



Super  
KIMY

## LA MAISON ECOLOGIQUE

Le principe fondamental de l'écologie est que chaque être vivant est en relation continue avec tout ce qui constitue son environnement. On dit qu'il y a un écosystème dès qu'il y a une interaction durable entre des organismes et un milieu, fondée sur un équilibre entre toutes les composantes de ce système.

Sur terre, l'homme a longtemps été un simple élément parmi les autres au sein des écosystèmes naturels. Cependant, en raison des progrès technologiques et de l'accroissement démographique, l'activité humaine est désormais considérée comme une des causes de ce que l'on appelle le changement climatique.

Cependant, si l'espèce humaine est la seule dont l'activité ait une influence majeure sur son milieu de vie, c'est aussi la seule qui puisse agir pour tenter de restaurer certains équilibres menacés.

### ***POURQUOI UNE MAISON ECOLOGIQUE ?***

La notion assez générale de maison écologique correspond au souci de construire un habitat plus respectueux de l'environnement, plus sain et plus économe en énergie et en matières premières non renouvelables.

D'une façon générale, une maison est construite pour durer ! Donc, ce n'est pas seulement sa construction qu'il faut soigner mais aussi son coût à l'utilisation, en argent ET en ressources, lors de ses longues années d'occupation : chauffage, éclairage, ventilation, eau, etc.

#### ***I - ETRE ECONOMIQUE EN ENERGIE, C'EST :***

• Economiser les ressources dont le stock s'épuise : les énergies dites fossiles, comme le pétrole, le gaz, le charbon sont appelées à disparaître. De plus, l'utilisation de ces énergies est source de pollution et en partie responsable du changement climatique par les émissions de CO<sub>2</sub> qu'elle engendre.

Enfin, pour mémoire, le pétrole est une matière première indispensable à la chimie moderne (résines, textiles, plastiques) ; il est dommage de le consommer pour se chauffer ou se déplacer.

• Consommer le moins possible pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage etc.

• Préférer les énergies renouvelables naturelles (solaire, hydraulique, éolien, géothermie...). Le soleil, lui, n'est pas près de manquer.

#### ***II - PRESERVER L'ENVIRONNEMENT***

Préserver l'environnement, c'est, au sens large, utiliser des matériaux sains, ne pas polluer, ne pas gaspiller, ne pas détruire l'écosystème (gaz à effets de serre, déchets non biodégradables, déforestation...)

### ***CONCEVOIR UNE MAISON ECOLOGIQUE***

Voici donc quelques points à soigner particulièrement :

**1-** Mettre en œuvre des matériaux de construction « intelligents » et isoler correctement afin de dépenser le moins possible pour chauffer un habitat convenablement orienté, conserver la chaleur l'hiver et garder la fraîcheur l'été.



- 2- Capturer les énergies naturelles renouvelables et choisir les bonnes solutions de chauffage.
- 3- Economiser l'eau, ressource plus précieuse que jamais et indispensable à la vie.
- 4- Recycler : quand une matière première est rare, il faut non seulement l'économiser, mais encore la recycler ; quand un matériau peut polluer le milieu ambiant après usage, il vaut mieux l'éviter ou également le recycler.

## I - CONSTRUCTION ET ISOLATION

### 1- ORIENTATION

Pour profiter, à chaque étape de la construction, des apports gratuits et inépuisables d'énergie solaire, il faut prendre en compte l'environnement, le microclimat et l'orientation des façades au moment de la conception. Nos ancêtres tenaient compte de ces facteurs, ce qui n'est souvent plus le cas... hélas.

Le climat et les habitudes locales influent sur l'architecture. Cependant, les maisons ont le plus souvent des murs épais, des fenêtres orientées au sud pour profiter de l'apport solaire et peu de fenêtres au nord pour éviter les déperditions (et inversement si on habite dans l'hémisphère Sud). Dans les régions très chaudes, on observe au contraire des ouvertures étroites, des murs blancs qui renvoient la chaleur.

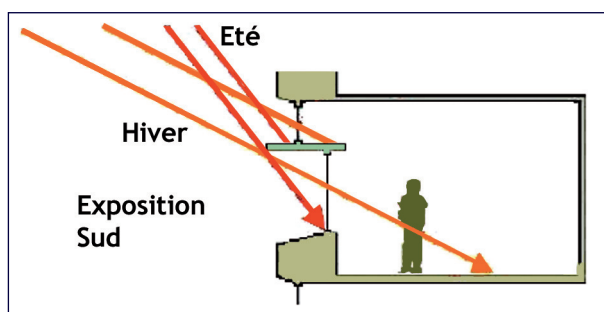


Fig. 1 - En hiver, si la maison est orientée au sud, le soleil est bas et entre profondément pour la chauffer et l'éclairer. En été, il pénètre moins et l'habitat n'est pas surchauffé.

### 2- MATÉRIAUX, POUVOIR ISOLANT ET INERTIE THERMIQUE

On peut choisir des matériaux de construction solides ET isolants (le bois par exemple) ou isoler l'habitation après coup, par l'extérieur ou l'intérieur.

Le pouvoir isolant d'un matériau dépend principalement de l'air qui est piégé à l'intérieur ; plus l'air est sec et immobile, plus le pouvoir isolant est grand.

La manière dont un matériau conduit la chaleur est traduite par sa conductivité thermique (coefficient "lambda"  $\lambda$ ) ; plus  $\lambda$  est faible, plus le matériau est isolant.

En pratique, la qualité isolante d'une paroi, pour une épaisseur donnée, s'exprime par le coefficient R ou résistance thermique, défini par  $R = \text{épaisseur} / \lambda$ .

Trois grands groupes existent dans les matériaux isolants :

- A base minérale, tels que laine de roche, laine de verre, amiante remplacé par la vermiculite, argile expansée, brique alvéolée, béton cellulaire.
- A base de matière plastique alvéolaire comme le polystyrène expansé ou extrudé, le polyuréthane...
- A base végétale ou animale : fibre de bois, cellulose, liège, lin, chanvre, plumes ou duvets d'animal...

Le bois est très compétitif, à la fois comme matériau de construction et comme isolant ; il est comparable à l'acier pour la résistance et à la pierre pour la durabilité. Il existe de nombreuses constructions en bois, vieilles de plusieurs centaines d'années, et dans des régions de climat très rude !

Son utilisation est particulièrement écologique : rapidité de mise en œuvre, construction sèche (sans besoin d'eau), transport réduit, matériau essentiellement renouvelable.

A titre de comparaison :

Un mur en béton de 90 cm d'épaisseur peut être remplacé, pour ses propriétés isolantes, par :

- 1,5 cm de polystyrène extrudé (plastique),
- 2 cm de liège,
- 7,5 cm de bois résineux,
- 8 cm de béton cellulaire,
- 28 cm de brique pleine,
- 45 cm de pierre,
- 50 cm de parpaing creux.

Les matériaux de construction internes lourds (comme le béton), en mesure d'accumuler naturellement l'énergie solaire, contribuent toutefois à l'inertie thermique nécessaire pour stabiliser les températures et surtout accumuler des calories solaires en hiver. Ces matériaux lourds permettent également de maintenir la fraîcheur en été. Ils limitent les échanges de chaleur entre dedans et dehors ; inertes, ils ralentissent au maximum ces échanges.

Enfin, certains matériaux régulent naturellement l'humidité de l'air. En effet, 4 personnes produisent dans un logement environ 15 kilos d'eau « vapeur » par jour (respiration, cuisine, douche...). Des murs poreux de type briques creuses ou béton cellulaire permettent d'absorber la vapeur d'eau en excès puis de la restituer lorsque l'air est sec.

Remarques :

- Evidemment, on n'emploiera pas les mêmes matériaux pour construire et isoler de l'extérieur ou pour faire une isolation intérieure !
- Attention, un matériau "naturel" n'est pas forcément écologique ni sain (voir l'amiante... hautement toxique à long terme ou les plumes de volaille qui peuvent provoquer des allergies).

### 3- ETANCHEITE

Les fonctions d'une fenêtre sont contradictoires : soleil/surchauffe, éclairage/occultation, vue dehors/intimité, étanchéité/ventilation...Mais, si les fenêtres sont indispensables pour capter l'énergie solaire et la lumière, elles sont aussi souvent le maillon faible d'une habitation.

La fenêtre a été inventée par les romains, il y a 2 000 ans, pour permettre l'éclairage tout en faisant un écran contre la pluie et le vent. La fenêtre "ordinaire" est née de l'invention du verre plat en France à la fin du 17<sup>e</sup> siècle. Le verre devient une paroi transparente utilisable pour tous les bâtiments. L'amélioration des performances thermiques des fenêtres date du développement industriel du double vitrage entre les deux guerres.

Des innovations successives ont permis de rendre les fenêtres plus performantes :

Les doubles vitrages sont fondés sur l'isolation par l'air (ou un autre gaz comme l'argon). Une couche de gaz est enfermée entre deux vitres, ou bien on fait le vide entre les deux parois. Ces fenêtres sont référencées par trois chiffres correspondant à l'épaisseur du premier vitrage, de la lame de gaz et du second vitrage : 4/10/4. Un tel vitrage diminue déjà les pertes de chaleur de 40 %. Il supprime aussi la condensation et la sensation de paroi froide.

La transmission de la chaleur d'une vitre s'exprime en  $W/m^2K$  (watt par  $m^2$  et par Kelvin) ; plus ce coefficient U est faible, plus la fenêtre est étanche.

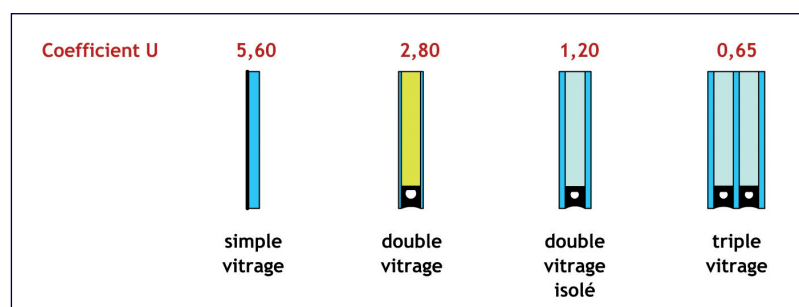


Fig. 2 - Différents vitrages

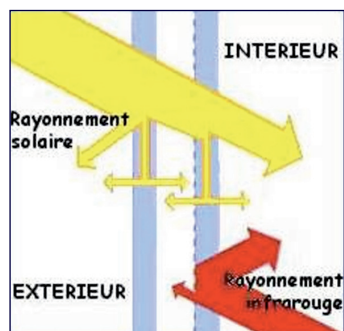


Fig. 3 - Effet du rayonnement solaire sur un vitrage

Plus récents sont les **vitrages à isolation renforcée**, tels que triples vitrages ou encore vitres anti-émisives. Ces dernières comportent un revêtement spécial déposé sur la face intérieure du vitrage (un oxyde à base de titane ou de nickel), ce qui évite les pertes du rayonnement « chaud » (infra-rouge) émis par les parois et les meubles d'une pièce. Toute la chaleur est ainsi conservée à l'intérieur.

Actuellement, ces fenêtres de qualité s'imposent en rénovation et en construction (en Europe). Quand le soleil se fait brûlant, en été, on peut utiliser des stores, des volets, des pare-soleil, ou encore des écrans végétaux (perdant leur feuillage en hiver, ils n'entraveront pas les rayons solaires à la mauvaise saison).

## II - CHAUFFAGE

L'être humain se sent bien entre 18 et 25° et dépense beaucoup d'énergie pour maintenir la température dans cette zone. En hiver il chauffe, en été il climatise !

Dans une maison parfaitement isolée, les échanges avec l'extérieur sont, en principe, tellement réduits que les calories apportées par les activités humaines, les appareils électroménagers, le soleil, s'il y en a, suffisent à maintenir une température convenable.

En dehors de ces cas encore rares, comment chauffer une maison de façon écologique ? Gaz, électricité, fioul, bois ?

Le choix d'un système de chauffage doit prendre en compte le rendement énergétique du système considéré, mais aussi son coût global en énergie, incluant la fabrication, l'installation, l'utilisation... (appelé énergie grise) et son impact sur l'environnement.

### 1- L'ELECTRICITE

Le chauffage électrique, considéré comme non polluant, est encore largement préconisé dans les constructions neuves...

Si elle est d'origine nucléaire ou hydraulique, la production d'électricité ne libère (presque) pas de CO<sub>2</sub>, contrairement aux centrales dites « thermiques ». Mais l'électricité a toujours un prix de revient élevé, dû aux infrastructures de production et d'acheminement. Même si son utilisation ne pollue pas, elle pose le problème d'épuisement du combustible, de production de déchets radioactifs, d'empreinte environnementale (centrales, barrages...).

### 2- LE GAZ

Le gaz de ville, le butane, le propane, le fioul, sont des moyens assez propres de se chauffer, mais produisent du CO<sub>2</sub>. Là encore, l'extraction, la production et le transport consomment, eux, de l'énergie et polluent.

### 3- LES RESSOURCES LOCALES ET RENOUVELABLES

Les moyens de chauffage faisant appel à des ressources locales et renouvelables sont bien plus intéressants. Il existe par exemple des moyens de produire de l'électricité sur site.

- Les éoliennes (version moderne du moulin qui tourne grâce au vent).

Leur avantage réside dans la disponibilité du vent jour et nuit, en toute saison (mais de façon aléatoire et intermittente).

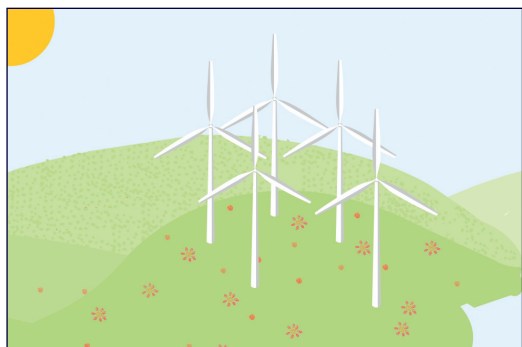


Fig. 4 - Eoliennes

● **Les panneaux solaires – évoqués par ailleurs – peuvent être thermiques ou photovoltaïques.**

Les cellules des **panneaux photovoltaïques** installés sur le toit d'une habitation transforment le rayonnement solaire en courant électrique. Selon l'ensoleillement, elles peuvent fournir tout ou partie du courant électrique directement utilisable (ou revendable à EDF). Dans de nombreuses régions ensoleillées, à la campagne ou en ville, les logements ou immeubles pourraient en être dotés ; il existe même des tuiles photovoltaïques qui sont plus esthétiques que les panneaux.

Particulièrement intéressants lorsqu'on est loin de tout réseau, ces dispositifs ont, pour l'instant, un coût d'installation élevé et un rendement peu compatible avec des équipements collectifs ou industriels. Cependant, leur développement extrêmement rapide tend à les rendre de plus en plus compétitifs.



Fig. 5 - Panneaux photovoltaïques

Avec l'aimable autorisation du Palais de la Découverte.

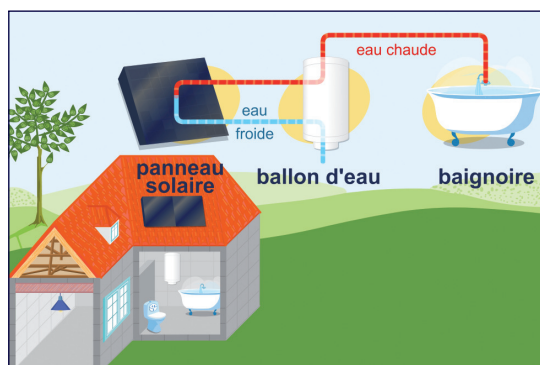


Fig. 6 - Panneaux solaires thermiques

**Les panneaux solaires thermiques** sont un système encore plus simple. Ils permettent de chauffer de l'eau (ou un fluide approprié), par circulation dans des tubulures exposées au soleil, et de la distribuer ensuite dans l'habitation comme eau sanitaire (chauffe-eau solaire) ou pour chauffer un plancher chauffant à circulation d'eau.

● **Le bois**

Son utilisation rationnelle (s'il est issu de forêts bien gérées) est bénéfique pour l'environnement car le bois absorbe autant de CO<sub>2</sub> lors de sa croissance qu'il en dégage en brûlant. Sa contribution à l'effet de serre est donc globalement nulle. Mais seuls certains bois (feuillus, comme le chêne, le hêtre ou le charme) brûlés dans des poêles à bois à haut rendement, ont un réel potentiel énergétique.

Exemples de rendements :

cheminée à foyer ouvert	moins de 10 %	
insert, foyer fermé :	30 à 50 % / de 70 à 85 %	selon la qualité du bois
poêle à bûches, acier/fonte	40 à 50 % / 70 % à 85 %	et la conception du système



### ● La géothermie

Sous nos pieds, la terre est de plus en plus chaude à mesure que l'on s'enfonce dans ses entrailles. Cette chaleur provient de la désintégration d'éléments radioactifs présents dans la croûte et l'intérieur de la terre. La température augmente en moyenne de 3°C tous les 100 mètres.

Depuis longtemps, l'homme tire parti de cette énergie dont les geysers (sources chaudes) ou les volcans sont des manifestations visibles. Si des énergies plus accessibles (charbon, pétrole) ont occulté son potentiel, aujourd'hui la géothermie a toute sa place dans les énergies renouvelables. Une ville entière comme Reykjavik (~170 000 habitants), en Islande, est chauffée par ce moyen.

En circulant profondément dans le sol, l'eau, l'air contenus dans les tuyaux se réchauffent. Ces fluides sont alors injectés dans l'habitation. Aucune pollution donc, mais là encore, un coût d'installation élevé et sans doute difficile à amortir.

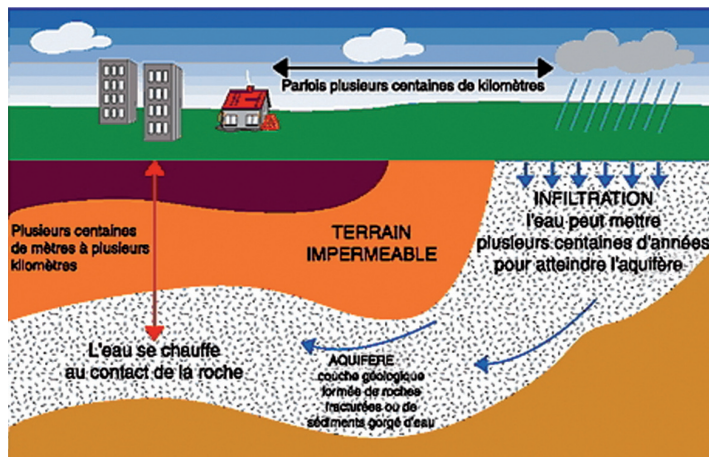


Fig. 7 - Principe de la géothermie

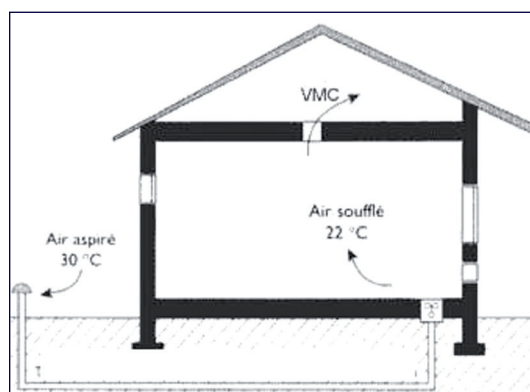


Fig. 8 - Puits provençal

### ● Puits canadien

Le puits canadien, appelé aussi puits provençal, est un système utilisant la géothermie de surface et l'inertie thermique du sol pour compenser les variations thermiques. Le principe consiste à faire passer une partie de l'air neuf entrant dans la maison, par des tuyaux enterrés dans le sol, à une profondeur de l'ordre de 1 à 2 mètres. En hiver, le sol est plus chaud que l'air extérieur : l'air froid est donc préchauffé lors de son passage dans les tuyaux et non prélevé directement de l'extérieur (bouches d'aération, fenêtres), d'où une économie de chauffage. A l'inverse, en été le sol est plus froid que l'air ambiant : ce «puits» astucieux utilise la fraîcheur relative du sol pour rafraîchir l'air entrant dans le logement et évite de climatiser.

La pompe à chaleur est le système qui, techniquement, permet de profiter de la géothermie ou du puits canadien... Elle relève le niveau de la température des fluides puisés dans le sol.

### ● Ventilation

Il est indispensable de renouveler l'air intérieur d'une habitation pour l'assainir et lui conserver un taux d'humidité raisonnable (autour de 50 %).

Dans une maison rendue quasiment étanche par son isolation, il faut pouvoir aérer et ventiler sans ouvrir les fenêtres. On utilise pour ce faire la Ventilation Mécanique Contrôlée ou VMC, dispositif qui assure le renouvellement de l'air à l'intérieur d'un logement.

L'air extérieur « neuf » est aspiré vers les pièces sèches puis vers les pièces humides. Il est ensuite éliminé via des bouches d'extraction placées dans ces pièces (salle de bain, cuisine) et reliées à un groupe d'extraction motorisé. Les systèmes les plus performants comportent un échangeur de calories entre l'air vicié sortant et l'air neuf entrant.

Les avantages, outre la qualité de l'air ambiant, sont :

- les économies d'énergie ( récupération de calories),
- l'isolation phonique (supprime l'ouverture des fenêtres),
- le confort par préchauffage (ou rafraîchissement) de l'air entrant.

Si, de plus, on couple ce dispositif à un puits canadien (ou provençal) décrit plus haut, on peut faire un gain appréciable de calories et donc réduire la facture de chauffage (ou de climatisation).

Beaucoup de ces installations utilisant des énergies renouvelables sont cependant à compléter suivant la saison ou le climat des régions où elles se trouvent.

### **III - ECONOMIE D'ENERGIE EN DEHORS DU CHAUFFAGE**

Les appareils électroménagers, les médias audiovisuels (télécommunications, image et son, informatique) et l'éclairage des habitations (en Europe, au moins) sont source de consommations électriques abusives et souvent sous-évaluées.

On peut penser qu'en position veille, le téléviseur ne consomme presque rien... En réalité, sa consommation n'est que faiblement réduite. Il n'est pas question de revenir à la bougie ! Mais il convient de soigner l'efficacité énergétique de ces équipements et d'en réduire l'usage.

### **IV - ECONOMIE DE L'EAU**

L'eau est une ressource précieuse et peu abondante sur terre. 99 % de l'eau terrestre sont sous forme salée ou gelée... L'eau douce rendue potable provient principalement de nappes souterraines, formées par l'eau de pluie tombée il y a des milliers d'années et qui chemine très lentement à grande profondeur. Elle n'est pas inépuisable.

Chaque français consomme environ 50 m<sup>3</sup> par an d'eau potable. Seule une infime partie de cette eau est destinée à un usage alimentaire. Le reste est utilisé pour la toilette et le nettoyage.

#### **1- COMMENT ECONOMISER L'EAU ?**

Dans une maison écologique, il faudrait :

- Eviter d'employer l'eau potable quand ce n'est pas utile (arrosage, lavage, WC) et de la gaspiller (douche prolongée, arrosages répétés, fuites).
- Utiliser des dispositifs "économiseurs", comme les chasses d'eau à double débit, les robinets limiteurs de débit, les arrosages goutte à goutte.
- Récupérer l'eau de pluie. Il est facile de capter les eaux de ruissellement du toit pour les stocker dans une citerne. Cela se pratique depuis des centaines d'années.

#### **2- POURQUOI EQUIPER SON HABITATION ?**

- Selon l'usage prévu, on réduit de 50 à 80 % sa facture d'eau !
- L'eau de pluie est naturellement douce (elle ne provoque pas de dépôt calcaire), elle évite donc le tartre dans les canalisations et les appareils de lavage. Certains dispositifs filtrants permettent d'utiliser cette eau dans les toilettes ou le lave-linge. On peut même recycler les eaux usées et les traiter pour des usages autres que la boisson ou la toilette.
- Enfin, le stockage de l'eau de pluie évite de puiser dans les nappes souterraines et retient une partie cette eau en cas de fortes pluies.

### **V - TRI ET RECYCLAGE**

Trier le verre, le papier ou les épluchures de légumes est déjà entré dans nos mœurs. Mais bien d'autres résidus de notre quotidien peuvent être recyclés, pour ne pas les gaspiller ou polluer notre environnement.

- **Les déchets alimentaires et végétaux, les papiers souillés**

Si l'on a un jardin, on peut les rassembler dans un composteur. Ils se dégraderont naturellement sous l'effet des

bactéries ou autres micro-organismes vivants et fourniront à terme un excellent engrais naturel, non polluant et gratuit.

- **L'aluminium** se recycle toujours (sauf le papier d'aluminium) et aussi tous les objets en métal (petits et gros appareils électroménagers, entre autres).

- **Les ampoules** basse consommation doivent, ainsi que les piles, être rapportées aux points de collecte spécifiques car elles contiennent des métaux lourds ou toxiques (et chers), comme le mercure ou le lithium, que l'on doit récupérer.

Les anciennes lampes, dites "à filament", sont constituées d'une ampoule de verre sous vide dans laquelle un filament de tungstène est porté à incandescence par le courant ; l'éclairage s'accompagne donc d'une grosse perte d'énergie sous forme de chaleur !

- **Les plastiques**

Il existe de nombreuses sortes de plastiques qui ont des propriétés et des applications fort différentes (voir tableau en annexe).

Mais ce sont tous des matériaux difficilement décomposés par les micro-organismes : ils ne sont pas biodégradables. Incassables, imputrescibles, ils ne craignent ni le gel ni l'assèchement et sont une source de pollution durable... Enfin, un certain nombre d'entre eux libèrent des produits toxiques lors de leur incinération, voire même de leur utilisation.

Les plastiques recyclables sont le PP (polypropylène), le PET (polyéthylène terephthalate), le PEHD (polyéthylène haute densité). Le plastique des bouteilles et des flacons (PET), par exemple, se recycle. On fait désormais des textiles en maille polaire à partir des bouteilles en plastique. C'est mieux que d'abandonner une bouteille qui polluera le paysage des centaines d'années sans se dégrader !

Les sacs plastiques du commerce (en PVC ou polychlorure de vinyle) ne se recyclent pas, il faut donc en réduire l'usage au maximum. La fabrication et l'incinération de ce plastique rejettent des substances cancérigènes.

**Toutefois, les chimistes s'efforcent de développer de nouvelles matières plastiques moins polluantes :**

**Les biofragmentables** sont constituées d'un film de polyéthylène dans lequel sont inclus des grains d'amidon. Avec le temps, ces derniers s'imbibent d'eau, gonflent et font éclater le film de PE.

**Les biodégradables** sont des plastiques dont les macromolécules ont des sites attaquables par des micro-organismes (bactéries ou champignons) dans l'eau, ou dans l'air ( $\text{CO}_2$ ). Le plastique biodégradable peut être produit à partir de biomatériaux (tubercules, comme le manioc ou la pomme de terre ou encore la canne à sucre). Par exemple, les racines de manioc sont moulues puis incorporées dans une solution où une enzyme produit de l'acide lactique. Celui-ci est récupéré puis chauffé afin de produire un plastique biodégradable.

Mais plusieurs de ces plastiques biodégradables sont fabriqués à partir de pétrole, tout comme le plastique ordinaire.

**Recyclage et chauffage écologique** se rejoignent dans le chauffage urbain : la chaleur dégagée par l'incinération des ordures ménagères permet la production de vapeur qui alimente le chauffage de nombreux immeubles dans les villes.

## CONCLUSION

Idéalement, on peut aboutir à un habitat "passif", utilisant l'énergie solaire (au sens large) et quasiment autonome en énergie, assurant une meilleure qualité de vie grâce à des matériaux sains et efficaces, tout en laissant une empreinte minimale sur son environnement.



## **PROPOSITIONS D'EXPERIENCES SUR LA MAISON ECOLOGIQUE**

*On illustre le thème de l'énergie, en particulier comment l'économiser en construisant une maison écologique : différents états de la matière (solide, liquide, gazeux), pouvoir isolant des matériaux, utilisation d'énergies renouvelables, économie d'eau, recyclage des déchets.*

*Les échanges transcrits ci-dessous, entre le professeur P et ses élèves E, sont donnés à titre indicatif pour illustrer les étapes possibles du travail de classe et pourront être adaptés si nécessaire à l'âge et au niveau des élèves.*

*Remarque : on a écrit en italique les notions que le professeur peut aborder, sans toutefois que les connaissances et le vocabulaire spécifique correspondant soient à maîtriser et à retenir par les élèves.*

### **I - MATERIEL REQUIS :**

- de la pâte à modeler, un petit seau de sable, des verres,
- un bol, une cuillère en métal, une cuillère en bois,
- 3 boîtes de conserve vides, recouvertes de papier noir, blanc et bleu,
- un thermomètre,
- un pluviomètre,
- une bouteille d'eau de 1,5 L, vide,
- plusieurs récipients de tailles différentes,
- une ampoule à incandescence,
- une ampoule « basse consommation »,
- des vieux journaux, un cadre en bois avec tamis, un grand bac, de vieux torchons, une plaque de bois,
- le tableau des coefficients de conductivité thermique des matériaux,
- le schéma de la géothermie (pompe à chaleur), Fig.7
- le tableau des consommations d'ampoules électriques,
- le schéma des panneaux solaires photovoltaïques et thermiques, Fig.5 et Fig.6
- le schéma des éoliennes, Fig.4
- le tableau de la durée de vie estimée des déchets les plus courants,
- les deux schémas de traitement et valorisation des déchets (Syctom),
- les principales matières plastiques et leurs codes d'identification pour le recyclage.

### **II - CONNAISSANCES ABORDEES :**

- les différents états de la matière : solide, liquide, gazeux,
- *la conduction de la chaleur par les matériaux,*
- les énergies fossiles et les énergies renouvelables,
- l'économie d'énergie (exemple de l'électricité),
- l'économie d'eau,
- la durée de vie des déchets,
- le tri et le recyclage des déchets.

### **DUREE APPROXIMATIVE DE LA SEANCE COMPLETE : 2H**

Remarque : ce programme d'expériences peut être aisément scindé en 2 parties, chaque partie durant approximativement 1 heure. L'une pourra être consacrée aux propriétés des matériaux entrant dans la réalisation d'une maison écologique, l'autre aux économies d'eau et d'énergie et aux problèmes liés au traitement des

déchets.

**La conception d'une maison écologique doit :**

- Mettre en œuvre des matériaux de construction solides et isolants, économiser les énergies fossiles et capter les énergies naturelles renouvelables,
- Economiser l'eau,
- Trier et recycler les déchets.

## **I - LES MATERIAUX ECOLOGIQUES**

**\*\*Les différents états de la matière**

**P :** quels sont les différents états de la matière ?

**E :** solide, liquide, gazeux.

**P :** oui. Donnez-en un exemple simple.

**E :** l'eau : solide au-dessous de 0°C, liquide entre 0°C et 100°C, vapeur au-dessus de 100°C.

**P :** oui. Quels sont les objets qui entrent dans la construction d'une maison et dans quel état physique se trouvent-ils ?

**E :** bois, briques, parpaings, tuiles, béton, verre, etc. Ce sont des solides.

**P :** oui. Un caillou, une table, un verre, un bâton de pâte à modeler sont des solides. Les solides sont facilement reconnaissables : on peut les saisir facilement entre les doigts. Les solides ont une forme, même si celle-ci peut changer selon la pression qu'on exerce sur eux (exemple de la pâte à modeler).

**P :** donnez-moi des exemples de liquides.

**E :** la boisson à la cantine, l'eau de la rivière, l'alcool, etc.

**P :** à quoi les reconnaît-on ?

**E :** on ne peut pas saisir un peu d'eau du bout des doigts. Les liquides coulent. Leur forme change : ils prennent la forme du récipient qui les contient.

**P :** prenez un verre et mettez de l'eau dedans. Comment est la surface du liquide ?

**E :** horizontale.

**P :** oui, et même si vous penchez le verre ?

**E :** oui.

**P :** en effet, le liquide a toujours sa surface horizontale.

**P :** connaissez-vous un autre état de la matière autour de nous ?

**E :** le gaz.

**P :** quels sont les gaz que vous connaissez ?

**E :** l'air, l'oxygène, le gaz de ville, le gaz butane, le gaz carbonique, la vapeur d'eau, etc.

**P :** pouvez-vous saisir un gaz ?

**E :** non.

**P :** effectivement. Même si on ne le voit pas ou si on ne le sent pas, un gaz remplit entièrement le récipient où on l'a mis. Ce récipient n'est donc pas vide.

**P :** la matière peut donc présenter trois aspects : solide, liquide, gazeux. Mais le comportement peut parfois être différent. Prenons l'exemple du sable. Peut-on prendre un grain de sable entre ses doigts ?

**E :** oui.

**P :** dans quel groupe le ranger ?

**E :** il a une forme, c'est donc un solide.

**P :** pourtant, je peux remplir un seau avec ce sable, une brouette, un verre.

**E :** les élèves remplissent leur verre de sable.

**P :** que constatez-vous ?

**E :** l'ensemble des petits grains de sable prend la forme du récipient.

**P :** oui. Connaissiez-vous d'autres exemples d'un tel comportement ?

**E :** le sucre en poudre, la farine, etc.

**P :** comment se présente la surface de séparation du sable avec l'air ?

**E :** elle n'est pas naturellement plane et horizontale.

**P :** oui. Pour ces composés, chaque petit grain se comporte comme un solide, alors que l'ensemble peut couler comme un liquide. Tout est question d'échelle : le liquide, à l'échelle de la molécule ; le sable ou la farine, à

l'échelle du grain.

### **\*\*Propriétés thermiques des matériaux**

Un bon matériau de construction doit permettre de compenser la différence de température entre deux milieux, l'extérieur et l'intérieur de la maison : on dit que c'est un bon échangeur thermique. Par ailleurs, on doit pouvoir garder la chaleur (en hiver) ou la fraîcheur (en été) : il faut un bon isolant.

#### **a - La conduction thermique assure un bon transfert de chaleur à travers les solides.**

**P :** lorsqu'on chauffe une cuillère métallique à l'une des ses extrémités, l'autre extrémité s'échauffe et on se brûle. Pourquoi ?

**E :** la chaleur s'est propagée, c'est à cause du métal...

**P :** et si on s'arrête subitement de chauffer l'extrémité de la cuillère ?

**E :** la température diminue, puis la cuillère se refroidit rapidement.

**P :** et si on fait la même chose avec une cuillère en bois ?

**E :** la cuillère en bois ne s'échauffe pas.

**P :** on voit donc que la cuillère métallique « conduit » la chaleur et le froid. Cette propriété s'appelle la conduction thermique. Qu'est-ce qu'un bon conducteur ?

**E :** celui qui donne des échanges rapides.

**P :** qu'est-ce qu'un mauvais conducteur ?

**E :** celui qui limite les échanges.

**P :** pouvez-vous m'en donner quelques exemples dans la vie courante ?

**E :** réponses des élèves.

**P :** oui, effectivement, en prenant le petit déjeuner le matin, on peut se brûler avec la cuillère trempée dans le bol de liquide chaud, tandis que l'on peut prendre le bol avec les mains sans se brûler. Le bol (en céramique ou en verre) se réchauffe et se refroidit plus lentement.

**P :** connaissez-vous des objets de la vie courante utilisés pour garder au chaud, garder au froid, protéger contre la chaleur ?

**E :** bouteille thermos, glacière, dessous-de-plat, etc.

**P :** en quoi sont-ils faits ?

**E :** verre, plastique, bois, liège, etc.

**P :** ce sont donc des matériaux très mauvais conducteurs de la chaleur ; on les appelle des isolants. Ils empêchent la chaleur, ou le froid, de se propager.

**P :** voici un tableau des coefficients de conductivité thermique de différents matériaux. Quels sont les meilleurs conducteurs thermiques ?

**E :** diamant, argent, cuivre, or, aluminium, zinc, fer, acier inox.

**P :** on comprend ainsi pourquoi les ustensiles de cuisine destinés à être chauffés sont en aluminium ou en acier inox : ce sont de très bons conducteurs thermiques.

**P :** Quels sont les meilleurs isolants ?

Matériau	Acier inox	Air	Aluminium	Argent	Béton	Bois de chêne	Brique
Conductivité	26	0,0262	237	418	0,92	0,6	0,84
Matériau	Caoutchouc	Cuivre	Diamant	Eau pure	Fer	Granite	Laine
Conductivité	0,4	390	2000	0,6	80	2,2	0,05
Matériau	Liège	Mousse de polyuréthane	Or	Ouate de cellulose	Paille	Polystyrène expansé	Roseau (en panneau)
Conductivité	0,04	0,025	317	0,041	0,04	0,036	0,056
Matériau	Terre sèche	Verre	Zinc				
Conductivité	0,75	1,2	116				

**E :** air, mousse de polyuréthane, polystyrène expansé, ouate de cellulose, liège, laine, ... bois.

**P :** voilà pourquoi on utilise en cuisine des cuillères en bois pour ne pas se brûler, un dessous-de-plat en bois ou en liège pour ne pas brûler la nappe, et pourquoi on fabrique des fenêtres à double vitrage pour y emprisonner une couche d'air qui isole l'intérieur de l'extérieur.

**P :** quels matériaux vaut-il mieux utiliser pour isoler une maison et en conserver la chaleur ou la fraîcheur ?

**E :** béton, bois, brique.

**P :** oui. Et que va-t-on utiliser pour assurer encore une meilleure isolation ?

**E :** des panneaux de mousse de polyuréthane, de liège, de polystyrène expansé.

**P :** oui. Et l'air ?

**E :** ?

**P :** l'air est un excellent isolant. Ainsi, pour améliorer encore l'isolation de la maison, on met à profit les alvéoles remplies d'air existant dans les panneaux de polystyrène expansé par exemple.

**b - Le rayonnement thermique est différent de la conductivité thermique**, puisque les matériaux qui échangent de la chaleur n'ont pas besoin d'être en contact. C'est en effet l'émission d'ondes électromagnétiques par un corps chauffé qui constitue le rayonnement.

**P :** connaissez-vous des sources de chaleur qui rayonnent ?

**E :** un poêle, une cheminée, le soleil, une ampoule électrique allumée, etc.

**P :** oui. Quand on tend les mains vers ces sources, on se réchauffe sans les toucher ! On dit qu'elles rayonnent de la chaleur. Même le corps humain rayonne... Et la Terre ?

**E :** elle réémet une partie du rayonnement reçu par le Soleil.

**P :** oui, sous forme de chaleur. Et si des composés gazeux, comme le dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$  par exemple sont en trop grande quantité dans l'atmosphère, le rayonnement de la Terre est partiellement absorbé et la Terre a tendance à se réchauffer : c'est ce qu'on appelle l'effet de serre.

**P :** que ressentez-vous si vous êtes au soleil avec un T-shirt noir ? ou blanc ?

**E :** on a plus chaud avec le noir.

**P :** vous allez faire une expérience qui va le prouver. Vous disposez d'une boîte de conserve recouverte de papier noir, une autre recouverte de papier blanc et une autre recouverte de papier bleu, chacune avec un trou dans le couvercle pour y placer un thermomètre. Vous les remplissez d'eau. Vous exposez les trois boîtes (noire, blanche et bleue) directement aux rayons du soleil. Vous relevez les températures dans chacune des boîtes et les reportez sur un tableau en fonction du temps.

**E :** les élèves font l'expérience.

**P :** que concluez-vous ?

**E :** plus la couleur de la boîte est foncée, plus la température s'élève.

**P :** oui, les couleurs sombres absorbent mieux la chaleur, tandis que les plus claires la renvoient.

## II - LES ENERGIES UTILISABLES

**P :** quelles sont les différentes sources d'énergie utilisables ?

**E :** réponses des élèves.

Energies solaire, éolienne, ...

**P :** oui, parmi celles-ci, certaines se renouvellent mais ne sont pas permanentes. Lesquelles ?

**E :** réponses des élèves.

**P :** oui. Certaines s'épuisent. Lesquelles ?

**E :** réponses des élèves.

Energies solaire, éolienne, hydroélectrique, marémotrice. Pétrole, charbon, gaz, nucléaire, biomasse (bois), puits de chaleur thermique (exemple des pompes à chaleur), etc.

**P :** quelles sont les sources d'énergie qu'il faudrait utiliser préférentiellement pour une maison écologique ?

**E :** les énergies naturelles renouvelables.

**P :** oui. La plupart sont utilisées sous forme de courant électrique (éolienne, hydroélectrique, solaire photovoltaïque, marémotrice) fourni à la maison. D'autres, comme les pompes à chaleur, la biomasse (les granulés de bois par exemple), le solaire classique, fournissent directement leur propre énergie pour chauffer la maison et les circuits d'eau.

### III - ECONOMISER L'EAU ET L'ELECTRICITE

#### a - Economiser l'eau

P : l'eau est rare, surtout l'eau douce, et encore plus l'eau potable. On va prendre quelques exemples pour avoir une idée des quantités d'eau utilisées par une famille de 4 personnes.

Comment estimer le coût annuel de l'eau des toilettes, si on utilise l'eau du robinet, sachant que le prix d'un m<sup>3</sup> d'eau vaut 2,6 euros ?

E : en remplissant la chasse d'eau avec une bouteille de 1,5 L pour connaître son volume et en comptant le nombre d'utilisations.

P : oui.

E : les élèves constatent qu'il faut environ 5 bouteilles d'eau pour remplir le réservoir d'une chasse d'eau.

P : combien de fois par jour va-t-on aux toilettes ?

E : les élèves ont choisi 4 fois.

P : quelle est donc la consommation par jour, par an, et son coût ?

E :  $4 \times 4 \text{ personnes} \times 7,5 = 120$  litres d'eau par jour  $\times 365 = 43\,800$  litres par an.

Conversion en m<sup>3</sup> (1 m<sup>3</sup> = 1 000 litres) : 43,8 m<sup>3</sup>.

Dépense annuelle :  $43,8 \times 2,6 = 113,88$  euros.

P : bien. Voyons maintenant s'il est préférable de prendre un bain ou une douche pour économiser l'eau. La baignoire est supposée être un parallélépipède : largeur 50 cm, longueur 1m50, profondeur 40 cm ; elle est remplie aux 2/3. Le débit d'eau de la douche est égal à 6 litres par 5 minutes, la personne restant au plus 10 mn sous la douche.

E : on va d'abord calculer le volume de la baignoire :  $0,5 \times 1,5 \times 0,4 = 0,3 \text{ m}^3$ , soit 300 litres.

Volume d'eau utilisée pour le bain :  $300 \times 2/3 = 200$  litres.

Evaluation du volume d'eau utilisé pour la douche :  $6 \times 10 = 60$  litres.

P : conclusion ?

E : une douche consomme environ 3 fois moins d'eau qu'un bain.

P : oui. Pour économiser l'eau, il est largement préférable de prendre une douche plutôt qu'un bain.

P : comment pourrait-on récupérer de l'eau pour la maison ?

E : en récupérant l'eau de pluie qui tombe sur l'aire du toit.

P : oui. Pour savoir ce qu'on pourrait récupérer, il faut mesurer la quantité d'eau tombée à l'aide d'un appareil appelé pluviomètre.

Les élèves remarquent que le pluviomètre est gradué en millimètres. En effet, la quantité d'eau tombée sur une aire déterminée est fonction de la hauteur d'eau tombée. Les élèves disposent dans la cour un jour de pluie des récipients de tailles différentes et mesurent en fin de journée la hauteur de l'eau. Ils constatent que le résultat est le même, quelles que soient les dimensions du récipient.

P : on va calculer l'aire du toit qui est supposée être rectangulaire (10 m x 18 m) et supposer que la hauteur d'eau reçue durant ce mois est égale à 70 mm.

E : calcul de l'aire du toit  $10 \text{ m} \times 18 \text{ m} = 180 \text{ m}^2$ .

E : volume d'eau reçu sur le toit :  $180 \times 0,07 = 12,6 \text{ m}^3$ .

P : à 2,6 euros le m<sup>3</sup>, combien pourrait-on économiser ?

E :  $2,6 \times 12,6 = 32,76$  euros économisés durant ce mois, en récupérant l'eau de pluie.

P : et sur l'année ? Pour cela, je vous invite à aller chercher sur Internet la carte des hauteurs de précipitation annuelles dans notre région et à calculer ainsi l'économie que l'on pourrait faire en récupérant l'eau de pluie pendant une année complète.

#### b - Economiser l'électricité

P : prenons l'exemple des nouvelles ampoules dites de « basse consommation » en les comparant aux ampoules classiques à incandescence. Le tableau suivant nous montre que remplacer une ampoule classique à filament de 75 W par une ampoule basse consommation de 15 W permet une réelle économie pour assurer le même éclairage. En effet, il suffit de calculer quel est le rapport qualité/prix entre chacun des 2 types d'ampoules.

P : vous pouvez aussi montrer qu'on peut très facilement économiser l'électricité en veillant à ne pas laisser les postes de télévision en veilleuse lorsqu'on ne regarde plus la télé. Regardez chez vous les caractéristiques de votre poste de télé et vous pourrez calculer la puissance électrique dépensée lorsqu'il est laissé en veilleuse.

	Lampe à incandescence	Lampe halogène	Lampe fluocompacte
Puissance	75 W	60 W	15 W
Durée de vie	1 000 h	2 000 h	10 000 h
Remplacement	1 an	2 ans	11 ans
Durée d'éclairage pour 1 kWh	13 h	17 h	66 h
Coût moyen	1 à 2 euros	5 à 10 euros	10 à 15 euros

#### IV - TRAITEMENT ET RECYCLAGE DES DECHETS

**P :** on dit souvent qu'il ne faut pas gaspiller ; pourquoi ?

**E :** parce que les déchets sont coûteux et abîment l'environnement ...

**P :** dans l'**annexe I** sont indiquées les durées de vie des déchets si on les laisse dans la nature. On voit que c'est le papier qui se décompose le plus rapidement (il faut malgré tout de 3 à 12 mois), et que c'est le verre qui dure le plus longtemps (5 000 ans) ; c'est pourquoi les archéologues trouvent des traces des civilisations anciennes ! Il faut remarquer également qu'une bouteille en plastique met plusieurs centaines d'années avant de disparaître.

**P :** nous allons imaginer ce que devient un objet récemment mise à la poubelle. Choisissons trois objets bien différents.

**E :** un trognon de pomme, une bouteille plastique, une canette de soda...

**P :** où est-il maintenant ?

**E :** poubelle, recyclage...

**P :** que devient-il ?

**E :** brûlé, composté, récupéré...

**P :** va-t-il disparaître complètement ? Pourquoi ? Pourquoi pas ? Dans combien de temps ? Est-il réutilisable ?

**E :** ?

**P :** en quoi les « ordures » choisies sont-elles différentes ?

**E :** objets, nourritures, périssables ou non...

**P :** que se passe-t-il lorsqu'on brûle des ordures ?

**E :** cendres, fumées, chaleur...

**P :** comment peut-on utiliser cette chaleur ?

**E :** chauffage de l'eau, chauffage central, turbines.

**P :** et les cendres ?

**E :** ?

**P :** on les utilise pour le soubassement des routes.

(Voir diagrammes du Sycotom : valorisation des déchets et valorisation de l'énergie.)

**P :** essayons maintenant de recycler du papier.

##### Matériel :

- vieux journaux,
- cadre en bois et tamis,
- un grand bac,
- de vieux torchons,
- une plaque de bois.

##### Réalisation :

- Couper le papier journal en petits morceaux.
- Mettre l'ensemble dans une bassine et mélanger avec de l'eau pour obtenir une pâte. Mettre la pâte dans un grand bac plein d'eau.



- Mettre le tamis recouvert du cadre en bois au fond du grand bac puis remonter l'ensemble : la pâte se dépose dessus.
- Egoutter le tout. Retirer le cadre en bois : la future feuille de papier est visible.
- Recouvrir la feuille de papier avec un torchon. Retourner l'ensemble. Tapoter le tamis : la feuille se décolle.
- Recouvrir la feuille d'un autre torchon.
- Appliquer la plaque en bois sur la feuille de papier prise entre les deux torchons et appuyer très fort pour faire sortir l'eau de la feuille.
- Laisser sécher sous presse (pendant deux jours environs) puis à l'air libre.

Et signer sur la feuille de papier recyclé !!

## ANNEXE 1

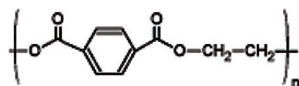
**Durée de vie estimée des déchets les plus courants** (source : « La journée de l'écocitoyen » de Sabine de Lisle, éditeur Sud-Ouest)

- mouchoir en papier : 3 mois
- journal : 3 à 12 mois
- allumette : 6 mois
- cigarette avec filtre : 1 à 2 ans
- peau de banane : 8 à 10 mois
- chewing-gum : 5 ans
- papier de bonbon : 5 ans
- briquet en plastique : 100 ans
- sac en plastique : 400 ans
- bouteille en plastique : 500 ans
- polystyrène : 1 000 ans
- carte téléphonique : 1 000 ans
- bouteille en verre : 5 000 ans

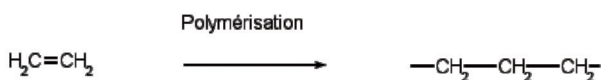
## ANNEXE 2

Les plastiques et leurs codes d'identification du point de vue du recyclage :

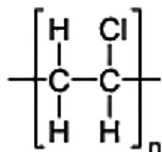
- **Polyéthylène téréphtalate (PET)**. Souvent utilisé pour les bouteilles de boissons gazeuses, d'huile de cuisine... C'est actuellement le plastique le plus recyclable.



- **Polyéthylène haute densité ou High Density Polyethylene (HDPE)**. Souvent utilisé pour les bouteilles de détergents, jus de fruits... Il représente 50 % du marché des bouteilles en plastique. Il est recyclable.



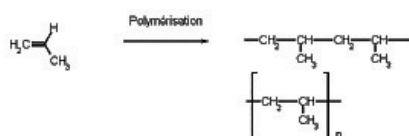
• **Polychlorure de vinyle (PVC).** Un des plastiques les plus utilisés (20 % de l'ensemble des plastiques) après les polyéthylènes (32 %). La fabrication et l'incinération de ce plastique non recyclable rejettent des dioxines, des substances cancérigènes et des disruptifs hormonaux.



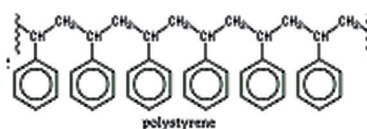
• **Polyéthylène basse densité ou Low Density Polyethylene (LDPE).** Utilisé pour certains emballages plastiques.



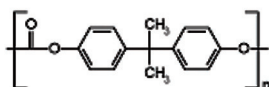
• **Polypropylène (PP).** Un des plastiques les plus répandus. Utilisé pour certaines tasses pour enfant, certaines gourdes souples réutilisables pour sportifs, des récipients alimentaires réutilisables, les pots de yoghourt, de margarine. Recyclable.



• **Polystyrène (PS).** Le polystyrène peut laisser filtrer du styrène, un cancérigène potentiel. Il ne faut pas chauffer les aliments dans des récipients en polystyrène.



• **Polycarbonate.** La plupart des biberons et certaines tasses pour bébé sont faits de polycarbonate translucide et rigide, tout comme les bonbonnes d'eau. Des études récentes ont montré que le bisphénol-A présent dans ce plastique pouvait s'exfiltrer. Il vaut donc mieux choisir un plastique opaque comme le polypropylène (5) ou le polyéthylène (1), qui ne contiennent pas de bisphénol-A.



# Le centre de valorisation énergétique

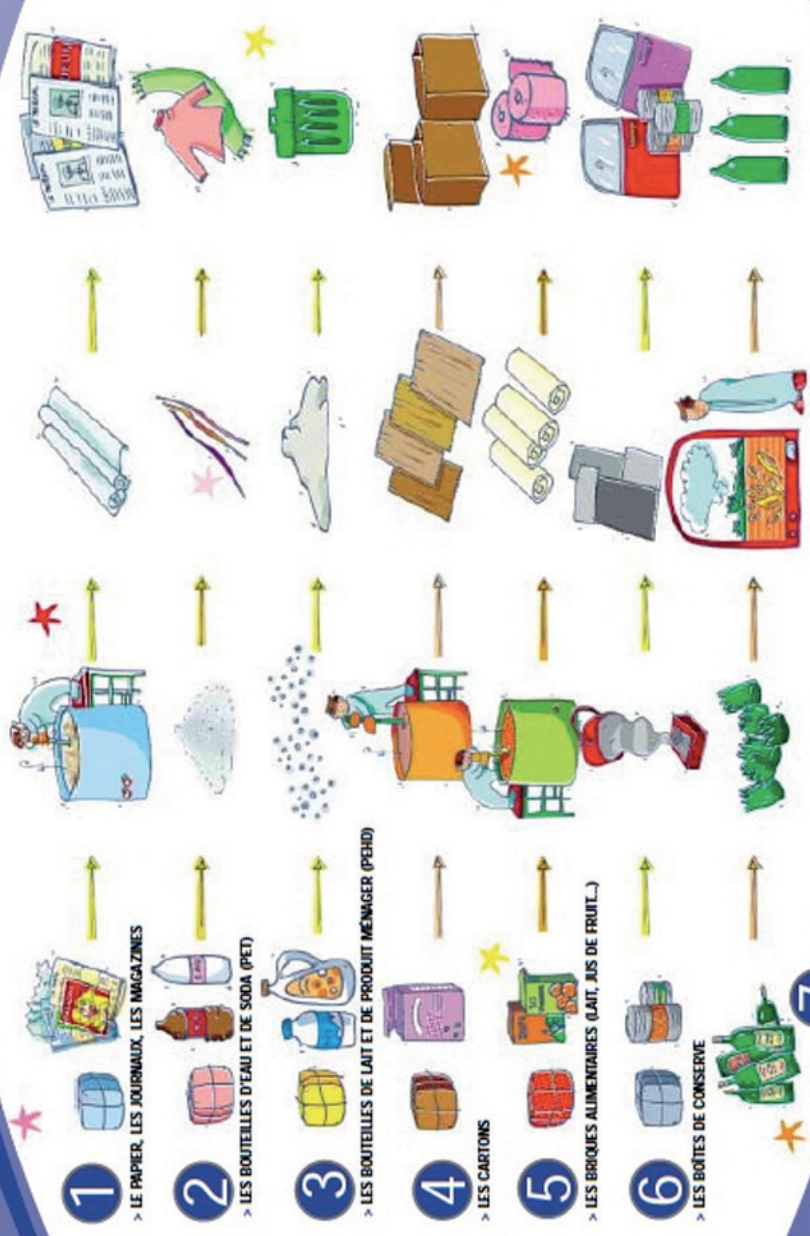
**SYCTOM**  
DE L'AGGLOMÉRATION PARISIENNE  
Site web : [www.syctom-paris.fr](http://www.syctom-paris.fr)



- 1 LA COLLECTE DES DÉCHETS**  
Des camions passent dans les rues pour ramasser les déchets non triés et les transporter dans un centre de valorisation énergétique.
- 2 LA PESÉE**  
Les camions passent dans la balance et à sa sortie, passe sur la balance. La différence entre son poids lorsqu'il est plein et son poids lorsqu'il est vide donne le tonnage des déchets apportés par la commune (environ 5 tonnes par camion).
- 3 LE DÉCHÈQUEMENT**  
Le camion déverse son chargement dans une fosse. Puis les déchets sont transportés jusqu'au tour à l'aide d'un grappin, sorte de gigantesque main mécanique, qui attrape 3,5 tonnes de déchets à chaque pince. Les déchets sont alors envoyés dans les décharges d'environ 3 600 habitants.
- 4 LE FOUR**  
Les déchets sont brûlés dans le four. À l'intérieur du four, la température est très élevée : entre 850 et 1 200°C ! Il s'agit d'un gros ventilateur qui souffle dans le four et qui aspire les odeurs. L'oxygène contenu dans l'air est le seul élément nécessaire à la combustion.
- 5 LA PRODUCTION DE VAPEUR D'EAU**  
Quand les déchets brûlent, la chaleur qui leur reste réchauffe l'eau. C'est cette vapeur d'eau que l'on va utiliser pour produire de l'énergie. On parle de valorisation énergétique. Quand on brûle 8 kg de déchets, on produit 16 kg de vapeur.
- 6 LA VALORISATION ÉNERGÉTIQUE**  
La vapeur, mise sous pression, entraîne une turbine qui produit de l'électricité (c'est la même façon que la dynamo de son vélo). Cette énergie électrique sera utilisée d'abord par l'usine pour son fonctionnement, et aussi pour alimenter des habitations. Quand elle sort de la turbine, les ondes de chaleur sont envoyées en ville. C'est ce qu'on appelle la cogénération. Les déchets qui restent sont envoyés dans une usine de valorisation énergétique qui chauffe son immeuble. Il faut la quantité de déchets produits par 6 personnes pour subvenir aux besoins en chauffage d'une personne.
- 7 LA VALORISATION MATIÈRE**  
Après le tour, que reste-t-il ? Les déchets qui restent sont appelés « mâchures ». Grâce à un processus appelé « séparation », on obtient des cailloux solides appelés « mâchures ». Grâce à un gros aimant, elles sont débarrassées du métal qu'elles contiennent, qui va servir à la fabrication de tige en acier. Une fois bien nettoyé, le reste des mâchures servira de première couche pour la construction. Elles sont envoyées dans des usines (concrètes) servant à construire 6,6 cm de routes.



# Le recyclage des déchets



**1 > LE PAPIER, LES JOURNAUX, LES MAGAZINES**  
Les boîtes de papier qui sortent du centre de tri arrivent dans une presse à papier. Cette presse est utilisée pour fabriquer de nouveaux rouleaux de papier recyclé. Ce papier recyclé va servir à fabriquer de nouveaux journaux, magazines, etc. On peut aussi fabriquer des cahiers et des livres.

**2 > LES BOUTEILLES D'EAU ET DE SODA (PET)**  
Les boîtes de plastique (PET) des bouteilles de lait ou de produit ménager sont transformées en matière granuleuse. Celle-ci sert ensuite à fabriquer de nouveaux objets en plastique comme la prothèse.

**3 > LES BOUTEILLES DE LAIT ET DE PRODUIT MÈNAGER (PEHD)**  
Les boîtes de plastique (PEHD) des bouteilles de lait ou de produit ménager sont transformées en matière granuleuse. Celle-ci sert ensuite à fabriquer de nouveaux objets en plastique comme la prothèse.

**4 > LES CARTONS**  
Tout comme les journaux et magazines, les boîtes de carton sont transformées en rouleaux de papier recyclé. Ce papier recyclé va servir à fabriquer de nouveaux journaux, magazines, etc. On peut aussi fabriquer des cahiers et des livres.

**5 > LES BRIQUES ALIMENTAIRES (LAIT, JUS DE FRUIT...)**  
Les boîtes de plastique (PET) des bouteilles de lait ou de produit ménager sont transformées en matière granuleuse. Celle-ci sert ensuite à fabriquer de nouveaux objets en plastique comme la prothèse.

**6 > LES BOTTES DE CONSERVE**  
Les boîtes de boîtes de conserve qui sortent du centre de tri sont également chauffées dans un grand bain, puis transformées en plaques de fer. Avec ces plaques de fer, on fabrique de nouveaux objets en acier. On peut aussi fabriquer des cahiers et des livres.

**7 > LE VERRE**  
Les boîtes de verre qui sortent du centre de tri arrivent dans une presse à papier. Cette presse est utilisée pour fabriquer de nouveaux rouleaux de papier recyclé. Ce papier recyclé va servir à fabriquer de nouveaux journaux, magazines, etc. On peut aussi fabriquer des cahiers et des livres.

