettre une exploitation pédagogique plus aisée avec les élèves. Son contenu demeure cependant ardu pour le niveau cycle 3. En procédant progressivement et sans traiter l'ensemble des éléments indiqués, il est probablement nécessaire de faire réaliser aux élèves, d'une part, que l'eau est payante et d'autre part, que son prix résulte d'un ensemble complexe de processus et réalisations technico-scientifiques et politiques. Car bien souvent, sauf sensibilisation préalable sur le sujet, les enfants imaginent que l'eau du robinet provient directement de la nature... et une fois consommée retourne à la nature... La représentation du circuit domestique de l'eau par les élèves en début de séquence 2 permettra sans doute d'en obtenir confirmation.

Si l'élève parvient à comprendre les coulisses de l'alimentation et de l'assainissement de l'eau, pourquoi ne pas espérer qu'il devienne sensible et responsable face au respect de cette ressource vitale ?...

Les postes de facturation

1° « Distribution »

On « distribue » l'eau dans les habitations, c'est-à-dire que l'on prélève de l'eau brute, on la rend potable, on la stocke et on la transporte jusqu'aux robinets de chacune des habitations. Le prix de cette distribution comprend également une participation par les Agences de l'Eau afin d'aider les collectivités locales à s'équiper pour préserver leurs ressources en eau. Il se répartit en deux éléments : l'abonnement, qui est un prix fixe et la consommation, qui est fonction de la quantité d'eau que l'on a consommée.

2° « Collecte et traitement des eaux usées »

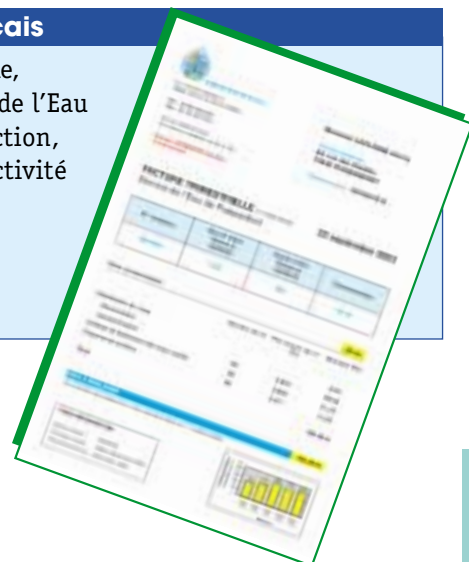
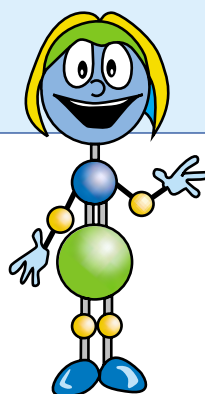
On « collecte », cela signifie que l'on récupère les eaux usées et qu'on les « traite ». Le prix concerne donc la partie aval du circuit domestique de l'eau, celle à laquelle on ne pense pas toujours..., avec entre autres l'entretien du réseau des égouts et bien sûr le coût de l'épuration. Il est fonction de la consommation en eau.

3° « Organismes publics »

Ce prix, également fonction de la consommation en eau, correspond aux taxes et redevances qui sont versées à des institutions publiques pour divers objectifs comme la recherche pour l'amélioration des rejets dans les eaux naturelles, l'aide à l'équipement de petites communes rurales en réseaux d'assainissement et également pour l'entretien et la modernisation des voies navigables en France.

Les différences de prix de l'eau sur le territoire français

Le prix de l'eau doit équilibrer, dans chaque collectivité locale, le coût réel des redevances et taxes de l'Etat et des Agences de l'Eau ainsi que les investissements et contraintes locales de production, de distribution et d'assainissement. Il est décidé par la collectivité locale dans le cadre d'un contrat avec le distributeur. C'est pourquoi, il n'est pas identique sur l'ensemble du territoire français.



La description de l'eau du robinet (séquence 2)



Remarque

L'eau du robinet peut présenter des caractéristiques différentes selon les lieux ; elle peut être légèrement trouble, colorée, présenter un goût et une odeur par exemple chlorés. Dans le souci d'une démarche scientifique et pédagogique rigoureuse, il est important de retenir ce que constatent les élèves et non ce que l'on souhaiterait pour une eau du robinet...
Prendre soin de réaliser l'observation de l'eau du robinet avec des gobelets totalement transparents.

La couleur de l'eau

Si on demande à de jeunes enfants la couleur de l'eau, ils répondent souvent « bleue », car la plupart des ouvrages écrits ou audiovisuels utilise cette couleur pour la représenter. L'observation du contenu du gobelet doit permettre de supprimer cette représentation erronée, par simple comparaison avec des objets alentours bleus.
Selon la même démarche, on rectifiera également l'idée que l'eau est blanche, pour introduire le mot « incolore » souvent méconnu des enfants.
Notons aussi que « incolore » signifie « qui n'est pas coloré, sans couleur », et donc répond par l'absurde à la question « quelle est la couleur de l'eau ? »...

L'état de l'eau

En science, on entend par « état », l'état de la matière. Le mot peut paraître abstrait aux enfants, à moins que ces derniers aient été marqués par des expériences sur les changements d'état. Attention de ne pas interchanger le mot avec « aspect », qui inclut d'autres notions notamment relatives au sens du toucher.
Une substance liquide se reconnaît par sa capacité à prendre la forme du récipient dans laquelle on la verse, mais surtout et tout simplement parce qu'on peut la verser sous forme de gouttes (ce qui la différencie des poudres dont l'état est solide...).

Le rapport à la lumière de l'eau

L'eau peut être considérée transparente. La lumière la traverse afin de laisser paraître avec netteté un objet qui s'y trouve plongé. Les photos sous-marines illustrent parfaitement cette caractéristique.

Attention cependant : si l'on observe un objet situé par exemple derrière un aquarium, il apparaîtra probablement flou. La lumière, qui permet son observation, ne traverse pas uniquement le milieu aqueux, mais également les milieux « air » et « verre » et ce plusieurs fois, si bien que la qualité de l'image finale s'en trouve détériorée.

Lorsqu'une eau est trouble, elle n'est plus transparente, mais translucide, c'est-à-dire qu'elle laisse passer la lumière, mais ne permet pas de voir nettement un objet qui y est plongé. Son « trouble » appelé scientifiquement sa « turbidité » est dû à la présence d'une quantité non négligeable de matières en suspension.

L'odeur et le goût de l'eau

L'odeur et le goût sont des sensations très mêlées. Le sens du goût étant peu développé chez l'humain, on associe généralement un goût à une odeur.

Les papilles gustatives présentes dans la cavité buccale reconnaissent les 4 saveurs fondamentales : salée, sucrée, acide, amère. Cependant, lors de l'ingestion d'aliments, on peut décrire des sensations autres que ces 4 saveurs. Un phénomène « rétro nasal » se produit en effet, qui permet aux substances odorantes de remonter du fond de la gorge vers le nez pour toucher des récepteurs olfactifs et transmettre à l'individu une sensation qu'il croyait à l'origine gustative. L'eau est à priori inodore et insipide. Mais, n'étant jamais pure, elle peut présenter une odeur et/ou une saveur liée à la présence de substances en son sein. Le cas le plus fréquent pour l'eau du robinet est la détection d'un goût et d'une odeur chlorés, conséquence de l'ajout volontaire d'eau de Javel dans l'eau pour sa désinfection.

Des goûts ou des odeurs de vase ou de moisi peuvent également être perçus ; ils sont généralement transmis à l'eau lors de son transport dans des canalisations.



La notion de potabilité d'une eau (séquence 2)

Potable ou pas potable ?

Le langage courant admet qu'est potable tout ce qu'on peut boire sans être malade... Mais lorsqu'on aperçoit « eau potable » ou « eau non potable » sur une plaque par exemple d'une source en montagne ou d'une fontaine d'un jardin public, la définition scientifique mérite attention. Une eau est dite « potable » lorsqu'elle peut être bue à raison de 2 litres par jour toute une vie sans risque pour la santé.

Cela veut donc dire que si chacun sait que le jus d'orange peut être bu, en aucun cas il ne peut être qualifié de « potable » selon la définition scientifique... Buvez 2 litres par jour de jus d'orange (même d'oranges pressées) durant toute votre vie, ne craignez-vous pas quelques conséquences sur votre santé ?

Définition scientifique de la potabilité d'une eau

En France, un décret du Code de la Santé Publique définit actuellement 63 **paramètres de qualité** pour qu'une eau soit propre à la consommation humaine et donc « potable ».

Cette norme fixe également des concentrations maximales ou minimales pour tous ces paramètres. Une eau qui répond à ces critères pourra être consommée toute la vie d'un adulte de 70 kg à raison de 2 litres par jour. Elle n'entraînera aucun effet néfaste sur sa santé pour des niveaux de risques définis. Au-delà de ces valeurs fixées, l'eau pourra être consommée dans certains cas ; le Préfet a la responsabilité d'informer par les médias la population concernée sur les teneurs exceptionnelles de cette eau en certains composés.

Le décret concernant les eaux destinées à la consommation humaine régleme également la fréquence et le type d'analyses à effectuer en fonction de l'origine de l'eau et du nombre de consommateurs (ou la taille de l'agglomération desservie). Il s'applique d'une part, à l'eau du robinet et aux eaux de source, d'autre part aux eaux de fabrication ou de traitement utilisées dans l'industrie alimentaire.

Les critères de potabilité d'une eau

Les critères de potabilité prennent en considération le caractère sain de l'eau (absence de microorganismes, de produits toxiques, de substances polluantes), mais aussi les caractéristiques organoleptiques comme le goût, l'odeur, la turbidité.

La qualité des eaux est contrôlée par un laboratoire agréé par le Ministère de la Santé.

Les paramètres de qualité des eaux peuvent être classés en 6 catégories :

- **les paramètres organoleptiques** : couleur, turbidité, odeur, saveur ;
- **les paramètres physico-chimiques** : température, pH, conductivité, teneur en calcium, magnésium, aluminium,...
- **les paramètres concernant les substances indésirables** : teneurs en nitrates, nitrites, cuivre, fluorures, hydrocarbures, ...
- **les paramètres concernant des substances toxiques** : teneurs en arsenic, cyanure, plomb, vanadium,...
- **les paramètres microbiologiques** : absence de staphylocoques, streptocoques, salmonelles, ...
- **les pesticides et produits apparentés.**

La plupart des eaux naturelles ne sont pas potables, parce qu'elles ne répondent pas à l'ensemble de ces paramètres.

Pour que les enfants comprennent plus concrètement le principe de l'analyse de la qualité des eaux, il peut être suffisant de ne s'intéresser qu'aux seuls paramètres organoleptiques. Ces derniers font en effet appel aux cinq sens et donc ne nécessitent aucun matériel sophistiqué. Notons que le contrôle de la saveur d'une eau demeure aujourd'hui le travail d'humains, les « dégustateurs d'eau », dont la précision des mesures n'a jusqu'ici pas pu être égalée par des machines.

À partir des quatre paramètres organoleptiques (couleur, turbidité, odeur, saveur), il est possible de faire des comparaisons entre la qualité d'une eau prélevée dans la nature et celle du robinet et d'en déduire sa probable non-potabilité. Par exemple, imaginer la comparaison entre la saveur de l'eau de mer, la turbidité (ou trouble) et la couleur d'une eau de mare, l'odeur d'une eau de source, et celles de l'eau du robinet.



Remarque

Le décret du 20 décembre 2001 « relatif à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine » met en conformité avec les directives européennes la réglementation française datant de 1989. En application à partir du 25 décembre 2003, il modifie notamment les paramètres de qualité des eaux, définissant ainsi 48 **limites de qualité** microbiologiques et chimiques auxquelles les eaux doivent être conformes et des **références de qualité** parmi lesquelles sont repris entre autres les paramètres organoleptiques.

Le circuit de l'eau domestique (séquence 3)



Remarque

En France, les systèmes d'alimentation en eau potable et d'épuration des eaux usées sont différents d'un lieu à un autre. Il est vivement conseillé de s'informer auprès de la mairie des systèmes en place dans la commune afin d'être, dans un premier temps, au plus proche de la réalité vécue par les élèves.

Les informations qui suivent sont données à titre général. En aucun cas, elles ne prétendent s'adapter à tous les cas de figure. Sachez, par exemple, qu'un certain nombre de communes françaises ne recourent à aucun traitement en usine pour leur alimentation en eau du fait de la potabilité naturelle de leurs eaux brutes.

Le circuit de l'eau domestique, en amont du robinet

L'eau naturelle qui est destinée à être traitée est appelée « **eau brute** ». Elle peut être prélevée dans des nappes souterraines, à la sortie de sources ou dans des cours d'eau. Des analyses sont effectuées au préalable sur les lieux des prélèvements afin de s'assurer que l'eau ne présente pas une pollution excessive.

L'eau brute est traitée dans une **usine de traitement de production d'eau potable** afin d'être rendue propre à la consommation humaine. A la sortie de l'usine, l'eau est soumise aux tests vérifiant les paramètres de qualité des eaux pour s'assurer de son respect des critères de potabilité.

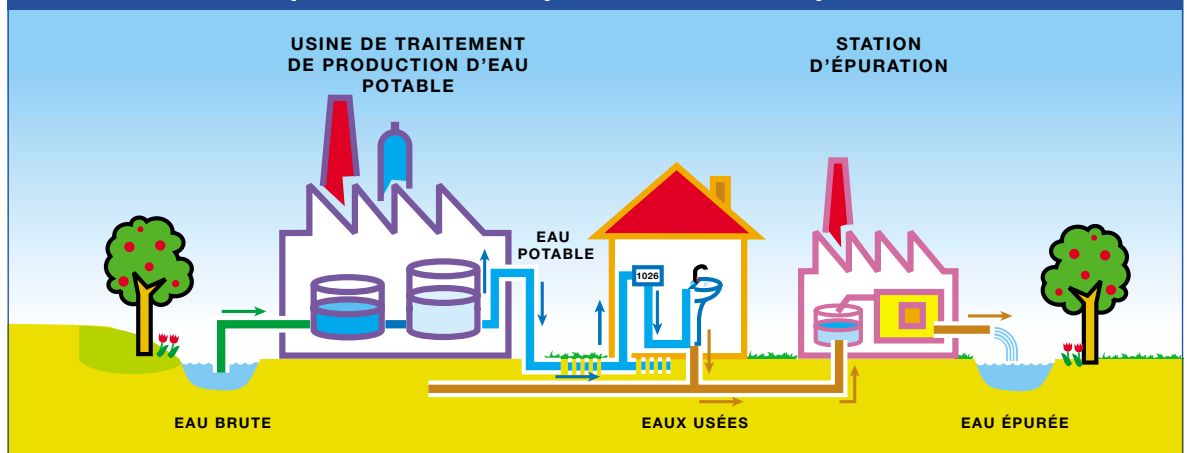
Après ajout d'eau de Javel pour éviter une contamination au cours de son transport, l'eau potable est canalisée jusqu'à des réservoirs pour permettre aux usagers un approvisionnement continu. Le château d'eau est un exemple de réservoirs d'eau potable ; il est une spécificité française. L'eau est enfin distribuée dans les habitations.

Le circuit de l'eau domestique, en aval du robinet

Les **eaux usées** sont les eaux qui ont été consommées pour diverses utilisations (lavage, évacuation de déchets, etc.) ou des eaux de ruissellement. Elles sont par conséquent sales et nécessitent un traitement dans une **station d'épuration** avant d'être rejetées dans la nature. L'eau épurée n'est pas une eau potable. C'est une eau dont la qualité est suffisante pour ne pas avoir d'effets écologiques néfastes. La nature prolonge le traitement des eaux épurées par une épuration dite « naturelle ».

La collecte des eaux usées s'effectue par les égouts qui rejoignent les stations d'épuration.

Schéma d'un exemple de circuit complet d'eau domestique



— Prélèvement d'eau brute.

— Production et circuit d'eau potable.

— Collecte et traitement des eaux usées.

Le circuit de l'eau domestique n'est pas un circuit fermé : l'eau épurée rejoint la nature et retourne dans le cycle naturel de l'eau.

La production d'eau potable (séquence 4)



Remarque

Toutes les usines françaises de traitement de production d'eau potable fonctionnent selon des principes semblables. Il en est de même pour les stations d'épuration. Cependant, les techniques employées respectivement par ces dernières diffèrent en raison généralement de leur date de construction ou de rénovation ainsi que des volumes d'eau(x) à traiter.

Pour en savoir plus sur les procédés des usines concernant une commune, il est possible de s'informer auprès de ses services d'alimentation en eau et d'assainissement, qui réalisent souvent des documents pédagogiques et proposent parfois la visite de leur site pour des scolaires.

La distribution de l'eau en France est gérée par des organismes d'État, les Agences de l'Eau au nombre de 11. L'assainissement des eaux usées est géré par des syndicats professionnels.

Les informations qui suivent sont données à titre général. Elles s'inspirent des techniques employées par les usines récentes que sont Ivry-sur-Seine (94) pour la production d'eau potable et Colombes (92) pour l'épuration.

Principe du traitement de production d'eau potable

Le traitement de production d'eau potable comporte différentes étapes qui ont pour but d'éliminer ou de réduire en quantité les éléments susceptibles de provoquer des troubles de la santé chez l'homme.

Son principe est à la fois physique et chimique. Les usines emploient des processus différents, mais globalement on retrouve à peu près toujours les étapes suivantes.

Le **dégrossissage** qui permet d'éliminer les éléments macroscopiques. Il est composé de plusieurs étapes dont les principes sont physiques. L'eau brute passe à travers des grilles de plus en plus fines, puis des tamis (étapes de dégrillage et tamisage). Laisse au repos, elle décante pour permettre l'élimination des surnageants comme l'huile ou des substances qui coulent (étapes de déshuilage, dessablage et débourbage).

La **clarification** permet de rendre l'eau claire par élimination de matières en suspension ou colloïdales qui n'ont pu être piégées par le dégrossissage du fait de leur trop petite taille. Cette étape a recours à l'emploi de produits chimiques. D'abord, un coagulant rassemble les matières. Puis, les matières coagulées s'agglomèrent à un floculant jusqu'à former ce qu'on appelle un « floc ». Le floc, eau dans laquelle surnagent comme des flocons de matières, est éliminé par des filtrations successives sur sable de différentes grosseurs. Les matières floculées restent simplement coincées entre les grains de sable.

Si l'eau paraît alors claire et propre, il peut rester cependant un certain nombre d'éléments microscopiques qui ne la rendent pas encore saine à boire. Des éléments microscopiques comme les microorganismes (virus, bactéries par exemple), des poisons ou produits chimiques toxiques peuvent encore être présents.

Une **oxydation** de la matière organique permet l'élimination des microorganismes. Elle est réalisée selon différents procédés, généralement par injection dans l'eau d'un gaz oxydant.

Enfin, **une filtration sur charbon actif** permet d'adsorber les éléments submicroscopiques indésirables, comme les polluants, les produits toxiques, les produits responsables du mauvais goût de l'eau, etc. Le charbon actif se présente sous forme de petits grains sur lesquels restent fixés ces éléments ; c'est pourquoi on parle d'adsorption.

Ainsi, l'eau est potable ! Du moins, c'est la conclusion à laquelle on arrive après avoir réalisé la vérification des 63 paramètres de qualité sur des échantillons prélevés en fin de traitement.

On ajoute alors à l'eau potable une petite quantité d'eau de Javel, désinfectant, qui évitera une éventuelle contamination de l'eau au cours de son transport dans les canalisations.



L'épuration des eaux usées (séquence 4)

Principe de l'épuration des eaux usées

Le traitement réalisé dans les stations d'épuration a pour but de limiter la pollution qu'entraînerait le rejet immédiat des eaux usées dans les eaux naturelles.

Les techniques employées dans les différentes stations sont basées sur un processus biologique de dégradation de la pollution organique, fortement inspiré de l'auto-épuration des eaux naturelles. Un pré-traitement, dit de « dégrossissage », élimine les déchets volumineux, le sable, les huiles ; les eaux usées traversent des grilles, puis décantent selon des procédés très voisins de ceux du traitement de production d'eau potable.

Un traitement physico-chimique permet ensuite l'élimination des matières en suspension et de la pollution phosphorée. L'ajout de réactifs chimiques induit la précipitation des phosphates et l'agglomération des particules en suspension qui se déposent en boues.

La suite du traitement se réalise alors selon deux filières : d'une part, le traitement des eaux, d'autre part, celui des boues.

1 - Le traitement des eaux

Les eaux poursuivent leur traitement selon des principes biologiques : elles circulent à travers des supports appelés « biofiltres » sur lesquels sont fixées des bactéries spécifiques non pathogènes, qui vont réaliser l'élimination des différentes pollutions. Un apport d'oxygène est constant pour permettre la vie et la multiplication des bactéries.

Pour éviter leur colmatage, les biofiltres sont régulièrement lavés à haut débit d'eau et d'air. Les eaux de lavage contiennent des matières en suspension et des bactéries en excès. Elles sont envoyées dans des bassins, les flottateurs, qui permettent de les concentrer dans une écume qui constitue les boues épaissies. Ces boues sont réintroduites dans la filière du traitement des boues. L'eau « presque propre » est ensuite rejetée dans la nature, généralement dans un cours d'eau.

2 - Le traitement des boues

Les boues issues du traitement physico-chimique, ainsi que celles sortant des flottateurs, subissent un processus de fermentation durant lequel elles sont en partie digérées par des bactéries en anaérobiose (sans oxygène) ou sont directement déshydratées sur des centrifugeuses qui permettent de diviser leur volume par 10. Elles sont ensuite soit valorisées pour une utilisation agricole, soit incinérées dans des fours associés à un traitement des fumées.



Remarque

Un réseau de canalisations conduit l'air de toute l'usine vers un bâtiment de désodorisation.

Quelques ouvrages...



- PASQUES P. (rédaction), *Zoom sur l'eau*, Hachette jeunesse, « Zoom sur », Paris, 2003.
- DE PANAFIEU J.-B., *Planète eau douce*, Gallimard Jeunesse, Paris, 2003.
- MICHEL F., *L'eau à petits pas*, Actes Sud Junior, « À petits pas », Arles, 2003.
- GOURIER J., *L'eau, Milan*, « Carnets de nature », Paris, 2002.
- HUBERT P., MARIN M., *Quelle eau boirons-nous demain ?*, Hachette, « Phare », Paris, 2001.

■ Site Internet du Centre d'information sur l'eau : www.cieau.com

L'air, l'atmosphère et la pollution



• *Activité*

*Extrait de la nouvelle « La tour Eiffel »
de Dino Buzzati*

**Découvrir et étudier l'air,
pour sensibiliser les enfants à une prévention de la pollution atmosphérique.**

Extrait de la nouvelle **La tour Eiffel** Dino Buzzati



Les quatre gigantesques pieds une fois solidement rivés en terre, la charpente de fer s'éleva pourtant à vue d'œil. Au-delà de l'enclos, autour du vaste chantier, la foule stationnait jour et nuit pour nous contempler tandis que nous joutions là-haut, minuscules insectes suspendus à notre toile d'araignée.

Les arches du piédestal furent solidement soudées, les quatre colonnes vertébrales se dressèrent presque à pic et puis se fendirent pour n'en former qu'une seule qui s'amincissait au fur et à mesure qu'elle s'élevait. Le huitième mois, on arriva à la cote 100 et un banquet fut offert à tout le personnel dans une auberge des bords de la Seine.

Je n'entendais plus de paroles de découragement. Un étrange enthousiasme au contraire s'était emparé des ouvriers, des chefs d'équipe, des techniciens, des ingénieurs, comme si on avait été à la veille d'un événement extraordinaire. Un matin, c'étaient les premiers jours d'octobre, nous nous trouvâmes plongés dans le brouillard.

On pensa qu'une couche de nuages bas stagnait sur Paris, mais ce n'était pas ça. Tout autour l'air était serein. « Hé ! vise un peu ce tube-là », me dit Claude Gallumet, le plus petit et le plus débrouillard de mon équipe qui était devenu mon ami. D'un gros tube de caoutchouc fixé à la charpente de fer sortait de la fumée blanchâtre. Il y en avait quatre, un à chaque coin de la tour. Il en sortait une fumée dense qui peu à peu formait un nuage qui ne montait ni descendait, et sous ce grand parasol d'ouate, nous, nous continuions à travailler. Mais pourquoi ? A cause du secret ?

Un autre banquet nous fut offert par les constructeurs quand on arriva à la cote 200, et même les journaux en parlèrent. Mais autour du chantier la foule ne stationnait plus, ce ridicule chapeau de brouillard nous cachait complètement à leurs regards. Et les journaux louaient l'artifice : cette condensation de vapeurs - expliquaient-ils - empêchait les ouvriers travaillant sur les structures aériennes de remarquer l'abîme qui était au-dessous d'eux ; et cela leur évitait d'avoir le vertige. Grosse sottise : tout d'abord parce que nous étions désormais parfaitement entraînés au vide ; et même en cas de vertige, il ne nous serait pas arrivé malheur car chacun de nous portait une solide ceinture de cuir qui était rattachée, au fur et à mesure, par une corde, aux charpentes environnantes.

250, 280, 300... deux ans avaient passé. Etions-nous à la fin de notre aventure ? Un soir on nous réunit sous la grande voûte en croix de la base et l'ingénieur Eiffel nous parla. Notre engagement - dit-il - touchait à sa fin, nous avons donné des preuves de ténacité, de bravoure, de courage et l'entreprise nous remettait une prime spéciale. Celui qui le désirait pouvait partir. Mais lui, l'ingénieur Eiffel, espérait qu'il se trouverait des volontaires disposés à continuer. Continuer quoi ? L'ingénieur ne pouvait pas nous l'expliquer, qu'on lui fasse seulement confiance, cela en valait la peine.

Comme beaucoup d'autres, je restai. Et ce fut une sorte de folle conjuration qu'aucun étranger ne soupçonna parce que chacun de nous resta plus que jamais fidèle au secret.

Et c'est ainsi qu'à la cote 300, au lieu d'ébaucher la charpente de la coupole terminale, on dressa de nouvelles poutres d'acier les unes au-dessus des autres en direction du zénith. Barre sur barre, fer sur fer, poutrelle sur poutrelle, et des boulons et des coups de marteau, le nuage tout entier en résonnait comme une caisse harmonique. Nous autres, nous étions au septième ciel.

Jusqu'au moment où, à force de monter, nous émergeâmes de la masse du nuage qui resta au-dessous de nous, et les gens de Paris continuaient à ne pas nous voir à cause de ce bouclier de vapeurs, mais en réalité nous planions dans l'air pur et limpide des sommets. Et certains matins venteux, nous apercevions au loin les Alpes couvertes de neige.



Approche de l'atmosphère par un extrait de « La tour Eiffel »

MATERIEL ET PRODUITS



- Illustration de la tour Eiffel (carte postale par exemple).
- Photocopies de l'extrait de « La tour Eiffel ».
- Dictionnaire(s) de la langue française.

OBJECTIFS >>

- > Introduire le thème de l'air par la découverte de l'atmosphère.
- > Comprendre la composition d'un nuage à partir de sa formation.

DÉROULEMENT >>

DURÉE : 1h à 1h30

1 Présentation et lecture de l'extrait de « La tour Eiffel »

- Introduire le texte auprès des élèves en précisant le contexte de l'extrait :
 - donner quelques informations sur la tour Eiffel et sa construction, à partir de son illustration ;
 - présenter succinctement la nouvelle et son auteur, situer le contexte de l'extrait. *C'est une fiction sur la construction de la tour Eiffel racontée par un ouvrier imaginaire. (voir ressources)*
- Distribuer à chacun des élèves une photocopie de l'extrait. Lire jusqu'à « À cause du secret ? ».
- Expliquer le texte. Au besoin, faire rechercher les mots difficiles dans le dictionnaire.

2 Distinction entre « fumée » et « vapeur »

- Faire relire le dernier paragraphe et demander aux élèves :
 - qu'est-ce qui sort des tubes ? « une fumée blanchâtre », « une fumée dense qui peu à peu formait un nuage... »
 - d'où peut provenir cette « fumée » ? Comment peut-elle être produite ? (voir ressources)
- Définir le terme « fumée » dans le langage courant.
- Élargir le champ de la définition au nuage : un nuage est-il une fumée ? Comment se forme-t-il ?
- Mettre en évidence les différences entre les définitions scientifiques de « vapeur » et « fumée ». (voir ressources)
- Demander aux élèves d'imaginer deux procédés simples : l'un pour produire de la fumée, l'autre de la vapeur.
- Éventuellement, concevoir les deux protocoles expérimentaux correspondant et, si les conditions de sécurité le permettent, réaliser les deux expériences.

3 Réflexion autour de la formation des nuages

- Déterminer de façon collective, le mécanisme de formation des nuages.
- Mettre en évidence la nécessité d'un abaissement de la température de l'air à mesure que l'on s'éloigne du sol. (voir ressources)
- Poursuivre la lecture de l'extrait de la nouvelle « La tour Eiffel » jusqu'à « ... aux charpentes environnantes ». S'assurer de la compréhension du texte auprès des élèves. Au besoin, l'expliquer.
- S'arrêter sur les termes « condensation de vapeurs » et évaluer leur compréhension par les élèves.
- Conclure que la « fumée blanchâtre » semble constituée de fines gouttelettes d'eau, comme un nuage.



ÉVALUATION DE LA SÉQUENCE >>

Demander aux élèves d'imaginer le dispositif expérimental employé pour former la « fumée blanchâtre » à la sortie des tuyaux. Leur faire représenter la scène de la construction de la tour Eiffel avec le nuage artificiel.

SUGGESTIONS DE PROLONGEMENTS >>

- Les états de la matière. Les changements d'état de l'eau.
- Montage d'un dispositif expérimental pour expliquer la formation des nuages.
- Les différents nuages. Notions de météorologie.
- Le cycle naturel de l'eau.

L'atmosphère et ses couches principales

MATÉRIEL ET PRODUITS



- Photocopies de l'extrait de « La tour Eiffel ».
- Thermomètre.

OBJECTIFS >>

- > Définir l'atmosphère et ses couches principales.
- > Définir le gradient naturel de température de l'air.

DÉROULEMENT >>

DURÉE : 1h30 à 2h

1 Définir l'atmosphère et ses couches principales

- Acheter la lecture de l'extrait. S'assurer de la compréhension du texte auprès des élèves. Au besoin, l'expliquer.
- Tracer au tableau un axe vertical pour représenter l'altitude. Définir le mot « altitude ». Grader l'axe de 0 à 20 000 en précisant son nom et l'unité (m).
- Placer l'altitude de Paris : 25 m au niveau de la Seine. Tracer une ligne horizontale.
- Demander aux élèves de calculer l'altitude de la cote « 300 » citée dans le texte. 325 m.
- Représenter la tour Eiffel sur la ligne horizontale en respectant l'échelle choisie.
- Proposer aux élèves de suivre l'élévation de la tour à mesure de la relecture des derniers paragraphes. Noter le repère « Alpes » par l'altitude du Mont Blanc (4 808 m).
- Poursuivre le voyage d'éloignement de la terre. Noter l'altitude de l'Everest (8 848 m).
- À 12 000 m, tracer une ligne pour délimiter la « troposphère ». La définir. (voir ressources)
- Au-dessus, définir la « stratosphère ». (voir ressources)
- Définir ainsi l'atmosphère en évoquant l'existence de couches supérieures jusqu'à environ 500 km de la Terre.
- Faire reproduire sur papier ce schéma des couches de l'atmosphère par chacun des élèves. Prendre soin de donner son titre, de nommer l'axe de l'altitude et de préciser l'unité employée.

2 Présentation du gradient naturel de température de l'air

- Poser les questions suivantes : pouvez-vous me rappeler comment les nuages se forment-ils ?
- Pourquoi l'eau se condense-t-elle à une certaine altitude ?
- Présenter le gradient naturel de température : à mesure que l'on s'éloigne du sol, la température de l'air s'abaisse d'environ 7 °C par kilomètre. Faire remarquer que ce gradient n'existe que dans la troposphère.
- Reprendre le schéma élaboré précédemment et y placer l'altitude de la commune de l'école.

3 Calcul et représentation du gradient naturel de température

- Tracer un nouvel axe vertical pour représenter la température. Prendre soin d'inscrire son nom ainsi que l'unité de température. « Température en °C » (degré Celsius).
- Mettre en évidence la différence logique entre les échelles d'altitude et de température : à 100 m d'altitude, la température ne peut pas être 100 °C !
- Demander aux élèves de trouver la valeur de température à noter au niveau de l'altitude de la commune de l'école. Les laisser réfléchir, discuter pour comprendre qu'il est nécessaire de mesurer la température extérieure à l'aide d'un thermomètre. Faire effectuer la mesure, noter son heure.
- Demander aux élèves de façon collective de calculer la température théorique de l'air à 1 km au-dessus de leur tête, puis à 2 km, puis à 3 km. Reporter les valeurs calculées sur le schéma du tableau.
- Laisser les élèves continuer les calculs jusqu'à la limite entre la troposphère et la stratosphère.
- Leur faire compléter leur schéma respectif en prenant soin d'annoter le lieu, la date et l'heure de ce gradient.

ÉVALUATION DE LA SÉQUENCE >>

Faire calculer la température de l'air traversé par un avion à 9000 m d'altitude survolant Paris (altitude au niveau de la Seine : 25 m) un matin où l'on mesure au thermomètre 14 °C.

SUGGESTIONS DE PROLONGEMENTS >>

La mesure de température, l'utilisation d'un thermomètre. Visite de la tour Eiffel.



L'air et la notion de pollution

MATÉRIEL ET PRODUITS



- Photocopies de l'extrait de « La tour Eiffel ».
- Dictionnaire(s) de la langue française.
- Photocopie de la définition légale de la pollution de l'air.

OBJECTIFS >>

- > Présenter l'air, ses caractéristiques, son rôle, sa composition.
- > Introduire la notion de pollution de l'air.

DÉROULEMENT >>

DURÉE : 2h à 2h30

1 Mise en évidence de l'air

- Introduire la séquence par un rappel du contenu de l'extrait.
- En évaluation de la séquence précédente, demander aux élèves dans quelle couche de l'atmosphère les ouvriers se situent-ils durant la construction ? *Les ouvriers se situent dans la troposphère.* Leur faire remarquer qu'ils ne peuvent pas être très haut dans la troposphère. Sinon, ils auraient travaillé dans des conditions extrêmes, notamment en terme de température... Rappeler au besoin la notion de gradient naturel de température.
- Relire le dernier paragraphe et s'arrêter sur la proposition « *mais en réalité, nous planions dans l'air pur et limpide des sommets* ». Demander aux élèves ce que signifie « l'air pur et limpide ». Au besoin, chercher la définition de « limpide » dans le dictionnaire. *Limpide : clair et transparent.*
- Questionner les élèves sur l'air : qu'est-ce que l'air ? Comment est-il ? À quoi sert-il ? Où le trouve-t-on ?
- Définir collectivement les caractéristiques de l'air, si possible en réalisant quelques expériences pour le matérialiser. Au besoin, faire un rappel préalable sur l'état gazeux. (*voir ressources*)
- Expliquer le rôle essentiel de l'air en exposant le mécanisme de la respiration. (*voir ressources*)
- En déduire qu'il est présent partout où il y a de la vie et donc dans toute une partie de la troposphère.

2 Etude de la composition de l'air et introduction à la notion de pollution

- Reprendre l'expression « l'air pur » et demander aux enfants ce qu'elle signifie.
- En arriver progressivement à la composition chimique de l'air. (*voir ressources*)
- Faire alors réagir les élèves en leur demandant : l'air n'est-il pas toujours pur ?
- Laisser les élèves citer des situations dans lesquelles l'air n'est pas « pur ». Les noter pour les exploiter ultérieurement.
- Demander aux élèves les conséquences de ces situations sur la composition chimique de l'air.
- Étendre le débat sur les conséquences de ces situations sur notre santé.
- Parvenir à parler de « pollution » et de « substances polluantes ».

3 Définition de la pollution de l'air

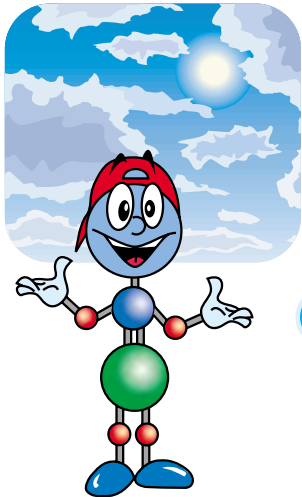
- Donner la définition légale de la pollution atmosphérique (éventuellement la distribuer à chacun).
- La lire collectivement et l'expliquer mot à mot. Au besoin, la formuler plus simplement, dans le langage des enfants.
- Reprendre les situations citées par les élèves précédemment. Les étudier et déduire si, au sens de la définition légale, elles sont sources de pollution.
- Compléter éventuellement par d'autres exemples, notamment de pollution intérieure comme la poussière, les fumées de cuisine,...

ÉVALUATION DE LA SÉQUENCE >>

Demander aux élèves si les éléments suivants constituent des sources de pollution de l'air au sens de la définition légale : émanations d'un volcan, musique, fumée de cigarette, graffitis.

SUGGESTIONS DE PROLONGEMENTS >>

Etude de la respiration. Etude de la photosynthèse.



La pollution atmosphérique, ses sources et la prévention

MATERIEL ET PRODUITS



- Schémas des couches de l'atmosphère.
- De quoi réaliser des affiches (feuilles grand format, feutres, etc).

OBJECTIFS >>

- > Introduire la notion de pollution atmosphérique.
- > Exposer le phénomène d'inversion de température.
- > Définir les sources de pollution atmosphérique.

DÉROULEMENT >>

DURÉE : 1h30 à 2h

1 Présentation de la pollution atmosphérique

- Reprendre le schéma des couches de l'atmosphère.
- Mettre en évidence que l'air chaud est plus léger que l'air froid, et que chauffé par le rayonnement de la Terre, il va monter transportant alors toute pollution dans les couches plus élevées de la troposphère. On arrive progressivement à une pollution atmosphérique.
- Faire remarquer que la météorologie peut jouer en faveur de la dispersion des polluants, notamment s'il y a du vent.
- Présenter l'inversion de température, phénomène naturel qui aggrave la pollution. *Les polluants se concentrent dans les masses d'air froid restées bloquées au sol.*
- Préciser que ce phénomène est souvent l'origine des pics de pollution dans les zones à forte densité de sources de pollution.

2 Présentation des sources de pollution atmosphérique

- À partir des situations citées lors de la séquence précédente, établir une classification des sources de pollution en « sources fixes » et « sources mobiles ».
- Prendre l'exemple de l'automobile et demander aux élèves pourquoi constitue-t-elle une source de pollution atmosphérique.
- Rappeler le fonctionnement d'une automobile et exposer brièvement le principe de combustion d'un carburant comme force motrice. (*voir ressources*)
- Attirer l'attention des élèves sur le fait que plus une automobile roule, plus elle roule vite, plus elle est lourde, plus elle consomme du carburant et plus elle rejette des produits d'échappements.
- Citer les noms des substances polluantes pouvant être émises par une automobile. (*voir ressources*)

3 Elaboration de moyens pour réduire la pollution atmosphérique

- Laisser les élèves réfléchir par groupe de 4 ou 5 à des solutions pour limiter la pollution atmosphérique, notamment celle liée à la circulation automobile.
- Mettre en commun les réflexions.
 - Proposer de trouver des solutions sur les quatre thèmes d'actions suivants :
 - changer les comportements de conduite automobile ;
 - réduire les quantités de produits d'échappements ;
 - limiter la circulation automobile ;
 - modifier les voitures.
 - Demander aux élèves d'illustrer chacun des thèmes de prévention par une ou plusieurs affiches.
 - Préciser le rôle de l'industrie chimique dans ces actions.



ÉVALUATION DE LA SÉQUENCE >>

Faire dessiner une ville en demandant d'y représenter des sources de pollution fixes et mobiles.

SUGGESTIONS DE PROLONGEMENTS >>

Exposition sur l'air à présenter aux parents d'élèves.
Présentation de la notion de développement durable.

La tour Eiffel (séquences 1, 2 et 3)

Dino Buzzati, auteur de *La tour Eiffel*

Dino Buzzati, écrivain et peintre italien, est né en 1906 à Belluno et mort en 1972 à Milan. Après des études de droit, il consacre sa vie à la littérature et à la peinture, dans lesquelles il témoigne de la même inspiration fantastique mêlée au réalisme. Son unique roman, *Le Désert des Tartares*, paru en 1940 et traduit en français en 1949, rencontre un très grand succès. Il écrit également des pièces de théâtre, parmi lesquelles *Un cas intéressant*, jouée à Paris en 1956 selon une adaptation d'Albert Camus. Le *K* est un recueil de 50 nouvelles dont *La tour Eiffel*. Il a été publié en 1966.

La tour Eiffel, Le K, 1966

La nouvelle *La tour Eiffel* est le récit fictif de la construction du célèbre monument parisien. Le narrateur emprunté par Dino Buzzati est un ouvrier imaginaire.

André Lejeune, ouvrier mécanicien aux ateliers Rungis, reçoit une proposition de l'ingénieur Gustave Eiffel pour participer à la construction d'une tour la plus haute du monde, plus haute encore - et tel est le secret - que les 300 mètres convenus avec le gouvernement... Il s'engage à tenir la promesse de ne parler à personne du travail entrepris et signe le contrat qui triple son ancien salaire.

La construction de la tour commence. Un matin, les ouvriers se trouvent plongés dans le brouillard. Une épaisse fumée blanche sort de quatre tubes de caoutchouc fixés à la charpente. Tenus par le secret, ils poursuivent leur travail dans ce nuage artificiel.

Après deux ans passés, la cote 300 est atteinte. Eiffel rassemble les ouvriers et propose aux volontaires de poursuivre l'élévation de la tour. André Lejeune accepte. Les montées et descentes sont devenues tellement longues qu'il est décidé d'installer des baraquements en haut du chantier pour y faire vivre le personnel.

Mais un jour, les ouvriers comprennent que la tour ne se terminera pas, qu'elle est vouée à s'élever à jamais, que l'ingénieur Eiffel les a destinés à devenir des héros. Ils comprennent également que le gouvernement ne devra pas tarder à s'en apercevoir...

En effet, peu de temps plus tard, ils entendent des bruits de fusillades sous le nuage. Ils descendent et se rendent aux forces de police. Quelqu'un avait trahi le secret. C'est ainsi que la flèche fût amputée à 300 m et affublée d'un horrible chapeau que l'on peut encore voir aujourd'hui...

La tour Eiffel et sa vraie construction !

La tour Eiffel, monument métallique, a été érigée par l'ingénieur Gustave Eiffel sur le Champ-de-Mars, à Paris, pour l'exposition universelle de 1889. Sa hauteur est de 324 m hors tout, 300 m à l'origine.

La construction a débuté en janvier 1887 pour se terminer le 31 mars 1889. Cinq mois ont été nécessaires aux fondations, vingt-et-un mois à la réalisation du montage de la partie métallique. Les quatre piles de la tour reposent sur des fondations en béton installées à quelques mètres sous terre.

18 000 pièces constituent la partie métallique. Elles ont été préparées et assemblées par élément d'environ 5 m dans les ateliers de l'entreprise Eiffel à Levallois-Perret. Toutes ont été fixées par des rivets, chacun posé à chaud par une équipe de 4 hommes. Des échafaudages en bois et de petites grues à vapeur fixées sur la tour elle-même en ont permis le montage. 150 à 300 ouvriers ont travaillé en permanence sur le site.

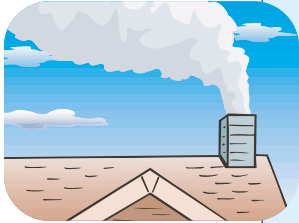
Prouesse technique pour l'époque, cinq ascenseurs ont été installés dès l'origine par 3 entreprises différentes : deux reliant le rez-de-chaussée au premier étage dans les piliers est et ouest, deux reliant directement le deuxième étage dans les piliers nord et sud, et un vertical atteignant le sommet.



Fumée et vapeur (séquence 1)

Fumée et vapeur : définitions et distinction

Les termes « fumée » et « vapeur » prêtent souvent à confusion. Dans le langage courant, ils sont le plus généralement employés pour désigner un amas visible mais impalpable en suspension dans l'air : on voit de la fumée sortir d'une cheminée d'usine et de la vapeur d'une casserole d'eau bouillante. Les définitions scientifiques apportent précision.



- La **fumée** résulte d'une combustion avec dégagement de chaleur. La combustion est la combinaison d'un corps avec du dioxygène. Elle est dite « complète » lorsqu'elle aboutit à la formation unique de deux gaz, le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau. Elle est dite « incomplète » lorsque, en plus de ces deux gaz, d'autres substances sont libérées. La fumée est donc constituée inévitablement de dioxyde de carbone et de vapeur d'eau et, généralement, de gaz divers, de fines gouttelettes liquides et de minuscules particules solides. Ces dernières diffusent la lumière et confèrent ainsi à la fumée un aspect visible bien qu'impalpable.



- La **vapeur** est le nom donné à l'état gazeux d'un corps. Elle est obtenue par changement d'état de ce corps - vaporisation si celui-ci est liquide, sublimation s'il est solide - dans des conditions de température et de pression définies. Elle est toujours impalpable et le plus souvent invisible, comme la vapeur d'eau connue de tous. L'évaporation correspond à une vaporisation lente d'une substance liquide (ou à une sublimation lente d'une substance solide). Elle se produit constamment en surface du liquide par équilibre entre les phases liquide et gazeuse. Ainsi, de l'eau s'évapore des mers comme des glaces, bien que celles-ci ne soient pas portées à ébullition ! De même, l'alcool pharmaceutique dégage à température ambiante une vapeur à l'odeur caractéristique.

Il peut être intéressant d'étudier les termes employés par D. Buzzati dans l'extrait de *La tour Eiffel*. Les ouvriers voient « une fumée dense qui peu à peu formait un nuage ». Ne connaissant pas son origine - combustion ou changement d'état - l'ouvrier narrateur qualifie la masse blanchâtre de « fumée » et ce, à juste titre, puisqu'elle est visible. Notons que le terme générique « nuage » signifie tout ce qui forme une masse légère et en suspension ; on peut donc parler de « nuage de fumée ».

Les expressions qui suivent - « ce ridicule chapeau de brouillard », « cette condensation de vapeurs », « ce boucliers de vapeurs » - incitent à penser que cette « fumée » ne résulte pas d'une combustion, mais d'un changement d'état de l'eau, comme lors de la formation d'un nuage au sens météorologique.

Cependant, le pluriel employé pour « vapeurs » ne confirme en rien cette hypothèse. Si la fumée résulte d'une formation similaire à celle des nuages en météorologie, elle serait constituée uniquement d'eau, et « vapeur » devrait être employée au singulier. Mais alors, si cette fumée blanchâtre provient d'une combustion, qu'en serait-il de la santé des ouvriers qui la respirent ? Une bonne introduction à la pollution de l'air...

Comment obtenir de la fumée et de la vapeur ?

- Pour obtenir de la fumée, une combustion est nécessaire. Pour qu'elle soit visible, il faut qu'elle libère des gouttelettes liquides et /ou des particules solides de taille suffisamment importante pour permettre la réflexion de la lumière : craquer une allumette, brûler du papier, fumer une cigarette, ...

- Pour obtenir de la vapeur, une vaporisation est nécessaire (ou une sublimation pour les solides). Selon la substance, elle peut se réaliser d'elle-même à température ambiante par évaporation, mais ne concerne alors que le liquide en surface. C'est le cas des solvants comme l'eau, l'éthanol, l'acétone, etc. Marquer le niveau du liquide placé dans un récipient et constater son abaissement après quelques temps.

Si l'on souhaite accélérer la vaporisation du liquide, il faut élever sa température. Par exemple, chauffer de l'eau dans un récipient adapté. L'évaporation s'intensifie avec le chauffage jusqu'à parvenir à l'ébullition où la vaporisation s'effectue en tout point du liquide. Des bulles de vapeur d'eau se forment dans le récipient. Le niveau du liquide s'abaisse alors rapidement. Notons que la traînée blanche que l'on observe au-dessus du récipient n'est pas de la vapeur d'eau. Elle est constituée de fines gouttelettes d'eau liquide. La vapeur d'eau produite en chauffant l'eau s'est élevée au-dessus du récipient et une partie s'est condensée au contact d'un air plus froid ; c'est cette dernière que l'on voit.

Nuages et gradient de température dans l'atmosphère (séquences 1 et 2)

Les nuages

Les nuages sont un ensemble de minuscules gouttelettes d'eau ou de cristaux de glaces en suspension dans l'air. Ils résultent de l'évaporation de l'eau, principalement des mers et des océans qui couvrent 71 % de la surface de la Terre.

On distingue trois principaux groupes de nuages en fonction de leur altitude : les nuages bas (altitude inférieure à 2 000 m), les nuages moyens (altitude comprise entre 2 000 et 5 000 m) et les nuages élevés (altitude supérieure à 5 000 m).

La combinaison de cinq termes latins suffit à les nommer : nimbus signifie nuage de pluie, cumulus, nuage en forme d'amas, stratus, en forme de strate, cirrus, en forme de filament, et le préfixe alto précise leur altitude élevée.

Les nuages bas sont les stratus, les nimbostratus, les cumulus, les strato-cumulus. Les altostratus et les altocumulus caractérisent la moyenne altitude et les cirrus, cirrocumulus, cirrostratus, l'altitude élevée. Les nimbo-cumulus, gros nuages d'orage, se répartissent dans toute la troposphère.

La température de l'air dans l'atmosphère, notion de gradient

Notre planète restitue une partie de la chaleur qu'elle reçoit du soleil, si bien que l'air en basse altitude est plus chaud que celui en altitude plus élevée. Le phénomène se constate aisément en montagne : à mesure que l'on grimpe, il fait de plus en plus froid !

Par ailleurs, l'air chaud étant plus léger que l'air froid, il se crée des mouvements d'air ascendants et descendants à l'origine des vents.

Jusqu'à peu près 12 000 m d'altitude (limite de la troposphère), on constate ainsi que la température de l'air décroît avec l'altitude d'environ 7 °C par kilomètre.

Au-dessus, ce gradient naturel est inversé, car la couche d'ozone située à une quarantaine de kilomètres de la Terre, provoque le réchauffement de l'air en arrêtant les rayonnements ultraviolets.

La formation des nuages

La formation des nuages est étroitement liée au gradient naturel de température de l'air.

Grâce au réchauffement induit par le soleil, l'eau s'évapore à la surface de notre planète. Elle passe d'un état liquide (lacs, mers, océans, ...) ou d'un état solide (banquise, glaciers, calottes glaciaires, ...) à un état gazeux appelé « vapeur d'eau ».

La vapeur d'eau charge l'air environnant. Elle est invisible, mais on peut en mesurer la quantité à l'aide d'un hygromètre ou d'un psychromètre et définir ainsi l'humidité de l'air.

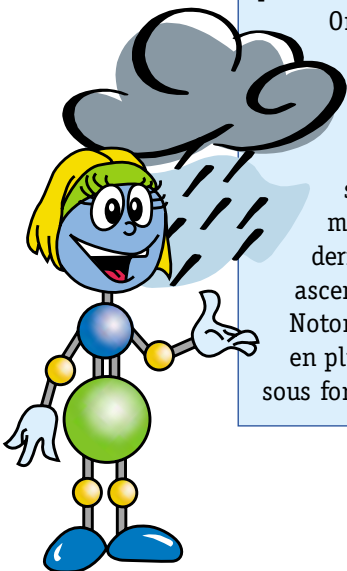
À une température donnée, l'humidité de l'air ne peut pas dépasser un certain seuil appelé « seuil de saturation ». En d'autres termes, la quantité de vapeur d'eau dans un volume d'air ne peut pas augmenter. Si le seuil de saturation est atteint, la vapeur d'eau se « condense », c'est-à-dire qu'elle passe de l'état gazeux à l'état liquide ou solide.

Or, le seuil de saturation diminue lorsque la température de l'air s'abaisse. On comprend alors le rôle du gradient naturel de température de l'air dans la formation des nuages.

L'air chargé de vapeur d'eau est chauffé par la Terre qui restitue la chaleur reçue du soleil.

Plus léger, il s'élève en altitude et rencontre des masses d'air plus froid. À leur contact, le seuil de saturation s'abaisse jusqu'à provoquer la condensation de la vapeur d'eau en minuscules gouttelettes d'eau (ou en cristaux de glaces sous la température de 0 °C). Ces dernières tendent à tomber, mais la résistance à l'air lors de leur chute et les mouvements d'air ascendants permettent de les maintenir en suspension, formant ainsi un nuage.

Notons que, si la condensation devient intense, les gouttelettes et les cristaux deviennent de plus en plus gros donc de plus en plus lourds. Leur suspension n'est alors plus possible et ils précipitent sous forme de pluie, de neige ou de grêle. En météorologie, on parle ainsi de précipitations.



L'atmosphère et ses couches principales (séquence 2)

L'atmosphère, ses couches principales

L'**atmosphère terrestre** est une couche de gaz d'environ 500 km d'épaisseur qui enveloppe notre planète. Bien que très fine par rapport au diamètre de la Terre (6 730 km), elle la protège des particules cosmiques circulant à toute vitesse dans l'espace, et qui, sans son existence, pourraient venir s'y écraser.

Elle s'est formée, il y a environ 3,5 milliards d'années, à partir des gaz exhalés par le magma qui constituait la Terre, et a largement contribué à l'apparition de la vie, permettant par la rencontre des différentes substances qui la composait, l'élaboration progressive de molécules de plus en plus complexes. L'atmosphère comporte plusieurs couches. En partant du sol, on trouve la troposphère, la stratosphère, la mésosphère, la thermosphère et enfin la magnétosphère. 99 % de la masse de l'atmosphère est concentrée dans les 50 premiers kilomètres.

La **troposphère** est située entre la surface de la Terre et 10 à 15 km d'altitude. Elle comprend la majorité de l'air et de la vapeur d'eau qui compose l'atmosphère globale et est ainsi le sein du développement de la vie. Elle est également le lieu de formation des nuages et des vents.

La **stratosphère** est située au-delà, jusqu'à environ 50 km de la surface de la Terre. Son activité est beaucoup plus calme que la troposphère. Elle comprend dans sa partie supérieure la couche d'ozone qui arrête une grande partie des rayonnements ultraviolets dangereux pour la vie.

Pour information, précisons que, sous certaines latitudes et à certaines saisons, cette couche a été détruite créant le fameux « trou d'ozone ». Les recherches scientifiques ont montré qu'une des causes a été l'utilisation de composés chlorofluorocarbonés (ou CFC) dans les circuits de refroidissement et comme gaz propulseur dans des bombes aérosol. Aussi, depuis 1996, ces composés ont été substitués.

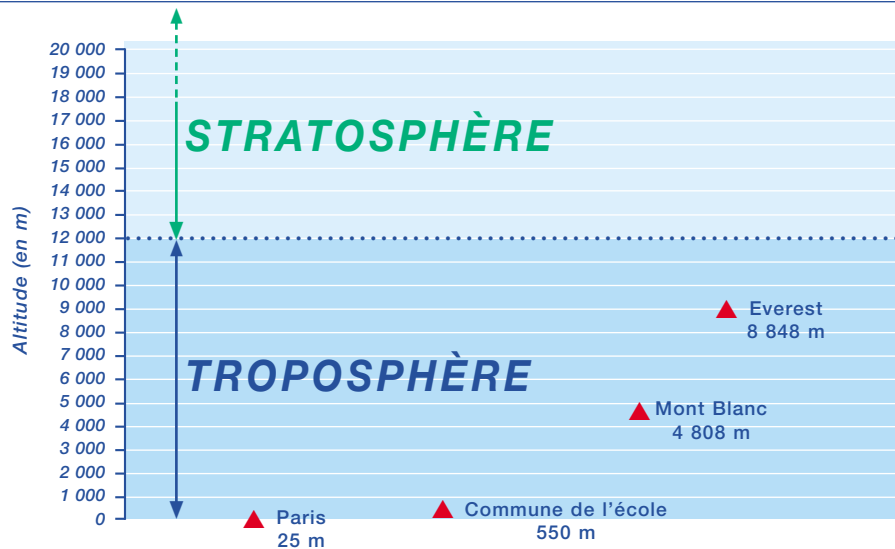


Définition

L'**altitude** correspond à l'élévation verticale d'un point au-dessus du niveau moyen des mers, qualifié d'altitude « zéro ». C'est une distance, elle se mesure en mètres (m) ou en kilomètres (km).

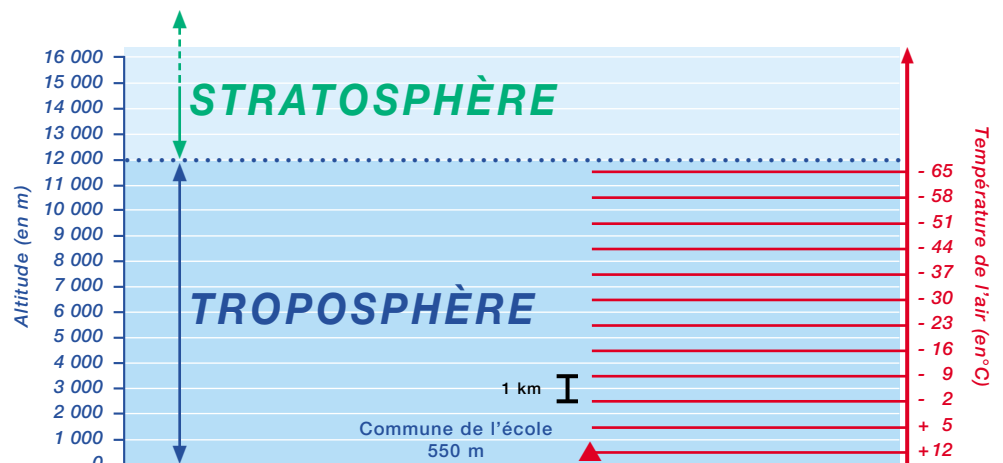
Schéma

L'atmosphère et ses couches principales : la troposphère et la stratosphère



Schéma

Le gradient de température de l'air dans la troposphère au-dessus d'une commune située à 550 m, le 19 octobre 2003 à 14h30



L'air (séquence 3)



Remarque

L'eau est la substance idéale pour permettre de matérialiser l'état gazeux, car ses changements d'état s'observent dans des conditions aisément reproductibles dans une classe. La vaporisation de l'eau conduit à la formation d'un gaz, la vapeur d'eau, invisible et inodore. Son origine - l'eau liquide - et son éventuelle condensation sur les vitres froides de la salle de classe, prouvent à l'enfant son existence. Notons qu'à une température voisine de $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$, l'air devient également liquide.

Les caractéristiques et la composition chimique de l'air

L'air « pur » est un mélange de gaz **inodores** et **incolores**, principalement le diazote (N_2) et le dioxygène (O_2). Les gaz se caractérisent par le fait qu'ils sont **impalpables** et qu'ils occupent tout l'espace qu'on leur offre.

L'enfant ne peut donc ni toucher l'air, ni le voir, ni le sentir, ni même l'entendre ou le goûter... Aussi, si aucun de ses cinq sens ne permet de le percevoir, il a vite tendance à dire qu'il n'existe pas !

Pourtant, il ignore rarement qu'il le respire, il sait utiliser la force de ses déplacements (éventail, sarbacane, cerf-volant,...), il connaît sa capacité à transporter les substances (parfum, mauvaises odeurs, eau, pollen,...) et les sons (musique, écho). Autant de bases sur lesquelles il faut s'appuyer pour approcher cet élément abstrait.

Composition chimique de l'air	
Diazote (N_2)	78,10 %
Dioxygène (O_2)	20,90 %
Argon (Ar)	0,90 %
Dioxyde de carbone (CO_2)	0,03 %
Autres gaz, dits rares	0,07 %
Total	100,00 %

Le rôle de l'air dans la vie

L'air est présent dans toute l'atmosphère, mais il se concentre essentiellement dans la troposphère.

Il joue un rôle essentiel dans la vie en permettant la respiration des êtres vivants, c'est-à-dire l'échange gazeux qui fournit aux organismes le dioxygène nécessaire au fonctionnement des cellules et les débarrasse du dioxyde de carbone qu'ils produisent.

Chez l'Homme, à l'inspiration, l'air pénètre dans l'organisme par le nez ou la bouche et rejoint les poumons par la trachée. Là, au niveau des alvéoles pulmonaires, un échange gazeux s'effectue à travers une membrane très fine en contact avec des capillaires sanguins. Du dioxygène diffuse dans le sang. Il est ensuite transporté à travers tout le corps par le système sanguin, jusqu'à chacune des cellules. Ces dernières l'utilisent comme énergie pour leur fonctionnement et rejettent du dioxyde de carbone qui est conduit, de nouveau grâce au sang, jusqu'aux alvéoles pulmonaires au niveau desquelles il diffuse dans l'air.

Notons que, contrairement aux autres éléments essentiels à la vie, comme l'eau par exemple, le dioxygène ne peut être stocké dans l'organisme. Afin d'assurer nos besoins, il est donc nécessaire d'inspirer et d'expirer 25 000 fois par jour !

	Composition chimique de l'air inspiré	Composition chimique de l'air expiré
Diazote (N_2)	78,10 %	78,10 %
Dioxygène (O_2)	20,90 %	16,50 %
Dioxyde de carbone (CO_2)	0,03 %	4,50 %

Pour satisfaire les besoins énergétiques de nos cellules, il est nécessaire que l'air inspiré contienne un taux suffisant de dioxygène. La réduction de ce taux en haute altitude peut provoquer des troubles graves sur l'organisme surtout lorsque celui-ci est soumis à une activité poussée. C'est pourquoi les alpinistes qui se lancent dans l'ascension des hauts sommets emportent des réserves de dioxygène.

L'air inspiré ne doit également pas ou très peu véhiculer de substances polluantes. Les particules solides risquent d'encombrer les circuits respiratoires (bronches, bronchioles et alvéoles) et gêner la diffusion du dioxygène et du dioxyde de carbone. Les gaz toxiques peuvent altérer les poumons, voire passer dans le sang et générer des troubles plus ou moins importants.

Notons toutefois que notre système respiratoire est doté d'un certain nombre de filtres. Mais une pollution régulière et excessive abuserait de leur efficacité et pourrait engendrer des pathologies chez les sujets exposés.



La pollution de l'air (séquences 3 et 4)

Qu'est-ce que la pollution ?

Quelle qu'elle soit, la pollution est un concept assez abstrait qu'il est difficile de définir. Doit-on l'envisager par ses causes en répertoriant des polluants et en réglementant les émissions ? Mais, qu'est-ce qu'un « polluant » ? Peut-il s'agir d'une substance naturelle ? Pourquoi les nitrates indispensables à la vie sont-ils sources de pollution des eaux ? D'ailleurs, l'homme est-il toujours en mesure de connaître l'origine d'une pollution ?

Peut-être serait-il alors mieux adapté de définir une pollution par ses conséquences, en listant ses effets et en mesurant leur importance ? Mais, comment distinguer les effets ? Sont-ils toujours facilement repérables ? Peut-on attendre les catastrophes pour les connaître ? Comment juger de leur importance ? Doivent-ils être considérés par rapport au milieu naturel ? À la santé de l'Homme ? À son bien vivre ? À l'avenir de la planète ?

La loi sur l'air adoptée le 30 décembre 1996, propose une définition de la pollution de l'air. Cette dernière a été choisie comme base pédagogique dans la séquence 3, parce que c'est elle, notamment, qui permet la réglementation en matière d'émission de polluants et la distinction des sources de pollution. Cependant, comme toute loi, elle reste arbitraire et mérite d'être discutée avec les élèves pour en déceler les limites.

Définition légale de la pollution

Article 2 de la « loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie », dite « loi Lepage » du 30 décembre 1996 :
« Constitue une pollution atmosphérique, l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives. »

Quelques remarques sur la définition :

- La pollution atmosphérique résulte d'une « introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances » ; les causes d'origine naturelle en sont donc exclues, par exemple, les émissions volcaniques.
- La définition englobe la pollution dite « intérieure », puisqu'elle prend en considération « les espaces clos ». Une salle de classe est un espace clos dans lequel l'air est peu brassé. La pollution s'y accumule ; il est important de renouveler l'air en ouvrant les fenêtres durant les récréations, d'autant plus que les élèves et l'enseignant y sont exposés jusqu'à 8 heures dans une journée !
- Les effets cités par la définition ne concernent pas uniquement l'homme, mais également « les ressources biologiques », « les écosystèmes », « les changements climatiques » et « les biens matériels » (bâtiments historiques par exemple).
- Contrairement aux nuisances olfactives, les nuisances sonores et lumineuses sont absentes de la définition. Bien qu'étant propagées par l'air, les ondes ne sont en effet pas des « substances ».

Quelques mots sur la pollution intérieure

La pollution intérieure de l'air ne doit pas être négligée car, pour la plupart d'entre nous, c'est celle à laquelle nous sommes le plus longtemps exposés dans une journée... Du fait d'un « espace clos », pour reprendre les termes de la définition légale, l'air est peu brassé. Il en résulte d'une part, une humidité croissante propice au développement des bactéries et des moisissures, d'autre part, une accumulation de polluants divers.

Les sources de pollution intérieure émettent des polluants variés : matériaux de construction ou d'isolation (amiante, fibres de verre, ...), revêtements (colles, vernis,...), appareils de chauffage et climatisations mal entretenus (particules, ...), animaux (poils, squames,...), poussières dans les moquettes ou tapis (acariens), activités de ménage (produits en bombe aérosol, solvants, ...), bricolage, cuisine, et surtout fumées de tabac. Les hommes constituent aussi une source de pollution en raison du dioxyde de carbone qu'ils expirent, des microbes qu'ils véhiculent, des squames qu'ils déposent, ..., surtout s'ils sont trop nombreux dans un volume donné.

Les substances polluantes et les sources de pollution (séquences 3 et 4)

Les substances polluantes et les sources de pollution

La définition légale de la pollution de l'air permet de qualifier les substances polluantes : ce sont celles qui ont « 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 substances polluantes, également appelées « polluants » sont issues de « sources de pollution ». Par abus de langage, les sources de pollution sont souvent assimilées aux polluants qu'elles émettent. D'ailleurs, lorsqu'on demande aux enfants ce qui pollue l'air, ils répondent, par exemple, une voiture. Or, ce n'est pas une voiture qui pollue l'air, mais une partie de ses produits d'échappements. Il convient de prêter attention à cette confusion, car en matière de prévention, la nuance est nécessaire. En effet, si l'on considère la voiture comme polluant, il faut tendre à la faire disparaître, ce qui semble inconcevable de nos jours. Alors que si l'on considère ses produits d'échappements, on peut imaginer des solutions pour les améliorer, les réduire, voire les supprimer.

À l'exclusion des sources naturelles qui ne sont pas prises en compte par la définition légale (volcans, rayonnement solaire, organismes vivants, ...), les sources de pollution sont essentiellement concentrées dans les zones urbanisées et industrialisées. Elles peuvent être classées en deux catégories : les « sources fixes » et les « sources mobiles ». L'activité agricole constitue également une source de pollution, mais aux émissions moindres.

Les sources fixes sont les unités thermiques de chauffage individuel ou collectif, les centrales électriques au charbon ou au fuel, les usines d'incinération de déchets et toutes les installations industrielles (usines en tout genre).

Les polluants qu'elles émettent, sont principalement les composés résultant des combustions des combustibles utilisés pour les activités thermiques et industrielles (type fuel, charbon, bois, carburants, etc.) : dioxyde de soufre (SO_2), particules solides (poussières, suies, cendres volantes), oxydes d'azote (NO et NO_2 dits NO_x), oxydes de carbone (CO et CO_2), acide chlorhydrique (HCl),... D'autres polluants sont issus d'activités spécifiques : solvants pour les imprimeries ou les teintureries, fluor pour l'industrie de l'aluminium, particules métalliques pour la sidérurgie et la métallurgie, composés organiques pour l'industrie chimique, ...

Les sources mobiles sont tous les modes de transport motorisés qu'ils soient automobiles, ferroviaires, maritimes ou aériens.

Les polluants qu'elles émettent, résultent des combustions incomplètes des combustibles utilisés dans les moteurs thermiques : oxydes de carbone (CO et CO_2), oxydes d'azote (NO_x), particules solides, hydrocarbures imbrûlés et les composés organiques volatils.

Notons que certains polluants précités peuvent subir des transformations chimiques spontanées dans l'atmosphère par action du rayonnement solaire et produire des polluants dits « secondaires ». Ainsi, de l'ozone est formée à partir de la transformation des oxydes d'azote. Contrairement à son rôle bienfaiteur dans la couche stratosphérique du même nom, elle constitue un polluant dangereux dans la troposphère. D'ailleurs, comme tous les polluants, son taux est surveillé de près pour éviter le dépassement d'une valeur-limite définie par des normes européennes et françaises.



Remarque

Les polluants émis sont, d'une part, très nombreux, d'autre part, très différents. L'étude quantitative de tous donnerait un reflet idéal de la pollution de l'air, mais elle est impossible. Les scientifiques ont donc choisi des « polluants-tests », également appelés « indicateurs », dont la mesure permet une quantification approchée. Ainsi, les jours de pics de pollution en zone industrielle, on entendra parler principalement du dioxyde de soufre, car il constitue un des indicateurs des sources fixes. On supposera alors que d'autres polluants ont très certainement été émis en parallèle, mais leurs quantités respectives ne seront pas mesurées.

La pollution atmosphérique, situations et prévention (séquence 4)

Situations météorologiques et pollution atmosphérique

Les conditions météorologiques jouent un rôle essentiel dans la pollution atmosphérique. Elles ne sont pas l'origine d'une pollution, mais peuvent l'aggraver comme la réduire.

En effet, les polluants sont émis quelle que soit la situation météorologique. Par contre, ils peuvent se concentrer ou se disperser en fonction de cette situation. À émission identique, les conséquences engendrées seront donc très variables.

Ainsi, le mauvais temps peut permettre la dispersion des polluants dans l'atmosphère grâce aux vents forts et leur solubilisation ou leur lavage avec les précipitations. À l'inverse, le beau temps favorise plutôt leur concentration voire la production de polluants secondaires du fait de l'ensoleillement, la chaleur, l'absence de nuages, la faiblesse des vents, ...

Le phénomène d'inversion de température

Dans certaines situations, le gradient naturel de température de l'air troposphérique est inversé : sur une certaine hauteur, l'air est de plus en plus chaud à mesure que l'on s'éloigne du sol. Ce peut être le cas après une nuit calme sans nuages lorsque la chaleur emmagasinée par la Terre le jour précédent s'est rapidement dispersée en altitude, ou bien, lorsqu'il se produit un rapide refroidissement du sol.

De l'air froid se trouve alors piégé sous un véritable couvercle d'air chaud. Ce phénomène est appelé « inversion de température ». Il se produit le matin et prend fin dès lors que le soleil a suffisamment chauffé le sol pour qu'à son tour, celui-ci réchauffe l'air environnant et induise à nouveau un brassage d'air. Il s'observe sur une hauteur réduite de quelques centaines de mètres.

En montagne, il se repère facilement par des mers de nuages coincées dans les vallées. Le phénomène peut cependant se produire dans n'importe quelle région.

L'inversion de température et la pollution atmosphérique

Lors d'une inversion de température, les polluants émis à la surface du sol restent bloqués dans l'air froid piégé sous l'air chaud. L'absence de brassage d'air ne permet pas leur dispersion verticale, et donc leur dilution dans l'atmosphère. En cas d'émission prolongée, les polluants se concentrent jusqu'à parfois dépasser les seuils de risque définis pour préserver la santé humaine. Des mesures sont alors adoptées pour limiter les émissions et ainsi protéger les citoyens exposés.

L'inversion de température, phénomène naturel, est ainsi souvent à l'origine des pics de pollution constatés dans les lieux à forte émission de polluants comme les grosses agglomérations ou les zones industrielles. Elle n'est en rien responsable de la pollution, mais représente une situation qui l'aggrave.

L'automobile, source de pollution

L'automobile a été choisie dans la séquence 4 comme sujet de réflexion autour de la pollution atmosphérique pour les raisons suivantes :

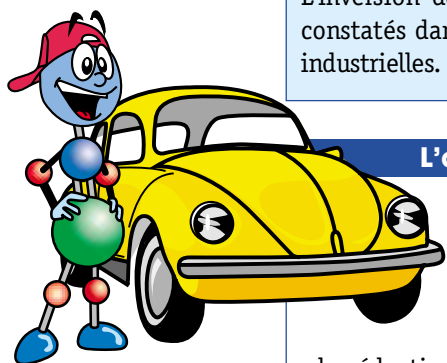
- elle est connue des élèves, elle touche le quotidien de la plupart ;
- elle représente une des premières sources de pollution en France en termes de quantité de polluants émis ;

- la réduction de ses émissions et donc de ses conséquences dépendra en partie, de l'attitude et des comportements des citoyens d'aujourd'hui et de demain, soit des élèves actuels.

Une automobile avance grâce à un carburant : essence, gazole, aquazole, GPL, ... Sa force motrice est obtenue par récupération de l'énergie produite lors de la combustion d'un carburant. Un carburant est une substance gazeuse, liquide ou solide qui a la propriété de se combiner avec un comburant en dégageant de la chaleur. Le moteur est le lieu de cette combinaison appelée combustion. Le carburant y réagit avec le dioxygène de l'air (comburant) et produit de l'énergie sous forme de chaleur. Cette énergie permet l'entraînement des roues et ainsi le déplacement de l'automobile.

Les produits de la réaction sont dégagés dans l'air par le pot d'échappement. Malheureusement, la combustion est incomplète et des substances polluantes sont libérées.

Bien évidemment, plus la voiture avance vite ou plus elle est lourde, plus son déplacement nécessite de l'énergie. Elle consomme alors plus de carburant et émet une quantité plus importante de polluants.



Les polluants de l'automobile

Les polluants des produits d'échappement des automobiles dépendent des carburants utilisés dont la majorité sont issus du pétrole raffiné.

- L'essence, mélange d'hydrocarbures d'origine minérale et de synthèse, émet par combustion des oxydes de carbone (CO et CO₂), des hydrocarbures, des oxydes d'azotes (NO_x). Le plomb, longtemps utilisé comme additif, y a été pratiquement supprimé.
- Le gazole, carburant du moteur Diesel, est un mélange d'hydrocarbures. En plus des mêmes polluants que ceux de l'essence bien qu'en moindre quantité, sa combustion émet du dioxyde de soufre (SO₂) et des particules de suie dont les effets sont très largement impliqués dans les maladies respiratoires et cardiaques, voire dans les cancers.
- L'aquazole est un mélange de gazole (80 à 90 %) et d'eau. Il réduit fortement les émissions de polluants par rapport à la combustion du gazole. Malheureusement, le mélange est instable. Son stockage d'une durée réduite le destine uniquement à des transports spécifiques pour lesquels les consommations peuvent être programmées (transport collectif par exemple).
- Le GPL ou gaz pétrole liquéfié est le carburant le moins polluant ; en particulier, il n'émet pas de particules. Il est composé de 50 % de propane et de 50 % de butane.
- Les carburants « verts » sont issus de la biomasse : forêt, déchets agricoles par exemple. Ils sont encore en cours de recherche pour en améliorer les performances et en mesurer l'impact de leur utilisation.



Comment réduire la pollution de l'air liée à la circulation automobile : quelques pistes de réflexion...

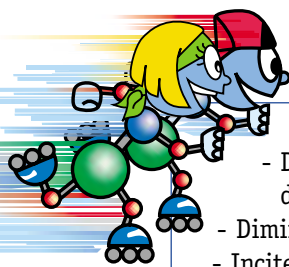
La réduction de la pollution de l'air liée au trafic automobile dépend d'une part, d'une prise de conscience générale de l'importance des conséquences engendrées, d'autre part, d'une volonté collective d'y contribuer. Les moyens à mettre en œuvre sont divers et nécessitent d'être menés conjointement ; ils concernent aussi bien les responsables politiques, les chercheurs, les industriels, que les utilisateurs de véhicule. Les actions proposées dans les paragraphes suivants sont organisées selon la démarche de la séquence 4. Elles relèvent des progrès technique et scientifique comme de la prévention à pratiquer par chaque citoyen. Elles sont parfois volontairement redondantes pour insister sur leurs interconnexions et mettre en évidence auprès des élèves, la nécessité d'une approche globale du problème. Elles ne prétendent pas être exhaustives et l'imagination des élèves saura certainement les compléter !

Changer les comportements de conduite

- Utiliser son véhicule à moteur à bon escient, sinon prendre les transports en commun (train, métro, bus, tramway,...) ou son vélo, sa trottinette, ses rollers, ses pieds !
- Accepter ou proposer du co-voiturage.
- Adopter une conduite souple, sans accélération abusive, sans excès de vitesse.
- Couper le moteur du véhicule dès que possible ; même pour un arrêt très court !
- Suivre les consignes des mesures adoptées lors des dépassements des seuils de pollution (éviter de prendre sa voiture, rouler moins vite, etc.)
- Éviter les stationnements en double file qui perturbent le trafic et augmentent les émissions de polluants des autres véhicules.
- Modérer l'usage de la climatisation qui consomme du carburant.

Réduire les quantités de produits d'échappements

- Utiliser des moteurs qui consomment moins de carburant.
- Améliorer les carburants pour permettre des combustions plus complètes.
- Modérer l'usage de la climatisation, améliorer ses performances.
- Développer les véhicules électriques.
- Modifier les voitures pour réduire leur consommation : alléger les matériaux de construction, optimiser leur aérodynamisme.
- Faciliter le trafic : réduire les lieux d'engorgements (voie rapide, autopont), aménager la voirie pour éviter le stationnement en double file, faciliter les livraisons, ...
- Lutter contre les comportements de conduite abusifs (vitesse et accélération excessives, stationnements sauvages, ...).



Limiter la circulation automobile

- Développer les transports en commun : améliorer les transports existants (vitesse, confort, voie de circulation distincte, tarifs), favoriser les transports ferroviaires, réhabiliter les tramways, ...
- Diminuer le trafic routier au profit du ferroviaire et du fluvial.
- Inciter au co-voiturage.
- Favoriser le stationnement résidentiel.
- Privilégier les déplacements non motorisés (pistes cyclables).
- Créer des zones piétonnières.

Modifier les voitures

- Employer des matériaux plus légers pour la construction des véhicules.
- Optimiser l'aérodynamisme des voitures.
- Améliorer les moteurs : réduire leur consommation en carburant, développer les moteurs hybrides (essence sur route, électrique en ville).
- Améliorer les systèmes d'échappement : utiliser des pots catalytiques qui permettent la dépollution des gaz d'échappement (par exemple, élimination de l'oxyde de carbone, des hydrocarbures et de l'oxyde d'azote sur les voitures à essence neuves depuis 1993), utiliser des filtres à particules notamment pour les moteurs Diesel, ...
- Améliorer et promouvoir les performances et le confort d'utilisation des véhicules à carburant vert (augmenter le nombre de stations GPL par exemple) et électriques.

Notons que, la chimie joue un rôle essentiel dans les actions relatives au progrès technique et scientifique. Sa recherche et son industrie contribuent à l'amélioration des carburants, des moteurs et des systèmes d'échappement, à l'allègement des matériaux employés dans la construction des véhicules, au développement de nouvelles sources d'énergie motrice.

Quelques ouvrages...



- FORBES S., *Le temps, climats et météo*, Larousse, « Larousse.explore », Paris, 2002.
 - BERTRAND I., *Jeux d'air*, Nathan, « Prêt. Jeux. Partez ! », Paris, 2002.
 - MICHEL F., *L'écologie à petits pas*, Actes Sud Junior, « À petits pas », Arles, 2000.
 - ASSOCIATION GRAINE DE CHIMISTE et al, *L'air au quotidien*, Odile Jacob, « Les amateurs de sciences », Paris, 2003.
 - FONTAN J., *Les pollutions de l'air, les connaître pour les combattre*, Vuibert, Paris, 2003.
 - GARREC J.-P, MONCHICOURT M.-O., *Sur un air de pollution*, Platypus Press, « Les enquêtes de Marie-Odile Monchicourt », Neuilly-sur-Seine, 2002.
-
- Site Internet de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) : « www.ademe.fr »

Le tri sélectif

et

les plastiques



• *Activité*

Jeu des mots mêlés

**Etudier et comprendre l'intérêt du tri sélectif.
Sensibiliser à la matière, aux matériaux.
Etudier les différents plastiques et leurs recyclages.**

Approche du tri sélectif par un jeu de mots mêlés

MATERIEL ET PRODUITS



- Photocopies du document « jeu des mots mêlés ».
- Dictionnaire(s) de la langue française.

OBJECTIFS >>

- > Définir et présenter le tri sélectif.
- > Introduire la notion de « matière » et de « matériau ».

DÉROULEMENT >>

DURÉE : 1h à 1h30

1 Réalisation du jeu des mots mêlés

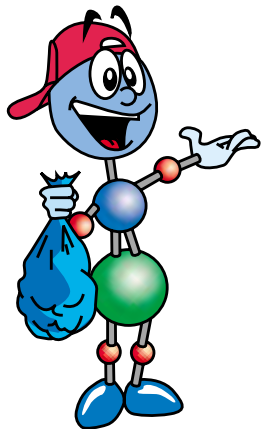
- Distribuer à chacun des élèves le document photocopié « jeu des mots mêlés ».
- Lire la règle du jeu. Au besoin, l'expliquer aux élèves.
- Laisser les élèves réaliser individuellement la recherche des mots dans la grille pendant une durée déterminée.
- Mettre en commun les recherches : reproduire la grille au tableau et entourer les mots trouvés.
- En cas de difficultés, guider les élèves à partir des lettres données en précisant le sens d'écriture du mot à trouver (horizontal, vertical ou diagonal). (*voir ressources pour solutions du jeu*)
- S'assurer que les élèves connaissent la signification des mots trouvés. En fonction, leur faire chercher la définition dans le dictionnaire.

2 Introduction et définition du « tri sélectif »

- Poursuivre le jeu de façon collective : rechercher les « deux mots bien utiles de nos jours... ».
- Demander aux élèves la signification de « tri sélectif ». Si nécessaire, la présenter. *Le tri sélectif est l'action de trier les déchets en catégories prédéfinies.*
- Demander aux élèves si leur entourage ou eux-mêmes opèrent un tri sélectif de leurs ordures et de quelles façons.
- Illustrer le tri sélectif par la collecte du verre, connus de tous car mise en œuvre sur l'ensemble du territoire français.
- Demander aux élèves le lien entre les mots trouvés dans la grille et le « tri sélectif ». *Les mots de la grille peuvent tous représenter des exemples de déchets du quotidien.*
- Donner la définition du mot « déchets ». (*voir ressources*)

3 Présentation d'une méthode de tri sélectif et introduction à la notion de « matière » et de « matériau »

- Proposer une méthode de tri sélectif : soit, celle connue des élèves du fait de son existence dans la commune, soit, une définie arbitrairement. Par exemple : verre/papier/plastiques/métaux/déchets dangereux/autres déchets.
- Demander aux élèves, par groupe de 4 à 5, de trier les déchets représentés par les mots de la grille selon la méthode de tri adoptée.
- Reprendre collectivement ce tri. Soulever les ambiguïtés posées par les termes « bouteille », « flacon », « bocal » et « canette », dont le matériau doit être précisé pour permettre un tri : une bouteille, un flacon, un bocal et une canette peuvent être en verre, mais aussi en plastique, en métal, en grès, ... Faire également remarquer l'éventuelle présence de bouchon ou de couvercle sur les récipients. Leur matériau peut être différent de celui du récipient et nécessite alors d'être placé dans une autre catégorie de déchets.
- Définir les mots « matière » et « matériau(x) ». (*voir ressources*)
- Faire élaborer par chacun des groupes d'élèves un poster représentant une des catégories de déchets.



ÉVALUATION DE LA SÉQUENCE >>

Apporter des déchets en tout genre. Demander aux élèves de réaliser le tri de ces déchets selon une méthode définie (la même que lors de la séance ou une différente) en mettant à leur disposition des réceptacles étiquetés. Demander aux élèves de définir la matière ou le(s) matériau(x) de ces déchets.

SUGGESTIONS DE PROLONGEMENTS >>

Mise en place d'un tri sélectif dans la classe. Prises de vue photographiques d'éléments caractéristiques du tri sélectif : bacs poubelles de couleurs différentes, bennes, etc.

L'utilité du tri sélectif

MATÉRIEL ET PRODUITS



- Posters réalisés lors de la séquence précédente.
- Dictionnaire(s) de la langue française.

OBJECTIFS >>

- > Sensibiliser à la nécessité du tri sélectif.
- > Etudier le devenir de nos ordures.

DÉROULEMENT >>

DURÉE : 1h à 1h30

1 Discussion sur l'utilité du tri sélectif

- Introduire la séquence par la question rappel : qu'est-ce que le « tri sélectif » ?
- Afficher les posters réalisés lors de la séquence précédente.
- Lancer une discussion collective à partir de la question suivante : pourquoi trier nos ordures ?
- Poursuivre sur le devenir de nos déchets : que deviennent nos ordures ? Où vont-elles ?
- Mettre en évidence la différence des circuits des ordures ménagères selon leur nature. *La « poubelle papier » ne suit pas le même parcours que la « poubelle verre ». Déjà, les camions qui les ramassent ne sont pas identiques...*

2 Schématisation du circuit des poubelles domestiques

- Tracer les circuits respectifs de chacune des catégories de déchets. Les schématiser au tableau à partir des posters des élèves. Prendre soin de respecter rigoureusement les appellations des centres de traitements de déchets. Commencer de préférence par les « autres déchets ». (*voir ressources*)
- Réitérer la question : quelle est l'utilité du tri sélectif ? Pourquoi trier nos ordures ? *Le tri sélectif permet d'orienter les ordures vers des lieux de traitement différents.*

3 Etude des différents traitements des déchets et développement de la notion de « matière »

- Amener les élèves à réfléchir sur le rôle des différents centres de traitements des déchets évoqués précédemment. Que fait l'usine qui reçoit le verre de nos poubelles ? Que deviennent les autres déchets ? Etc. Pour aider les élèves, partir des appellations respectives des centres de traitement et rechercher dans le dictionnaire la signification des termes employés : incinération, recyclage.
- Présenter succinctement le processus de traitement de chacune des catégories de déchets. (*voir ressources*)
- Compléter les circuits des ordures jusqu'à la sortie des usines. (*voir ressources*)
- Poser les questions suivantes aux élèves : pourquoi les traitements sont-ils différents ? Pourquoi plusieurs centres de traitement sont-ils nécessaires ? Pourquoi le papier ne peut-il être traité dans une usine de recyclage du verre ? Etc. Reprendre ainsi la notion de « matière » et de « matériau », qui, par leurs différences physico-chimiques intrinsèques exigent des traitements adaptés.
- Poursuivre la discussion par la catégorie « déchets dangereux ». Partir de l'exemple du mot « piles » trouvé dans la grille et demander aux élèves pourquoi ce déchet ne peut être traité dans un des centres évoqués précédemment. Insister sur l'adaptation du traitement du déchet en fonction de sa composition. Faire prendre conscience du caractère éventuellement dangereux ou peu écologique d'un traitement inadapté. *L'incinération d'une pile génère des produits toxiques, qui, en grande quantité, peuvent avoir des conséquences écologiques néfastes sur l'homme ou son environnement.*
- Préciser l'existence de collectes parallèles de déchets spécifiques comme les piles pour permettre un traitement, un recyclage ou une récupération adaptés de ces déchets et éviter des conséquences écologiques et /ou autres négatives. Citer les exemples de récupérations des huiles moteur, des solvants, des peintures, qui s'effectuent dans les déchetteries. Evoquer également la collecte des médicaments par les pharmacies.



ÉVALUATION DE LA SÉQUENCE >>

Demander aux élèves de tracer le circuit de chacun des déchets utilisés lors de l'évaluation précédente.

SUGGESTIONS DE PROLONGEMENTS >>

Recycler du papier. Visite d'une usine d'incinération ou de recyclage de papier, de verre. Reprendre la notion de matière à partir de ses trois états et de leurs changements.

Les plastiques et l'emballage

MATÉRIEL ET PRODUITS



- Différents produits du quotidien dans leurs emballages.

OBJECTIFS >>

- > Découvrir les plastiques : applications, avantages et inconvénients, diversité.
- > Prendre conscience de l'évolution de la part des plastiques dans nos ordures ménagères et sensibiliser à ses conséquences.

DÉROULEMENT >>

DURÉE : 2h à 2h30

1 Etude des avantages de l'emballage plastique

- Apporter (ou faire apporter par les élèves) les produits ci-dessous dans leurs emballages respectifs :
 - des yaourts nature en pot de verre et en pot plastique ;
 - de l'eau minérale gazeuse en bouteille de verre et en bouteille plastique ;
 - des olives en boîte de conserve et en sachet plastique ;
 - des tomates en sachet papier et en sachet plastique ;
 - de la pommade en tube métallique et en tube plastique.

Prendre soin de vérifier que des logos précisant le type de matière plastique utilisée figure sur quelques uns des emballages plastiques (*voir ressources*). Pour chaque produit, choisir, si possible, des emballages de contenance identique.

- Disposer ces produits devant l'ensemble de la classe et demander aux élèves l'utilité d'un emballage.
- Constituer des groupes de 4 à 6 élèves. Donner à chacun des groupes un des produits apportés dans les deux types d'emballages. Demander de noter (dans un tableau à double entrée éventuellement fourni) la matière ou le matériau de chacun des emballages, puis ses avantages et inconvénients.
- Rassembler les travaux des groupes.
- Faire une synthèse générale des avantages du plastique dans les emballages en prenant soin de la nuancer.

2 Description des principaux plastiques utilisés dans les emballages

- Regrouper les emballages plastiques utilisés précédemment.
- Faire constater par les élèves les différences entre les avantages des emballages plastiques étudiés précédemment. Leur demander pourquoi. En arriver progressivement à la conclusion que les qualités des emballages plastiques étudiés par chacun des groupes sont différentes selon la nature des produits qu'ils conditionnent. Ainsi, il existe des plastiques et non du plastique.
- Faire observer les emballages plastiques et noter leurs différences. Les expliquer. *Le plastique utilisé pour un sac est souple ; celui d'une bouteille d'eau est rigide. Celui du pot de yaourt est moins rigide que celui de la bouteille d'eau gazeuse car la pression de cette dernière le nécessite. Etc.*
- Faire remarquer les sigles des plastiques sur certains emballages. En donner la signification. (*voir ressources*)

3 Etude de l'évolution des matières plastiques dans nos ordures ménagères et conséquences

- Sous forme d'évaluation des travaux précédents, poser les questions suivantes aux élèves.
 - Une fois le yaourt mangé, l'eau bue, la pommade consommée,... que deviennent ces emballages ?
 - Pensez-vous que la quantité d'emballages plastiques a augmenté ou diminué depuis ces 50 dernières années ? Pourquoi ?
- Présenter l'historique de l'évolution du contenu des poubelles françaises. Discuter sur ses causes et ses conséquences.
- Sensibiliser à la nécessité du recyclage des emballages plastiques.

ÉVALUATION DE LA SÉQUENCE >>

Demander aux élèves de construire par groupe des mini-sketchs qui vanteraient les avantages de l'emballage plastique : « Imaginez que vous ayez à vendre un yaourt en pot plastique plutôt qu'un yaourt en pot de verre. Construisez votre argumentation de vente ». Chacun des sketchs pourra être présenté à la classe. Critiquer et compléter les argumentations en insistant sur les qualités du plastique dans l'emballage.

SUGGESTIONS DE PROLONGEMENTS >>

Visite d'une usine de production de produits courants dans laquelle est effectué un emballage plastique.



L'art « plastique » !

MATERIEL ET PRODUITS



- Des emballages vides et propres en PET, PEHD et PP.
- Des ciseaux.
- Une balance.
- De la colle forte et/ou du ruban adhésif.

OBJECTIFS >>

- > Découvrir et comprendre le principe de valorisation des plastiques.
- > Sensibiliser aux différentes matières plastiques et à leurs recyclages.

DÉROULEMENT >>

DURÉE : 2h à 2h30

1 Présentation du principe de valorisation des emballages plastiques

- Présenter aux élèves le principe de la valorisation des déchets, puis celui des emballages plastiques. (*voir ressources*)
- Citer des exemples de produits finis issus du recyclage des matières plastiques. Les classer en fonction du type de plastiques traités.
- Faire remarquer que le recyclage s'adresse à une matière et non à un objet : on ne recycle pas une bouteille en plastique, on « reforme » de la matière plastique à partir de bouteilles en plastique pour l'introduire dans un processus de fabrication, éventuellement de bouteilles en plastique...

2 Préparation à la construction d'un personnage symbole du recyclage des emballages plastiques

- Exposer aux élèves le but du travail à venir : « vous allez chacun créer et construire un personnage en plastiques à partir d'emballages récupérés dans vos ordures ménagères. En quelque sorte, vous allez recycler ces emballages... ».
- Demander alors aux élèves de récupérer quelques bouteilles, flacons ou barquettes vides issus des ordures ménagères portant les sigles correspondant à PET, PEHD et PP. Imposer que ces derniers soient propres et secs... Au besoin, rappeler les sigles des matières plastiques.
- Mettre en commun l'ensemble de ces emballages en les classant selon les trois types de plastique.

3 Construction d'un personnage symbole du recyclage des emballages plastiques

- Présenter les contraintes de construction du personnage (les adapter selon le niveau, en supprimant par exemple les fractions). Les faire lire aux élèves individuellement.

Le personnage « Ecoplastogram ».

Le personnage « Ecoplastogram » est constitué de trois matières plastiques différentes dans les proportions approximatives suivantes : 1/2 de PET, 1/4 de PEHD et 1/4 de PP.

Les trois matières plastiques sont assemblées à l'aide de ruban adhésif et/ou de colle.

La masse totale du personnage est comprise entre 80 et 120g ; la masse des produits nécessaires à l'assemblage des matières plastiques est négligée.

Le personnage présente une tête, un corps et éventuellement des membres.

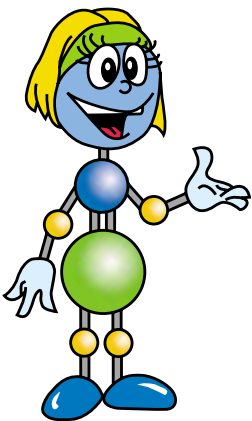
- Reprendre les contraintes de construction du personnage pour s'assurer que les élèves les aient bien comprises.
- Calculer avec les élèves les fourchettes de masses respectives des trois matières plastiques à utiliser.
- Elaborer avec les élèves la démarche à suivre pour la construction du personnage. La rédiger de façon précise.
- Expliquer et montrer la technique de la mesure de la masse (pesée) avec la balance. Eventuellement, aborder le principe de la tare.
- Faire réaliser le personnage par chaque élève ou par groupe de 4 à 6 élèves lors de plusieurs séances ultérieures.

ÉVALUATION DE LA SÉQUENCE >>

Demander aux élèves de concevoir une étiquette du personnage réalisé, en indiquant la masse totale de l'objet fini et sa composition exprimée en masse (ou en pourcentage) des matières plastiques utilisées notées avec leur symbole respectif.

SUGGESTIONS DE PROLONGEMENTS >>

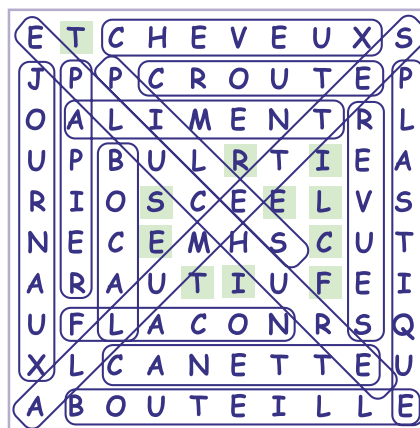
Visite d'une usine de recyclage des plastiques.



Le tri sélectif (séquences 1 et 2)

La solution au jeu des mots masqués

10 lettres	1 - ALLUMETTES
9 lettres	1 - BOUTEILLE
	2 - PLASTIQUE
	3 - EPLUCHURE
8 lettres	1 - JOURNAUX
7 lettres	1 - CHEVEUX
	2 - ALIMENT
	3 - CANETTE
6 lettres	1 - PAPIER
	2 - CROUTE
	3 - REVUES
	4 - FLACON
5 lettres	1 - BOCAL
	2 - PILES



Les deux mots à trouver avec les lettres non utilisées sont : **TRI SÉLECTIF**

Les déchets et les ordures : définitions

La loi du 15 juillet 1975 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux donne la définition suivante : « Est un déchet tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon ».

Les ordures ménagères sont les déchets issus de l'activité domestique des ménages qui sont pris en compte par les collectes usuelles ou séparatives.

Le tri sélectif

Définition

Le « tri sélectif » est l'action de classer les déchets en différentes catégories : verre, plastiques, métaux, journaux/magazines, encombrants, déchets dangereux, déchets recyclables, etc.

Mise en œuvre

Le tri sélectif peut être opéré en amont et en aval de la collecte des ordures ménagères. En amont, il est réalisé par le citoyen selon la « collecte sélective », c'est-à-dire le système de collecte et de ramassage des ordures ménagères par catégories de déchets mis en place par la commune.

Deux modes d'organisation de collecte sélective existent ; ils sont complémentaires.

- **La collecte au « porte à porte »** s'effectue grâce à des contenants affectés à un groupe d'usagers nommément identifiables et situés à proximité immédiate de leur domicile ou du lieu de production des déchets (sacs à herbe, poubelle bleue, etc.). Elle comprend également l'enlèvement des objets encombrants.

- **La collecte « en apport volontaire »** s'effectue également grâce à des contenants, mais qui sont placés sur la voie publique ou sur des parkings de centres commerciaux ou encore dans une déchetterie. Les citoyens viennent volontairement y déposer leurs déchets triés.

Les « déchetteries », espaces aménagés et gardiennés, permettent à chacun de venir déposer les déchets qui ne sont pas collectés avec les ordures ménagères dans des bennes spécifiques, comme les objets encombrants, les huiles de vidange, les déchets de jardin, les ferrailles, etc.



La collecte sélective (séquences 1 et 2)

Origine, historique

Pendant longtemps, les hommes ont confié à la nature le soin de dégrader leurs déchets : ils nourrissaient leurs animaux, fertilisaient leurs plantations et enfouissaient ou brûlaient le reste. Dans les villes, une partie des ordures étaient ainsi entassées sur la voie publique.

Mais au cours du 19^{ème} siècle, avec le développement de déchets difficilement biodégradables lié à l'apparition des produits de synthèse, l'hygiène publique devient une véritable préoccupation. Le 24 juillet 1883, le Préfet de la ville de Paris, Eugène Poubelle oblige les propriétaires parisiens à mettre à la disposition de leurs locataires des récipients munis d'un couvercle afin qu'ils puissent y déposer leurs déchets. La poubelle naît...

Cependant, la réglementation relative au ramassage des ordures ne se développe véritablement qu'à partir des années 70. La loi du 15 juillet 1975 impose aux communes ou groupement de communes d'assurer la collecte et le traitement des déchets des ménages dans des installations ayant reçu un agrément préfectoral. La collecte des ordures ménagères devient ainsi obligatoire.

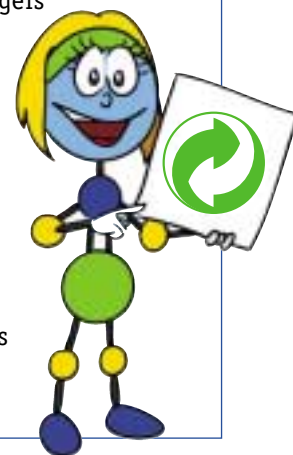
Mais, c'est véritablement la loi du 13 juillet 1992, qui, par ses objectifs à la fois économique et écologique, contraint les communes à mettre en place la « collecte sélective ». Elle fixe le cadre de la politique française en matière de déchets en retenant comme objectifs prioritaires :

- de prévenir ou réduire la production et la nocivité des déchets ;
- d'organiser le transport des déchets et de le limiter en distance et en volume ;
- de valoriser les déchets par réemploi, recyclage ou tout autre action visant à obtenir à partir des déchets des matériaux réutilisables ou de l'énergie ;
- de n'admettre, à compter du 1^{er} juillet 2002, dans les installations d'élimination par stockage, que des déchets ultimes, en d'autres termes d'interdire la mise en décharge de déchets bruts.

Parallèlement, une loi datant d'avril 1992 oblige les professionnels qui conditionnent des produits à destination des ménages à se préoccuper de l'élimination des emballages ménagers après usage. Trois solutions sont proposées :

- organiser un système de consigne ;
- initier eux-mêmes un système d'élimination de leurs déchets d'emballage. Citons pour exemple l'organisme Cyclamed qui récupère les médicaments périmés et leurs emballages ;
- contribuer financièrement à un organisme agréé par les pouvoirs publics pour aider les communes à créer ou à développer des systèmes de collecte sélective, de tri et de traitement des déchets ménagers.

Les deux organismes agréés pour recevoir les contributions financières des industriels sont Adelphe pour les vins, spiritueux et boissons et Eco-emballages pour les autres produits de consommation. Ensemble, ils ont créé un logo, le « point vert » ; il atteste qu'une cotisation a été versée par la société productrice.



Remarque

Un déchet est **recyclable** s'il peut être réintroduit dans le cycle de production dont il est issu en remplacement total ou partiel d'une matière première vierge.

Les différentes méthodes de collecte sélective employées en France

Comme le prescrit la loi du 15 juillet 1975, les collectes sélectives relèvent de la responsabilité des communes. Le tri sélectif à opérer par le citoyen dépend donc des catégories de déchets à regrouper définies par la commune du lieu dans lequel il se trouve. Ainsi, on comprend pourquoi le tri que j'effectue quotidiennement n'est pas sensiblement identique à celui de mes amis résidant dans une commune voisine de la mienne ou bien, à celui que je dois effectuer en vacances loin de ma résidence principale.

En France, les collectes en « porte à porte » sont variées. Elles peuvent être « multimatériaux en mélange » ou « multimatériaux séparatives » ou bien encore s'inspirer des deux !

La collecte « multimatériaux en mélange » définit deux catégories de déchets à trier : les déchets recyclables et les autres. Elle est peu contraignante pour le citoyen, qui doit cependant être en mesure de reconnaître le caractère recyclable d'un déchet. Certains sigles notés sur les emballages l'aideront dans cette reconnaissance.

La collecte « multimatériaux séparative » définit des catégories de déchets spécifiques comme le verre, le papier, les plastiques, les métaux,... et les autres déchets. Elle demande un effort poussé du citoyen, qui doit s'organiser pour trier ses déchets en distinguant leurs matériaux respectifs.



Remarque

La collecte sélective ne concerne de nos jours qu'une part réduite de nos ordures ménagères. En 2001, plus de 99 % de la population bénéficiait d'un service de collecte des ordures ménagères, seuls 2/3 d'une collecte sélective en porte à porte.

Le choix d'une méthode de collecte sélective par une commune

Le choix par une commune d'une méthode de collecte sélective est complexe. Il dépend de contraintes liées généralement aux types d'habitat, aux types de déchets produits et au coût engendré par les collectes à mettre en place.

À Paris, par exemple, l'espace réservé aux ordures dans les immeubles n'est dans la plupart des cas pas suffisamment vaste pour permettre la multiplication de bacs distincts. De plus, l'organisation de multiples collectes spécifiques régulières s'avèrerait complexe et coûteuse. La municipalité a donc adopté et mis en place fin 2002, un mode de collecte basé sur trois catégories de déchets : le verre, les déchets recyclables tout type confondu (métaux, papiers, journaux/magazines, plastiques,...) et les autres déchets.

En banlieue d'agglomération importante, il n'est pas rare de voir - en sus d'une collecte sélective « classique » - une collecte hebdomadaire de déchets de jardinage, étant donnée leur production massive.

Pour les petites communes rurales, le coût d'une collecte (sélective ou non) peut s'avérer trop élevé du fait de la faible quantité d'ordures ménagères produites. Le choix d'une collecte en porte à porte est abandonné au profit d'une collecte volontaire (sélective ou non).

Quelle que soit la méthode de collecte adoptée, la commune édite des documents d'information pour aider ses habitants à réaliser le tri de leurs déchets avec le maximum d'efficacité. Notons qu'un second tri est nécessairement effectué dans des centres de tri avant le traitement respectif des déchets.

Matière, matériau et matériaux : définitions

Qu'il soit effectué approximativement par le citoyen producteur de déchets ou précisément par un centre, le tri sélectif vise à regrouper les matériaux en vue de leur valorisation ou d'un traitement spécifique. Il est donc étroitement lié à la notion de matériau.

Les notions de « matière », « matériau » et « matériaux » sont abstraites et ainsi difficiles à aborder avec les enfants. Leur distinction est subtile et bien heureux celui qui réussira à employer les trois termes à bon escient !

Les définitions académiques qui suivent ne sont données qu'à titre indicatif (et dans le cadre de l'objet des séquences proposées) pour permettre à l'enseignant d'en mesurer la complexité et de prendre du recul vis-à-vis de la vulgarisation qu'il pourra en faire avec ses élèves. Elles laissent cependant apparaître une différence notable qui associe à « matériau », au singulier, l'idée de fabrication et plus spécifiquement à « matériaux », au pluriel, celle de la construction.

- **Matière** : Substance particulière dont est faite une chose et reconnaissable par ses propriétés.
- **Matériau** : Matière servant à la fabrication.
- **Matériaux** : Les diverses matières nécessaires à la construction (d'un bâtiment, d'un ouvrage, d'un navire, d'une machine).

L'efficacité d'un tri sélectif repose sur la connaissance des matériaux. Apprendre aux enfants à distinguer ces derniers permettra le développement d'une rigueur dans le tri, ce qui - à long terme - devrait limiter le rôle des centres de tri des déchets et donc leur coût. Aussi, il paraît important de pousser l'objectif pédagogique au tri sélectif des matériaux plutôt qu'au simple tri de nos déchets. On abordera alors le problème posé par l'emploi de plusieurs matériaux dans un même emballage, par exemple le cas du bocal en verre au couvercle métallique, et on discutera de l'attitude à adopter. La limite du tri des matériaux pourra être évoquée notamment avec l'exemple des étiquettes - matière « papier » - collées sur des emballages - matière « plastique » ou « verre ».

Deux exemples de « tri sélectif » des déchets représentés par les mots de la grille

CATÉGORIE DE DÉCHETS	VERRE	PAPIER	MÉTAUX	PLASTIQUE	DÉCHETS DANGEREUX	AUTRES
DÉCHETS	bocal* bouteille* canette* flacon*	journaux papier revues	bocal* canette* (+ couvercle du bocal, capsule de la canette,...)	bouteille* flacon* plastique (+ bouchon de la bouteille, du flacon, couvercle du bocal,...)	pires	aliment allumettes cheveux croûte épluchure

CATÉGORIE DE DÉCHETS	VERRE	DÉCHETS RECYCLABLES (autres que le verre)	DÉCHETS DANGEREUX	AUTRES
DÉCHETS	bocal* bouteille* canette* flacon*	bocal* bouteille* canette* flacon* journaux papier plastique revues (+ couvercle du bocal, capsule de la canette, bouchon de la bouteille du flacon,...)	pires	aliment allumettes cheveux croûte épluchure

* Les mots notés d'un astérisque représentent les déchets pour lesquels il est nécessaire de préciser le matériau avant de pouvoir les classer.



Remarque

Un déchet est **dangereux** si, mélangé aux ordures ménagères, il représente une menace pour les personnes en charge de la collecte ou pour l'environnement. Il peut être explosif (gaz), corrosif (acides contenus dans les piles et batteries), toxique (solvant, décapant, peintures), irritant (résines), facilement inflammables (alcool, carburant) et/ou nuisant pour l'environnement (huiles de vidange, détergents, etc.).

Quelques données sur nos poubelles...

En France, les déchets des activités domestiques des ménages représentent environ 22 millions de tonnes par an,

- soit une moyenne d'un peu plus de 365 kg de déchets par habitant ...
- soit un peu plus de 1 kg par jour et par personne ...

Ajoutons 5 millions de tonnes de déchets non ménagers collectés dans les mêmes conditions provenant des artisans, commerçants, bureaux...

On parvient à une production totale de 27 millions de tonnes par an...

qui est en augmentation régulière (environ 2 % par an) dans le monde entier du fait de l'accroissement de la population et de l'évolution des modes de vie (développement des emballages, obsolescence des produits,...).

ANNÉE	1960	1980	2000
MASSE D'UNE POUBELLE PAR HABITANT ET PAR AN	220 kg	380 kg	450 kg

Source : Valorplast



L'utilité du tri sélectif (séquence 2)



Remarque sur l'approche pédagogique de la séquence 2

L'utilité du tri sélectif domestique est volontairement expliquée par la différence des parcours qu'empruntent les ordures triées par catégories. Pour les enfants, il est en effet plus concret de penser qu'il faut trier les déchets parce qu'ils ne vont pas au même endroit, plutôt que de réfléchir sur les traitements qu'ils nécessitent en fonction des matériaux dont ils se composent.

Le circuit de nos ordures ménagères non triées (hors collecte sélective)

Les ordures sont collectées sur les lieux d'habitation au moyen de camions-bennes qui les transportent jusqu'à des centres de traitement thermique.

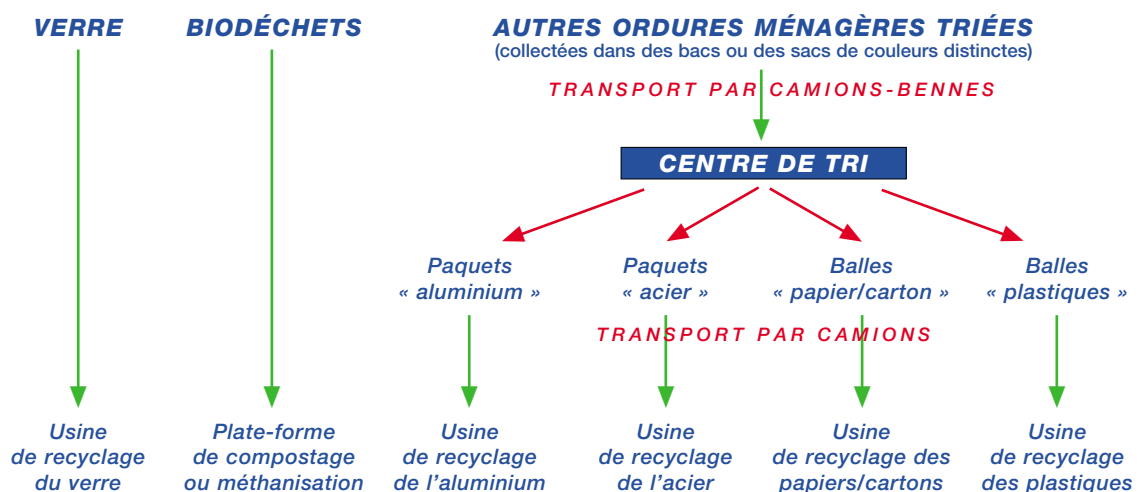
ORDURES MÉNAGÈRES NON TRIÉES → **CENTRE DE TRAITEMENT THERMIQUE**
(traitement par l'action de la chaleur)

Le circuit de nos ordures ménagères triées (collecte sélective)

À l'exception du verre, des biodéchets et des déchets dangereux, qui suivent des filières distinctes spécifiques, les autres catégories d'ordures sont transportées par camions-bennes (simples ou compartimentés) jusqu'à un **centre de tri**.

Le centre de tri effectue un tri secondaire industriel des déchets en fonction des matériaux qui les composent ; il rectifie en outre les erreurs des citoyens... Puis, il conditionne les déchets triés en « balles » ou en « paquets » pour les envoyer dans des centres de traitement adaptés. Les techniques de tri employées sont diverses : séparation granulométrique, morphologique, aérodynamique, magnétique des matériaux, tri automatique, tri manuel (encore très prépondérant). Les centres de tri n'acceptent pas forcément toutes les catégories de déchets ; cela dépend de leur équipement.

Les « balles » et les « paquets » de déchets triés sont ensuite acheminés dans des usines de recyclage pour une valorisation des matières (usine de recyclage papiers, plastiques, acier, aluminium).



Le verre est généralement collecté séparément et directement transporté jusqu'à l'usine de recyclage car son mélange aux autres matériaux le pollue et rend sa valorisation difficile voire impossible.

Les biodéchets suivent des filières pour être valorisés sous forme de compost ou d'énergie.

Chaque type de déchets dangereux nécessite un mode particulier de collecte et de traitement pour éviter tout risque de pollution ou d'atteinte à la santé des hommes qui en ont la charge.

Les traitements des déchets (séquence 2)

La valorisation des déchets

Le cadre réglementaire de la gestion des ordures ménagères, notamment par l'application de la loi du 15 juillet 1992 interdisant la mise en décharge des déchets autres qu'ultimes, contraint les collectivités locales à privilégier la valorisation des déchets.

Il existe trois formes de valorisation associées au traitement des déchets :

- la valorisation « matière » communément appelée recyclage, vise à récupérer la matière pour la réintroduire dans un processus de fabrication ;
- la valorisation énergétique vise à récupérer de l'énergie sous forme de vapeur ou d'électricité ;
- la valorisation organique vise à récupérer des composés organiques fertilisants.



Remarque

Le panache de fumées que l'on aperçoit en sortie des conduits d'évacuation d'une usine de traitement des ordures ménagères est composé essentiellement d'eau. Les fumées résultantes de l'incinération ou de la thermolyse des déchets sont bien évidemment traitées pour éviter toute pollution de l'air. Elles sont notamment lavées avec de l'eau, d'où ce nuage très blanc qu'on associe spontanément à un nuage de pollution du fait de son origine...

Le traitement des ordures non triées (hors collecte sélective) : un traitement thermique

Les ordures non triées rejoignent un « centre de traitement thermique » qui utilise l'action de la chaleur pour les traiter. Deux procédés sont employés : l'incinération et la thermolyse. Ils permettent de réduire - dans des conditions contrôlées - le potentiel polluant, la quantité et le volume des déchets.

L'incinération est une combustion avec excès d'air : les déchets sont brûlés dans des énormes fours à une température voisine de 800 °C. Son avantage est de pouvoir traiter toutes sortes de déchets en diminuant considérablement leur volume jusqu'à les réduire à des résidus solides appelés mâchefers (cendres de la combustion) et des fumées.

La thermolyse, encore appelée pyrolyse, est une technique récente. Elle consiste en un traitement thermique à des températures avoisinant les 500 °C, avec très peu d'apport d'air voire sans. Elle produit des combustibles qu'il faut par ailleurs brûler, des résidus solides appelés « coke de pyrolyse » et des fumées.

Incinération et thermolyse génèrent de l'énergie qui peut être valorisée. À Paris, par exemple, une partie de cette énergie est employée pour chauffer des bâtiments publics, comme des logements, des écoles, etc.

Les deux techniques sont bien évidemment associées à des traitements spécifiques d'une part, des fumées résultantes pour limiter les risques de pollution de l'air, d'autre part, des résidus solides, mâchefers, coques et REFIOM (résidus d'épuration des fumées d'incinération des ordures ménagères). Les mâchefers sont épurés des ferrailles, qui rejoindront la filière du recyclage des métaux, pour être utilisés en revêtement des routes.

Le traitement des ordures triées (en collecte sélective) : des traitements spécifiques

Les traitements des ordures triées sont spécifiques à chaque catégorie de déchets, car ils prennent en considération la nature physico-chimique des matières ou matériaux à traiter. Les composés organiques des biodéchets permettent des processus de dégradation naturelle alors que les produits synthétiques nécessitent des traitements de recyclage pour éviter toute pollution lors de leur dégradation provoquée.

Traitement des biodéchets par compostage et/ ou méthanisation

Les biodéchets sont des déchets biodégradables ; ils peuvent être décomposés sous l'action des microorganismes présents dans le milieu.

Deux voies existent pour les traiter : le compostage et la méthanisation.

À l'air, les matières biodégradables se transforment en dioxyde de carbone, communément appelé gaz carbonique, et en un résidu, le compost, qui est un excellent fertilisant. Cette dégradation s'observe aisément dans la nature, notamment dans les forêts avec la production permanente d'un compost, l'humus. Elle nécessite une aération régulière et une humidité suffisante. En campagne, il est fréquent d'assister à des compostages individuels ; on aperçoit ainsi au fond des jardins des tas de biodéchets, à même le sol ou dans des composteurs. Mais, il existe également des solutions collectives : mise à disposition de gros composteurs en apport volontaire ou ramassage et transport des biodéchets jusqu'à une plate-forme de compostage.

La méthanisation est une fermentation anaérobie (sans air) des biodéchets que l'on place dans un digesteur. Elle produit un gaz combustible appelé « biogaz » qui peut être valorisé sous forme de chaleur ou d'électricité et un « digestat » qui, suite à compostage, peut être utilisé comme amendement organique.





Traitement du verre par recyclage

Le verre collecté est transporté jusqu'à une usine de recyclage appelée verrerie. Là, il est débarrassé de ses impuretés, broyé et refondu dans des fours à des températures voisines de 1 600 °C. Il est ensuite introduit dans les processus de fabrication du verre en remplacement du sable, de la soude et de la chaux. Le taux d'incorporation peut atteindre plus de 80 %. Le recyclage du verre permet essentiellement de faire de nouveaux emballages, les bouteilles en particulier.



Traitement des papiers et cartons par recyclage

Les déchets en papiers et cartons sont transportés par balles jusqu'à une usine de recyclage, appelée papeterie. Un tri préalable est effectué pour distinguer le papier des journaux et magazines, du papier des cartons d'emballage et du papier des emballages pour liquides alimentaires (briques de lait par exemple).

Le principe du recyclage est basé sur une épuration des éléments indésirables par mise en suspension en milieu aqueux des déchets pour permettre la décantation des encres et la formation progressive d'une pâte, qui après séchage pourra à nouveau constituer une fibre de papier. Les briques de liquides alimentaires sont des emballages composites. Une séparation des matériaux qui les composent est réalisée avant le traitement spécifique du carton extrait.

La plupart des journaux et magazines sont imprimés sur du papier recyclé. Les cartons d'emballage recyclés reforment des cartons d'emballage, du papier hygiénique, du papier d'essuyage, etc.



Traitement des métaux acier et aluminium par recyclage

L'acier trié dans les centres de tri grâce à des aimants, est compacté par une presse à paquet et livré à un centre de traitement de l'acier, appelé aciérie. Associé à de la ferraille, l'acier sera valorisé notamment sous forme de fil d'acier entrant dans le béton armé.

L'aluminium, qui constitue une infime part de nos déchets bruts (barquettes congélation, canettes pour boisson, bombes aérosol), est également compacté par une presse. Il est ensuite confié à un centre spécialisé qui en produira des alliages dits de deuxième fusion pour produire à nouveau des canettes de boisson, des carter de voiture, des profilés d'encadrement de fenêtres, etc.



Traitement des plastiques par recyclage

Les emballages en plastique sont transportés par balles jusqu'à une usine de recyclage. La diversité des plastiques contraint des traitements différents. Un tri préalable est nécessaire afin d'orienter les balles vers des centres de traitements appropriés. Il est effectué selon les trois grandes familles de plastiques aisément recyclables : le PET (polyéthylène téréphtalate), le PVC (polychlorure de vinyle), le PEHD et le PEBD (polyéthylène haute et basse densité). Ce sont les plastiques des emballages les plus courants.

Dans tous les cas, après vérification manuelle des balles pour éliminer les matières intruses, les emballages sont placés dans des « trommels de délitage » qui séparent les déchets les uns des autres et écartent les petits déchets non recyclables. Ils sont ensuite plongés dans un bain de vapeur pour décoller les éventuelles étiquettes, puis broyés, lavés et séchés. Les morceaux de bouchons sont récupérés par simple principe de flottaison pour rejoindre une éventuelle autre filière de recyclage.

Les morceaux de plastique sont enfin transformés selon leur type, en une poudre, une fibre ou des granulés qui, réintroduits dans les processus de fabrication, permettront la production de tubes, de tuyaux, de gaines pour le bâtiment, de revêtements de sol, d'intérieur de voiture, de contreforts de chaussures, de vêtements polaires, de rembourrage de couettes et bien sûr de nouveaux emballages.

L'emballage plastique (séquence 3)



Remarque

La démarche pédagogique de la séance 3 est basée sur l'observation de matériaux du quotidien pour parvenir à la déduction de leurs avantages et inconvénients. Elle aboutit à consigner ces derniers dans un tableau à double entrée.

L'observation porte sur des emballages de produits de consommation courante pour susciter la curiosité des enfants hors contexte scolaire. Le but de la séance est d'une part, de travailler sur la matière, d'autre part, de montrer aux élèves l'intérêt technico-scientifique des plastiques dans l'emballage et ainsi l'importance du rôle de la chimie qui les produit. En aucun cas, il consiste à apprendre à reconnaître les différentes matières plastiques...

L'emballage, son rôle et son utilité

L'emballage contient le produit que nous achetons. Il le protège, le conserve, facilite son transport et son stockage. Il peut également porter des informations destinées aux consommateurs (dénomination, marque, contenance, masse, formulation, dangers, mode d'emploi, promotions, etc).

Après utilisation du produit, l'emballage devient généralement un déchet. Ainsi, les déchets d'emballage représentent environ 20 % des ordures ménagères en masse et 50 % en volume. Ils sont en constante évolution (environ 2 % par an) du fait d'une part, des soucis grandissant d'hygiène et de sécurité, d'autre part, de la diminution des tailles de conditionnement liée aux changements dans la façon de prendre et préparer les repas (développement des portions individuelles, des plats cuisinés à faire réchauffer directement au four, des préparations type sauce, mayonnaise, etc.).

L'emballage plastique, ses multiples possibilités

Le plastique a largement contribué au développement des emballages. Ses qualités les plus remarquables, la légèreté et la protection, en ont fait un matériau idéal pour l'emballage. Elles ont engendré pour certains produits, une substitution logique des conditionnements en verre ou en métal, plus lourds, cassables ou déformables. Notons que malgré leur expansion, les emballages plastiques ne représentent aujourd'hui que 4 % de la masse de nos poubelles...

C'est surtout la multiplicité des matières plastiques, la déclinaison de leurs propriétés, leurs combinaisons qui confèrent à l'emballage plastique d'énormes avantages face aux matériaux concurrents que sont le verre, l'aluminium, l'acier, le papier et le carton. De plus, le coût de fabrication du plastique est moindre et les coûts associés au stockage et au transport des produits le sont également du fait de sa légèreté et de sa meilleure protection.

Parmi les avantages des matières plastiques, citons les plus remarquables :

- la légèreté ;
- la transparence ou l'opacité ;
- l'étanchéité ;
- la protection des contenus par résistance aux chocs, par imperméabilité à l'eau, aux corps gras, aux gaz et arômes, aux produits chimiques, aux UV ;
- la résistance chimique aux produits contenus, permettant le conditionnement des détergents, cosmétiques, solvants, etc.
- la multiplicité des formes réalisables : films souples, étirables, transparents, rétractables, résistants à la chaleur, permettant la confection d'étuis, de sacs, matières rigides ou souples thermoformables permettant la réalisation de corps creux, éventuellement sécables, ...

Les différentes matières plastiques utilisées dans l'emballage, leurs qualités







Le polyéthylène (PE) est la matière plastique la plus représentée dans les emballages. Il est stable, résistant aux chocs et aux basses températures et très perméable à l'eau. Sous sa forme dite de basse densité (PEBD), il est principalement utilisé dans les films et les sacs ou est associé à d'autres matières comme l'aluminium et le carton dans les briques alimentaires. Sa forme dite de haute densité (PEHD) est plutôt employée dans les corps creux (bouteilles, flacons) dont la rigidité et l'opacité forment de bons critères pour sa reconnaissance. Le polyéthylène téréphtalate (PET), très résistant à la pression, permet notamment l'emballage des boissons gazeuses.

Le chlorure de polyvinyle (PVC) est apprécié pour sa transparence. Son imperméabilité aux gaz et aux arômes lui confère également des qualités de conservation parfaite des produits qu'il contient. Pour cette raison, il est d'ailleurs fortement utilisé dans les conditionnements qui nécessitent une asepsie rigoureuse, comme dans le domaine pharmaceutique (poche goutte-à-goutte par exemple).

Le polystyrène (PS) est un plastique légèrement perméable à l'eau. Il évite la condensation de la vapeur lors du conditionnement immédiat de produits encore chauds à la suite de leur fabrication (yaourts, les crèmes dessert lactées, etc).

Enfin, l'évolution des modes alimentaires fait du polypropylène (PP), un plastique idéal. Sa résistance mécanique, sa rigidité et sa tenue aux hautes températures ont permis le développement des emballages adaptés à la cuisson ou chauffage en four classique ou micro-ondes.



Noms (abréviation)	Exemples d'emballages	Principales qualités
Polyéthylène téréphtalate (PET)  PET	<ul style="list-style-type: none"> - bouteilles de boissons gazeuses - certains flacons de produits cosmétiques ou d'hygiène corporelle - bouteilles d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - imperméabilité à l'eau, aux gaz, aux arômes - transparence et aspect brillant - résistance à la pression et aux chocs - résistance chimique (en particulier face à l'attaque acide de certaines boissons ou certains constituants de produits cosmétiques)
Polyéthylène haute densité (PEHD)  PEHD	<ul style="list-style-type: none"> - bidons d'huile moteur - certains bouchons, bagues de sécurité - bouteilles de lait - bouteilles de jus de fruits 100 % - bidons de lessive - flacons pour produits d'entretien - sachets de cuisson riz, semoule,... - flacons de produits cosmétiques ou d'hygiène corporelle - sacs sortie de caisse 	<ul style="list-style-type: none"> - imperméabilité aux corps gras, aux arômes, aux UV - résistance aux chocs - résistance mécanique - résistance à température élevée - résistance chimique - rigidité - soudabilité à l'aluminium (intérieur) - aspect mat ou brillant - toucher agréable
Chlorure de polyvinyle (PVC)  PVC	<ul style="list-style-type: none"> - bouteilles d'huile - bouteilles d'eau plate - films d'emballage par exemple sur barquette de viande (film fraîcheur) - barquettes traiteur - blisters (emballages formant ampoules par exemple pour piles ou cachets de médicaments) - certains flacons pour liquide vaisselle 	<ul style="list-style-type: none"> - imperméabilité à l'eau, aux gaz, aux arômes, aux corps gras - transparence - résistance aux chocs - présentation possible sous forme de film souple et résistant à la perforation
Polyéthylène basse densité (PEBD)  PEBD	<ul style="list-style-type: none"> - films pour sachets de chips, de bonbons, etc. - sacs pour produits congelés - sacs (aspect brillant) - couche interne des briques en carton pour lait, jus de fruit 	<ul style="list-style-type: none"> - imperméabilité à l'eau - soudabilité - soudabilité à l'aluminium (intérieur brique) - transparence ou opacité - imprimabilité - étanchéité - résistance chimique - résistance aux basses températures
Polypropylène (PP)  PP	<ul style="list-style-type: none"> - bouchons de bouteilles (eau par exemple) - barquette micro-ondes - films transparents 	<ul style="list-style-type: none"> - rigidité - résistance mécanique - résistance à température élevée
Polystyrène (PS)  PS	<ul style="list-style-type: none"> - packs de pots de yaourt sécables - gobelets pour machines à café 	<ul style="list-style-type: none"> - imperméabilité à l'eau - sécabilité (= se brise par pliage)

Le sigle correspondant au type de matières plastiques est parfois noté sur l'emballage.



Remarque

Certains emballages sont constitués de plusieurs matières plastiques. Ils forment ce que l'on appelle des « structures multicouches », qui permettent d'associer les différentes qualités nécessaires au conditionnement d'un produit. Ce sont par exemple les cas des tubes dentifrice qui doivent être souples et imperméables, des écorecharges qui doivent être parfaitement étanches et résistantes aux produits chimiques, etc. Des additifs permettent également de conférer aux emballages des propriétés spécifiques ou des aspects particuliers : protection contre les UV, colorants, satinants, etc.

La valorisation des emballages plastiques (séquence 4)

La valorisation des emballages

Valoriser les déchets d'emballages signifie mettre en œuvre des moyens pour en extraire une valeur. Cette valeur peut être de l'énergie ou de la matière (valorisation énergétique et valorisation matière). Une directive européenne fixe comme objectifs à atteindre par tous les états membres, une valorisation de 50 à 65 % de la masse des emballages tous matériaux confondus, avec un recyclage de 25 à 45 %. En France, en 2003, le taux de valorisation des emballages plastiques est de 44 %, c'est-à-dire que sur 100 kg d'emballages plastiques, seuls 44 kg sont valorisés. (Source : Ademe)

La valorisation énergétique des déchets d'emballages plastiques s'effectue par incinération avec récupération d'énergie. Ces matières plastiques, issues du pétrole, brûlent facilement et présentent ainsi un bon pouvoir calorifique.

La valorisation matière, qui représente un quart des déchets d'emballages plastiques valorisés, s'effectue selon deux procédés : le recyclage chimique et le recyclage mécanique. En France, il a été choisi de ne recycler que les bouteilles et flacons.

Le recyclage ou « valorisation matière » des emballages plastiques

Le recyclage chimique transforme les déchets d'emballages plastiques en différentes substances chimiques, qui pourront à nouveau entrer dans un processus de fabrication de plastiques ou d'autres produits au même titre que les matières premières. C'est le cas des bouteilles en PET (contenant notamment des boissons gazeuses) qui permettent la production d'autres bouteilles en PET..., mais aussi par exemple de mousses d'isolation.

Le recyclage mécanique est une suite de traitements qui aboutit à de la matière dite secondaire sous forme de paillettes ou de granulés plastique. Après fusion ou étirement en fil, ces derniers seront utilisés pour la fabrication de tuyaux, canalisations, bacs poubelle, pots de fleurs, contreforts de chaussures, revêtements textiles, couettes, oreillers... Le recyclage mécanique concerne les emballages en PVC, en PEHD et PEBD, qui seront traités séparément. (Voir le principe du recyclage en page 31)

Le parcours d'une bouteille en chlorure de polyvinyle (PVC) devenue déchet, contenant initialement de l'eau plate

Bouteilles → Bac poubelle « déchets recyclables » → Camions-bennes « déchets recyclables » (la bouteille est écrasée) → Centre de tri → Balles « plastiques transparents » (la bouteille est compressée) → Camions transporteurs de balles → Tapis de tri de l'usine de recyclage → Trommel de délitage → Bain de vapeur d'eau (la bouteille perd son étiquette) → Cuve de broyage (la bouteille est en morceaux) → Cuve de lavage (les morceaux de bouteille perdent toute trace de colle, les morceaux de bouchons sont écartés) → Cuve de séchage (formation de paillettes) → Usine de production de produits, par exemple, de pull en fibre polaire !

Quelques ouvrages...



- PARKER S., *Les plastiques*, Gamma, « Les matériaux », Tournai, 2002.
 - BAUR A., JAUBERT J.-P., *Les Déchets*, PEMF, « 30 mots clés pour comprendre... », Paris, 2000.
 - DOMMANGET P., LOISEAU O., MASIERO S., *Le recyclage des matériaux*, Puf, « Que Sais-je ? », Paris, 1998.
 - Dossier pédagogique « *L'emballage plastique se raconte de ses origines à son recyclage* », Valorplast, 2001.
-
- Site Internet « www.valorplast.com », le recyclage des emballages ménagers.
 - Site Internet de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) : « www.ademe.fr »

L'art « plastique » !

La réalisation du personnage « Ecoplastogram » conseils et mode opératoire

Faire un travail préalable sur la pesée et l'utilisation de la ou des balance(s) à disposition. Expliquer aux élèves le but du travail : construire un personnage à partir de déchets d'emballages. Leur faire imaginer une allure générale du personnage : le corps peut-être constitué d'un gros flacon de lessive, la tête d'un fond de bouteille, etc. Faire ensuite lire attentivement les contraintes de réalisation du personnage et apporter d'éventuelles précisions. Mettre alors en évidence la rivalité qui va naître entre créativité et contraintes scientifico-techniques. Préciser aux élèves qu'ils vont certainement être limités dans leur création par ces contraintes. Elargir la réflexion en donnant quelques exemples de construction : une maison doit avant tout respecter des contraintes de solidité avant d'être esthétique, une voiture doit être sûre, aérodynamique et jolie à regarder,...

En travail collectif, déterminer les fourchettes des masses respectives des trois matières plastiques à utiliser.

Ecoplastogram	➔	masse totale	➔	80 g < masse totale < 120 g
1/2 de PET	➔	masse totale /2	➔	40 g < masse de PET < 60 g
1/4 de PEHD	➔	masse totale /4	➔	20 g < masse de PEHD < 30 g
1/4 de PP	➔	masse totale /4	➔	20 g < masse de PP < 30 g

Après tri des emballages selon leurs types de plastique, demander aux élèves de peser quelques emballages pour se donner une idée de leur masse respective. Une bouteille en PET de 1 litre pèse environ 43 g sans son bouchon. Son bouchon pèse environ 2,6 g.

Laisser les élèves choisir un emballage en PET. Les faire mesurer et noter sa masse. Confronter cette masse à la fourchette déterminée préalablement. Faire ajouter ou éliminer de la matière, soit en changeant d'emballage, soit en faisant des découpes. Procéder pareillement pour le PEHD et le PP.

Une fois la matière collectée en bonne quantité, insister auprès des élèves sur le fait que l'ensemble de celle-ci doit être utilisé pour répondre aux contraintes de construction du

personnage. Soulever le principe de conservation de la masse, en précisant que cette matière peut être découpée en plusieurs morceaux dont la masse totale sera strictement égale à la masse initiale de la matière. Sensibiliser ainsi les élèves à ne pas perdre de matière, leur conseiller de ne pas découper de trop petits morceaux.

Laisser les élèves réaliser l'assemblage des matières à l'aide de ruban adhésif ou de colle.

Faire relire les contraintes de construction du personnage.

Demander aux élèves s'ils pensent que ces dernières sont respectées. Leur faire peser leur personnage et vérifier que la masse totale n'excède pas trop 120 g.

