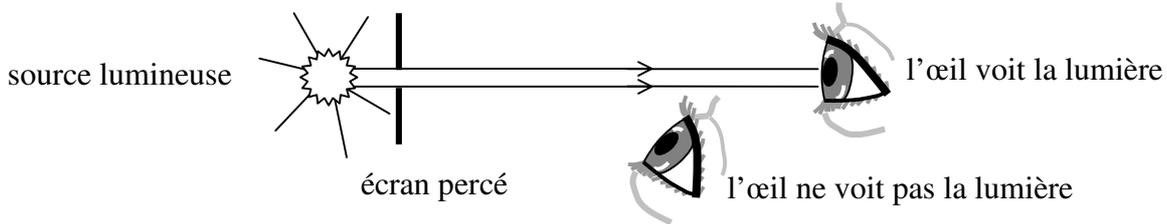


1 Représentation visuelle

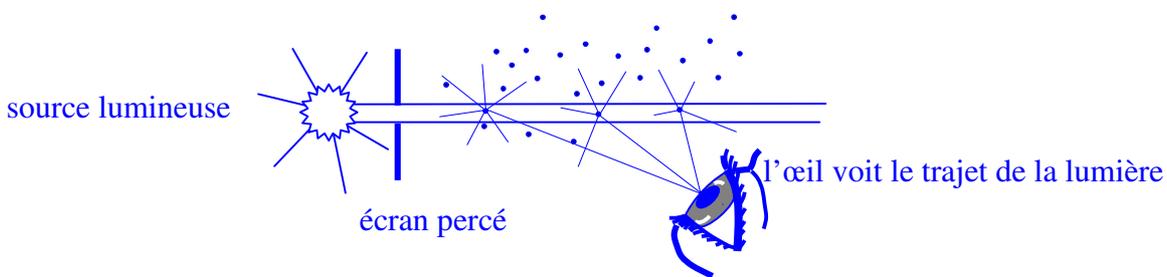
1.1 L'œil : système optique et formation des images

1.1.1 Conditions de visibilité d'un objet

Un objet ne peut être vu que s'il émet de la lumière (ou s'il est éclairé) et que celle-ci pénètre dans l'œil.



Parfois, l'œil situé hors du trajet de la lumière aperçoit ce trajet grâce aux fines particules en suspension dans l'air ; ces particules éclairées diffusent la lumière qu'elles reçoivent, devenant autant de points lumineux.



1.1.2 Modèle réduit de l'œil

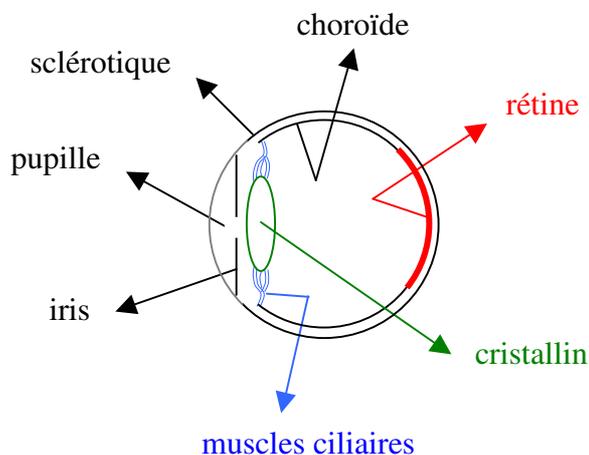
L'œil est un globe sphérique, limité extérieurement par la sclérotique (membrane blanche, épaisse et résistante, pratiquement indéformable). La partie antérieure de cette membrane, appelée cornée, est transparente.

Une deuxième membrane, la choroïde, transforme l'œil en chambre noire, diaphragmée par l'iris (dont la teinte donne aux yeux leur couleur) ; l'ouverture de ce diaphragme est appelée pupille.

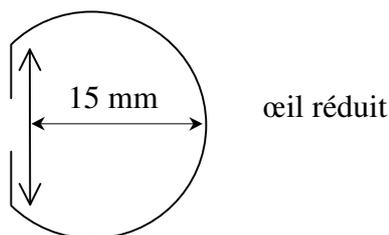
Le cristallin est un corps élastique transparent que peuvent déformer les muscles ciliaires.

Les deux chambres du globe oculaire sont complètement remplies de substances transparentes.

La chambre postérieure est tapissée intérieurement par la rétilne qui contient les cellules visuelles sensibles à la lumière et communique avec le cerveau par les fibres du nerf optique.



L'ensemble des milieux transparents de l'œil se comportent pratiquement comme une lentille convergente diaphragmée. L'ensemble formé par la lentille, le diaphragme et l'écran sensible que constitue la rétine s'appelle l'œil réduit :



1.1.3 Les lentilles

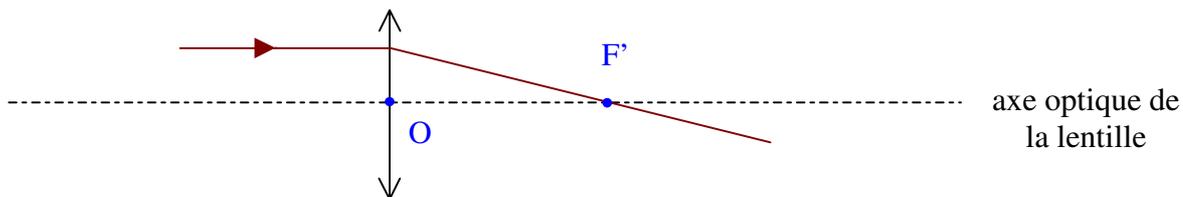
Une lentille est un milieu transparent limité par deux calottes sphériques (ou par une calotte sphérique et un plan).

On distingue les lentilles à bord mince (lentilles convergentes) et les lentilles à bord épais (lentilles divergentes).



1.1.4 Lentilles minces convergentes

Tout rayon incident parallèle à l'axe optique principal émerge de la lentille en passant par le foyer principal image.



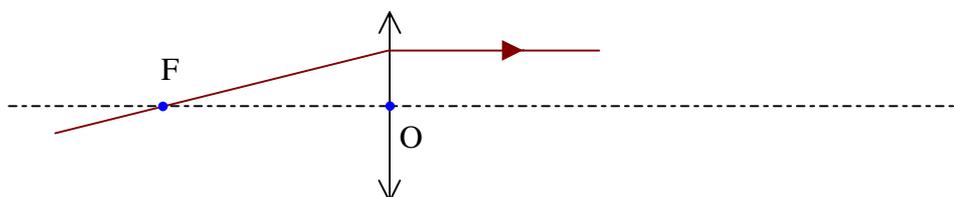
Vocabulaire

O « centre optique » de la lentille.

F' « foyer principal image » de la lentille.

$\overline{OF'}$ valeur algébrique de la distance entre les points O et F' (appelée distance focale image f').

Tout rayon incident qui passe par le foyer principal objet émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique.

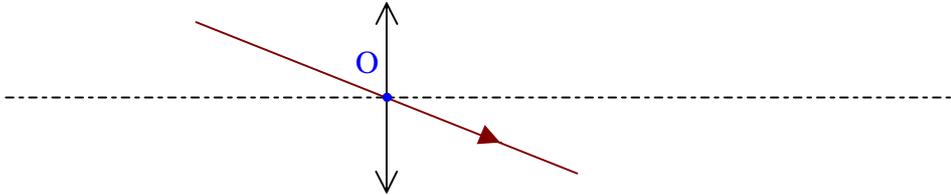


Vocabulaire

F « foyer principal objet » de la lentille.

\overline{OF} valeur algébrique de la distance entre les points O et F (valeur négative dans cet exemple).

Tout rayon incident qui passe par le centre optique de la lentille n'est pas dévié.

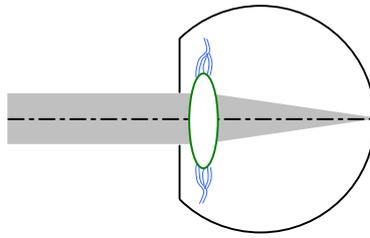


Remarque la vergence C d'une lentille mince est l'inverse de sa distance focale image (unité la dioptrie « δ »). :

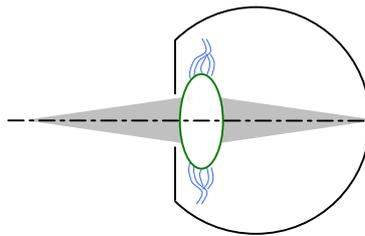
$$C = \frac{1}{f'} \quad (f' \text{ doit être exprimé en mètre dans ce calcul})$$

1.1.5 L'œil et l'accommodation

L'image d'un objet situé à l'infini se forme sur la rétine et la vision est nette :



Si l'objet n'est plus à l'infini, l'image se forme derrière la rétine. Aussi, le cristallin se bombe pour que l'image soit ramenée sur la rétine. C'est l'accommodation. L'accommodation augmente la convergence de l'œil.



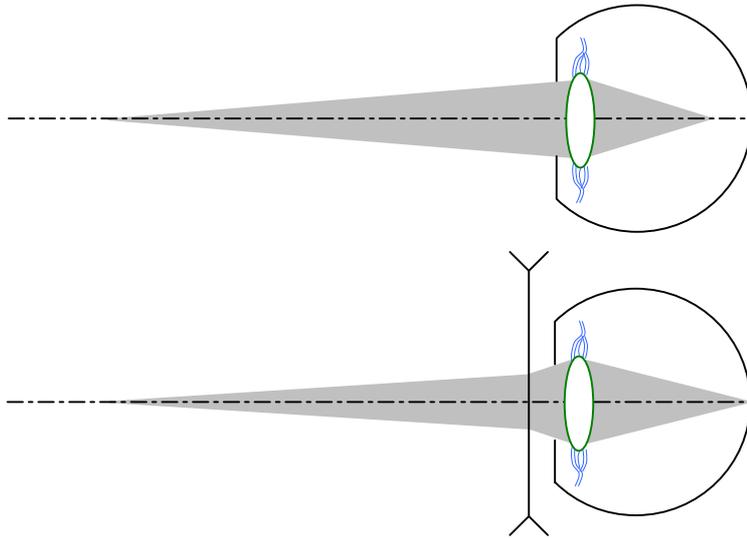
Remarque l'effort d'accommodation entraîne une fatigue de l'œil.

Le point de l'axe optique que voit l'œil en accommodant au maximum (courbure maximale du cristallin) est appelé le punctum proximum. Placé en deçà de cette distance, tout objet paraît flou.

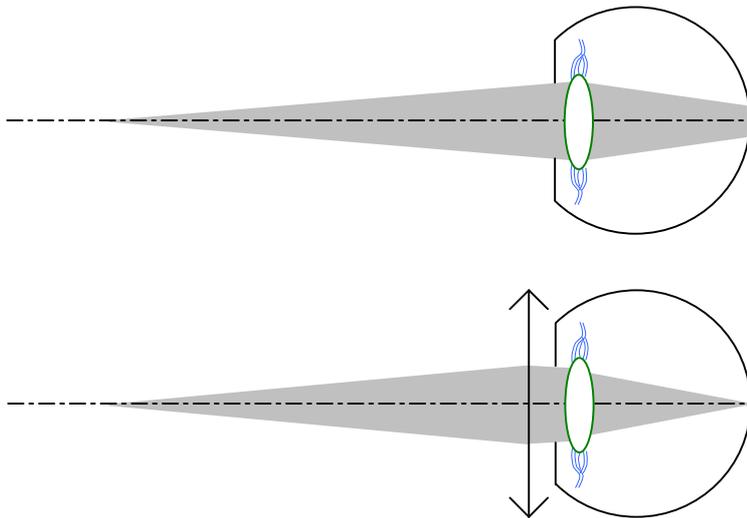
Le punctum remotum est la distance maximale de vision distincte de l'œil ; infinie pour un œil normal (œil emmétrope), elle peut-être inférieure à un mètre pour un œil myope.

1.1.6 Les défauts de l'œil et ses corrections

L'œil myope est trop convergent. On corrige la myopie en plaçant devant l'œil une lentille divergente (on peut également modifier par chirurgie la courbure de la cornée).



L'œil hypermétrope n'est pas assez convergent. On corrige l'hypermétropie en plaçant devant l'œil une lentille convergente :



La presbytie est la diminution de la faculté d'accommodation due au vieillissement de l'œil. Elle se traduit par un éloignement du punctum proximum. Les objets éloignés restent nets. Pour voir de près, on place devant l'œil une lentille convergente.

1.2 Couleurs et arts

1.2.1 Colorants et pigments

Un pigment est une poudre colorée. Cette poudre est souvent mélangée à un liant plus ou moins fluide pour obtenir des fards, peintures, encres... pour recouvrir un support.

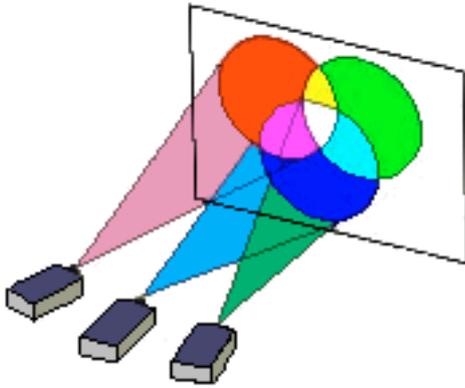
Un colorant est absorbé par le support et il se mélange à sa couleur initiale au lieu de le recouvrir. Cependant certains colorants sont aussi utilisés comme pigments.

1.2.2 Influence d'un ou plusieurs paramètres sur la couleur de certaines espèces chimiques

Le pH, la température, la lumière, l'oxygène de l'air, ... peuvent modifier la couleur de certaines espèces chimiques.

1.2.3 Synthèse additive, synthèse soustractive

La synthèse additive consiste à combiner la lumière colorée de plusieurs sources afin d'obtenir une nouvelle couleur.



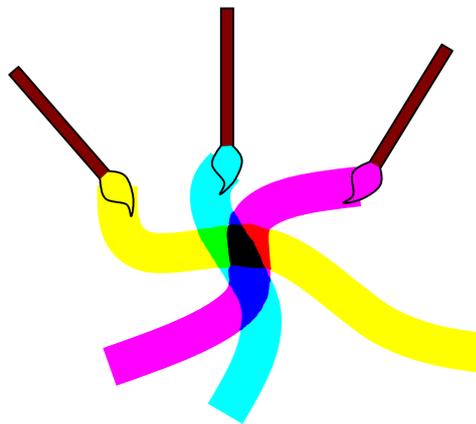
Rappels

cyan = bleu + vert

jaune = rouge + vert

magenta = rouge + bleu

La synthèse soustractive consiste à combiner l'effet d'absorption de plusieurs couleurs afin d'en obtenir une nouvelle.



Remarque les couleurs primaires en synthèse additive sont les couleurs secondaires en synthèse soustractive, et réciproquement.

1.2.4 L'œil et les couleurs

La rétine de l'œil est tapissée de 3 types de récepteurs (les cônes) qui sont respectivement sensibles aux lumières rouge, verte et bleue.

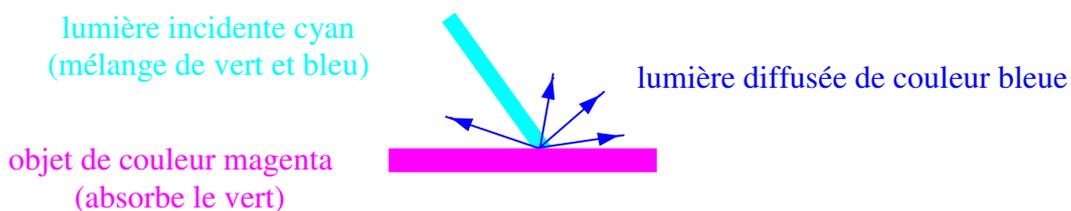
Toutes les couleurs perçues par l'œil correspondent à la synthèse additive de ces 3 couleurs.

Exemple pour l'œil, la lumière blanche est un mélange des couleurs rouge, verte et bleue.

1.2.5 Diffusion de la lumière

Un objet diffuse la lumière qu'il n'absorbe pas. L'objet apparaît ainsi coloré mais sa couleur dépend de la lumière incidente.

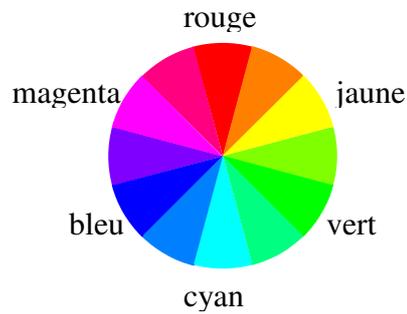
Exemple



1.2.6 Le cercle chromatique

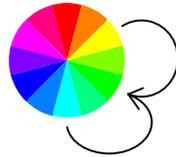
Deux couleurs sont complémentaires si leur mélange est caractérisé par une absence de chromaticité (c'est à dire blanc en synthèse additive et noir en synthèse soustractive).

Sur le cercle chromatique, la complémentaire d'une couleur lui est diamétralement opposée.



Exemples utilisation du cercle chromatique pour interpréter la couleur d'un mélange obtenu à partir de matières colorées.

Le mélange de deux peintures jaune et cyan donne du vert (synthèse soustractive)



Le mélange de deux peintures magenta et verte donne du noir (synthèse soustractive)

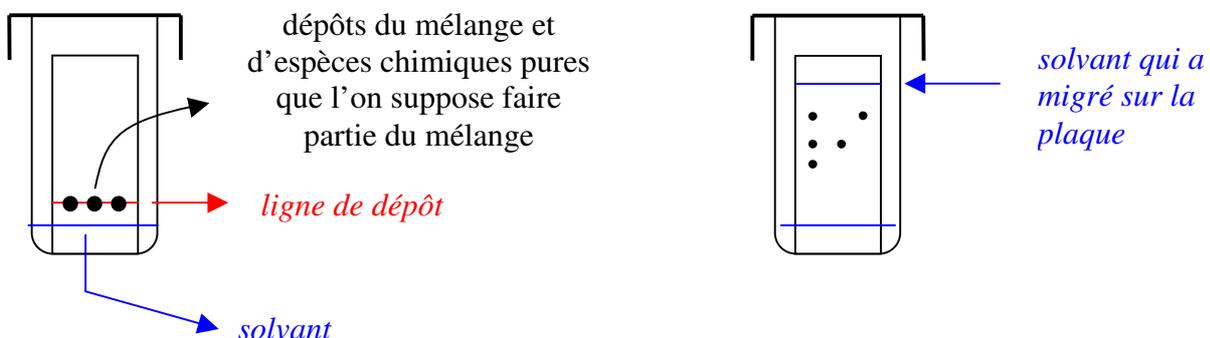


Remarque pour foncer une couleur on a tendance à rajouter du noir. Erreur, cela salit. Il faut la mélanger avec sa couleur complémentaire.

1.2.7 Déterminer la présence de différents colorants dans un mélange

La chromatographie

On dépose des espèces chimiques en petites quantités sur une plaque. La plaque est plongée dans un fond de solvant. Au cours de sa migration, le solvant entraîne les espèces chimiques qui sont plus ou moins retenues par la plaque.



Remarques après migration, une seule tache indique la présence d'un corps pur. des espèces chimiques identiques migrent à des hauteurs identiques sur une même plaque.

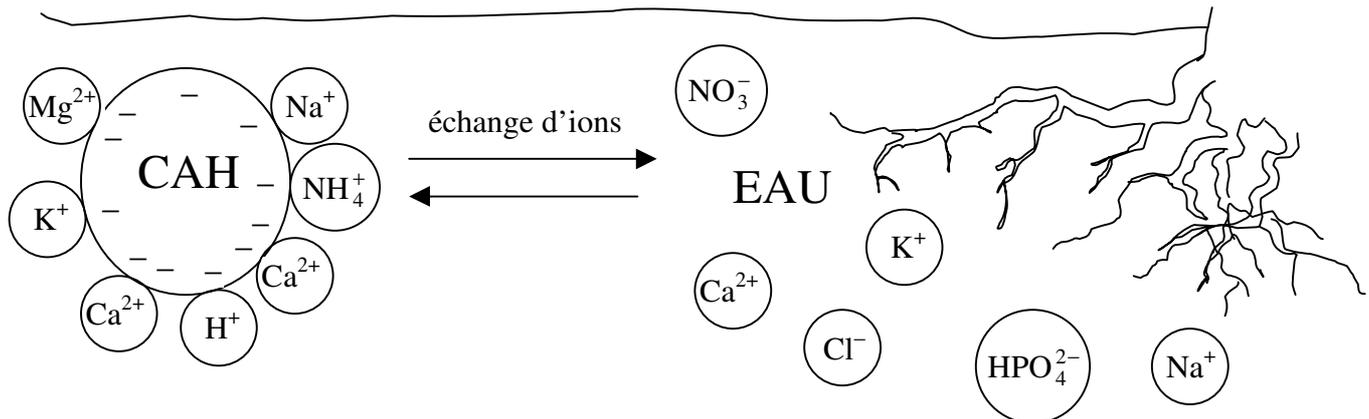
2 Nourrir l'humanité

2.1 Qualité des sols et de l'eau

2.1.1 Le sol : milieu d'échanges de matière

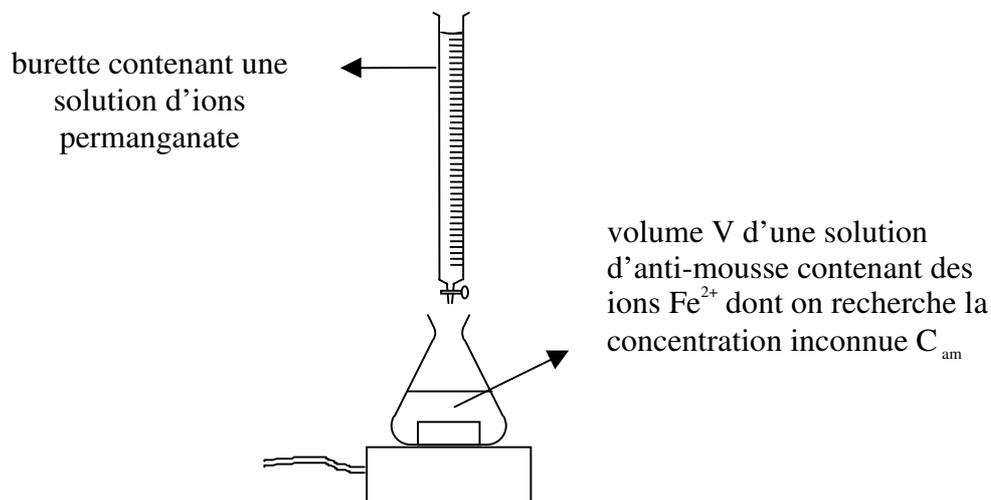
Une plante puise par ses racines une partie de l'eau et des minéraux dont elle a besoin. Ces minéraux sont présents dans le sol sous forme d'ions (cations et anions).

Le sol contient de l'humus (matière organique en décomposition) et de l'argile qui forment un complexe argilo-humique (CAH). De par sa nature, le CAH retient les cations (et pas les anions) et représente donc une réserve nutritive pour les plantes.



2.1.2 Engrais et produits phytosanitaires ; composition chimique

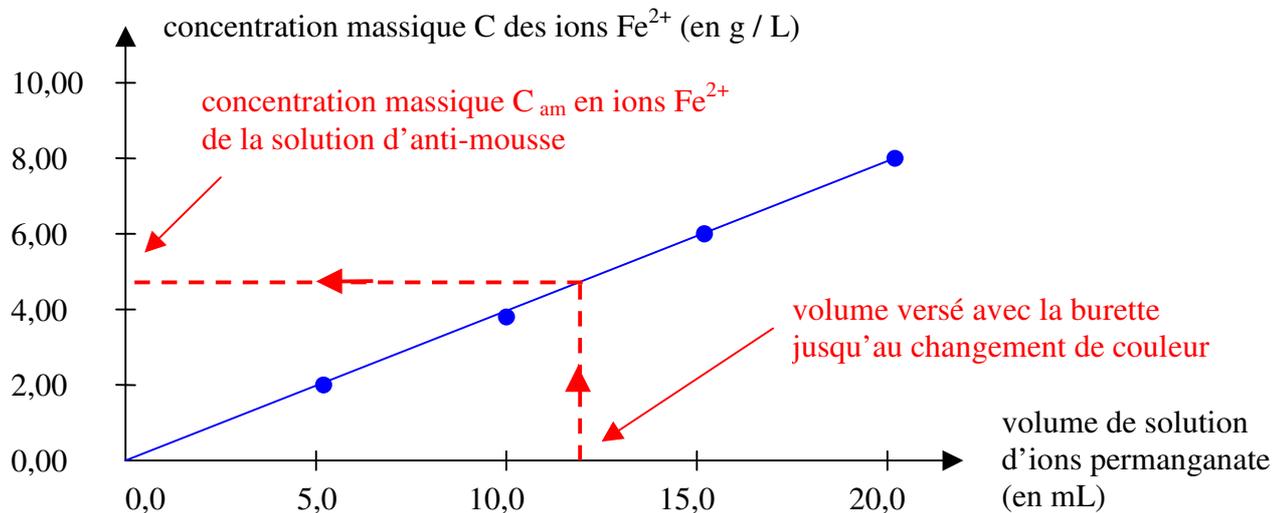
Les engrais et les produits phytosanitaires (phyto : plante et sanitas : santé) contiennent des espèces chimiques dont on peut déterminer la quantité par un dosage par comparaison :



On verse la solution d'ions permanganate jusqu'à obtenir un changement de couleur du milieu.

Courbe d'étalonnage

évolution de la concentration massique des ions Fe^{2+} en fonction du volume de solution d'ions permanganate ajouté



2.1.3 Les différentes eaux de consommation

Outre les molécules H₂O, l'eau contient des ions et des gaz dissous. On distingue :

- l'eau de source ; d'origine souterraine et conforme aux normes de potabilité. Elle est embouteillée telle qu'elle se présente à la source
- l'eau minérale ; d'origine souterraine, possédant une composition chimique constante. Elle revendique des effets bénéfiques pour la santé. Cette appellation est soumise à agrément par le Ministère de la Santé
- l'eau du robinet

La lecture de l'étiquette de bouteilles d'eaux minérales montre une grande diversité des ions et de leur concentration :

- les cations : calcium : Ca²⁺ potassium : K⁺ magnésium : Mg²⁺ sodium : Na⁺
- les anions : sulfate : SO₄²⁻ chlorure Cl⁻

2.1.4 Critères physico-chimiques de potabilité d'une eau

Différents textes législatifs (qui évoluent dans le temps en relation avec l'amélioration des connaissances scientifiques) établissent de nombreux critères et notamment des valeurs limites de certaines espèces chimiques à ne pas dépasser (ions nitrates, plomb, ...).

Les eaux minérales peuvent ne pas être potables sans pour autant être impropre à la consommation. Une consommation modérée des ces eaux a des vertus thérapeutiques reconnues. Une consommation trop importante de ces eaux peut avoir des effets néfastes sur la santé.

2.1.5 Traitement des eaux naturelles

L'eau brute recueillie dans un cours d'eau ou dans une nappe souterraine peut contenir des polluants qui la rendent non potable. Pour les éliminer, l'eau va subir un certain nombre de traitements (notamment des filtrations et une chloration finale).

2.2 Conservation des aliments

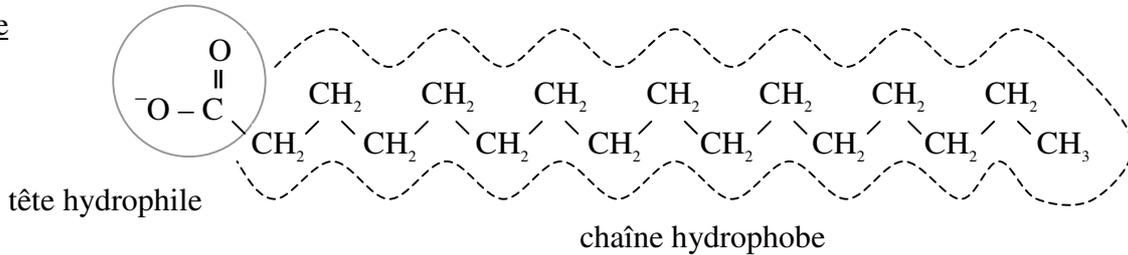
La dégradation des aliments est souvent due à des micro-organismes mais elle peut avoir des causes chimique et physique :

- le brunissement enzymatique
- l'oxydation des lipides

2.3.1 Composés tensioactifs

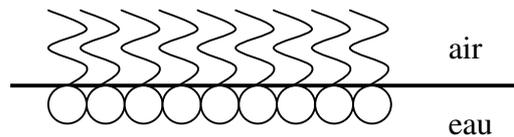
Les composés tensioactifs sont constitués d'ions ou de molécules dont les atomes forment des chaînes allongées. Ces chaînes présentent une tête hydrophile (« aime l'eau ») qui peut se lier à l'eau et une chaîne hydrophobe (« n'aime pas l'eau ») qui ne peut pas se lier à l'eau, mais qui est lipophile (« aime l'huile »).

Exemple

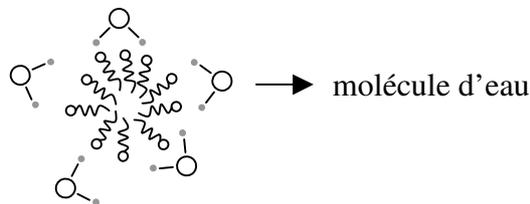


2.3.2 Formation de micelles

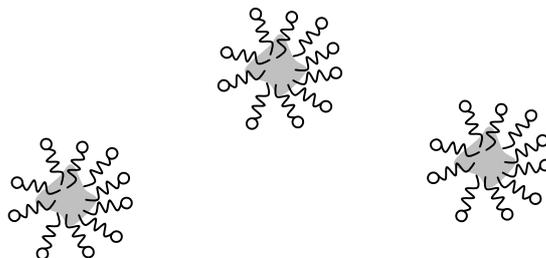
En solution aqueuse, ces composés tensioactifs se rassemblent aux interfaces, en particulier à l'interface air-eau. Elles forment alors un film avec les têtes hydrophiles orientées vers l'eau et les chaînes hydrophobes orientées vers l'air.



A partir d'une certaine concentration, il se forme des agrégats de molécules de tensioactifs, appelées micelles. Les queues hydrophobes se rassemblent et les têtes hydrophiles sont tournées vers l'extérieur, pour former la surface de contact avec l'eau.



Le jaune d'œuf est constitué de 50% d'eau et contient un composé tensioactif (les lécithines). Lorsqu'on agite énergiquement le mélange huile-œuf, les molécules de tensioactifs enrobent les gouttelettes d'huile en mettant à leur contact leur partie hydrophobe, et les dispersent dans l'eau, en se liant aux molécules d'eau par leur partie hydrophile. Pourquoi les gouttelettes enrobées ne se fondent-elles pas en une seule phase ? Les têtes hydrophiles sont électriquement chargées et les gouttelettes chargées se repoussent.



3 Le défi énergétique

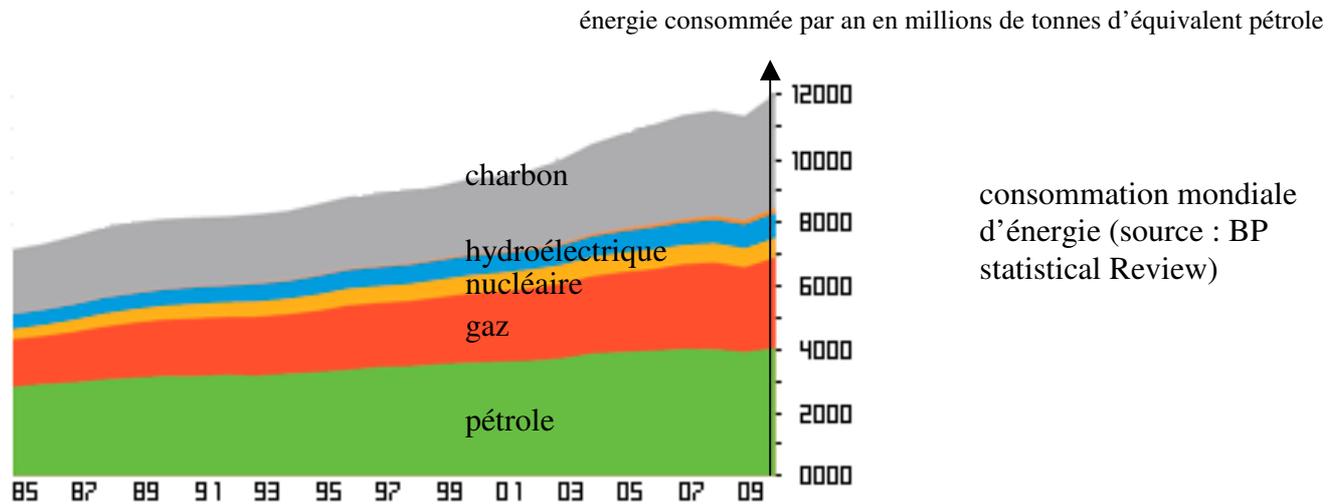
3.1 Besoins énergétiques engendrés par les activités humaines ...

... industries, transports, usages domestiques.

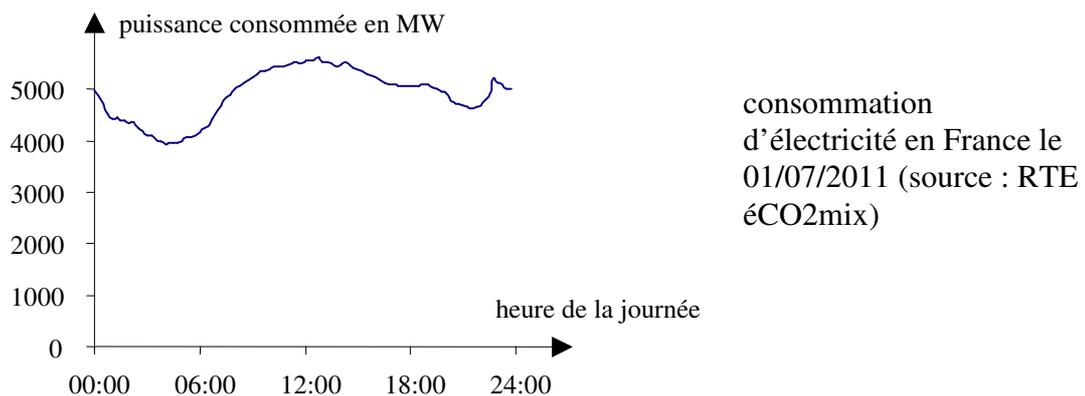
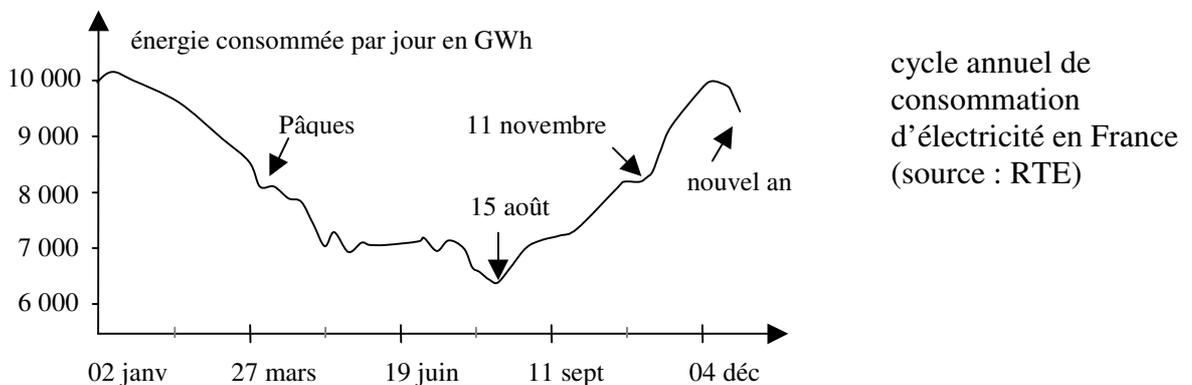
3.1.1 Puissance et énergie

La consommation d'énergie n'est pas constante dans le temps.

Dans le monde, elle a tendance à augmenter régulièrement chaque année.



Dans une région, la consommation d'énergie n'est plus aussi régulière mais subit des variations saisonnières ou journalières.



Comme l'énergie est nécessaire à presque toutes les activités humaines, il est hautement souhaitable de garantir l'équilibre entre production et consommation à tout instant.

La puissance « P » qui exprime la quantité d'énergie « E » transférée durant la durée « t » apparaît donc comme la grandeur pertinente pour mesurer la production d'énergie :

$$P = \frac{E}{t}$$

[P] = watt de symbole W

[t] = seconde de symbole s

[E] = joule de symbole J

Remarque l'unité d'énergie la plus courante pour les appareils électriques est le « kW.h » qui représente l'énergie transférée par un système de puissance « P = 1 kW » pendant le temps « t = 1 h » (E = P * t)

Exemples consommation énergétique d'appareils de la vie courante

	P	E (= P * t)
	Puissance consommée (W)	Energie consommée par an (kW.h)
Réfrigérateur congélateur	100	460
Lave-linge	470	169
TV	120	292
Fer à repasser	500	40

3.1.2 Ressources énergétiques et durées caractéristiques associées

On appelle « énergie renouvelable » de l'énergie dont la consommation n'aboutit pas à la diminution des ressources naturelles.

Energies renouvelables : l'hydroélectricité, l'énergie éolienne, la géothermie, la biomasse, l'énergie solaire, les énergies de la mer.

Energies non renouvelables : pétrole, gaz naturel, charbon, nucléaire.

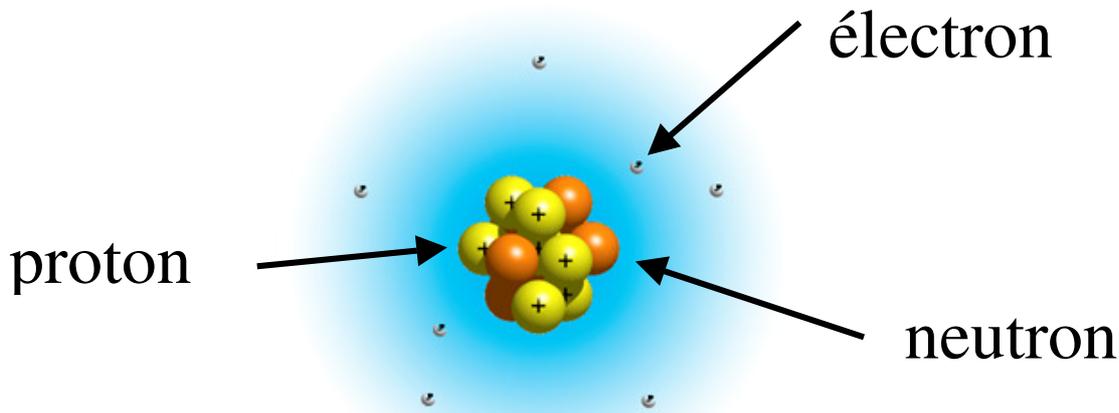
Le processus naturel de formation du pétrole, gaz naturel ou du charbon à partir d'animaux et de végétaux morts est long de plusieurs millions d'années. On les appellent des combustibles fossiles.

L'uranium, principal élément utilisé pour la fission nucléaire, est présent partout à l'état de trace. Depuis la formation de la Terre (4,5 milliards d'année), des processus géologiques ont permis sa concentration dans certaines roches. C'est dans ces roches que se situent les gisements exploitables dans les conditions économiques actuelles.

Extraire d'une mine de l'uranium ou d'un puits du pétrole diminue les réserves de ce gisement jusqu'à épuisement. Au rythme actuel de la consommation mondiale, toutes les réserves d'énergie non renouvelables seront épuisées avant la fin du siècle.

3.1.3 Les isotopes

L'atome est constitué d'un noyau central et d'un nuage électronique. Le noyau est une zone de dimension très faible où se répartissent A nucléons : N neutrons et Z protons (A = Z + N).



Le noyau d'un atome correspondant à un élément chimique X est noté : ${}^A_Z X$

Les isotopes sont des espèces qui ont le même nombre de protons et un nombre de neutrons différents.

Exemple ${}^{238}_{92} U$ est le noyau d'un atome d'uranium qui possède 92 protons et 146 neutrons

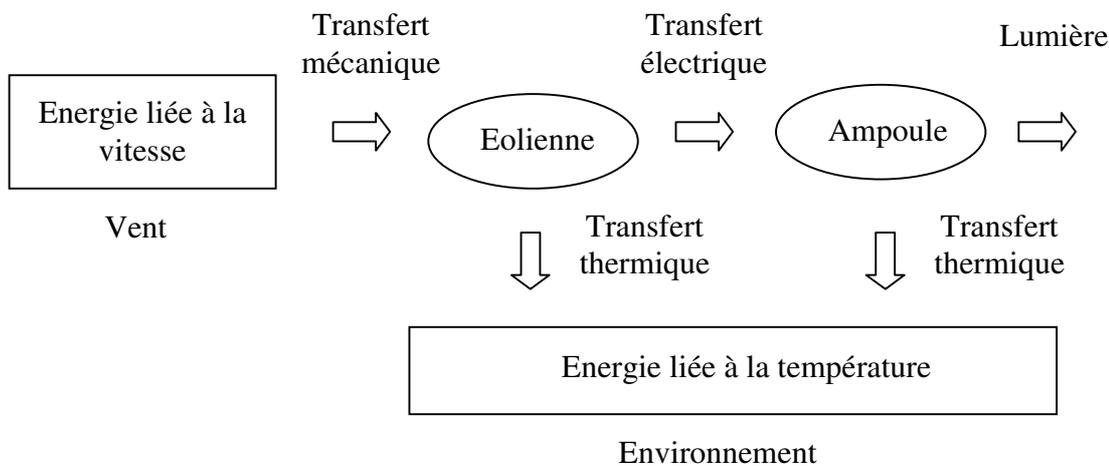
L'uranium naturel est un mélange de 3 isotopes dans les proportions suivantes : 99,28 % d'uranium 238 ; 0,71 % d'uranium 235 et 0,01 % d'uranium 234.

${}^{235}_{92} U$ est le seul isotope fissile naturel et il constitue donc la principale matière première utilisée par l'industrie nucléaire.

3.2 Conversion d'énergie

Une source d'énergie primaire est une forme d'énergie disponible dans la nature avant toute transformation. Si elle n'est pas utilisable directement, elle doit être transformée en une source d'énergie secondaire pour être mise en œuvre.

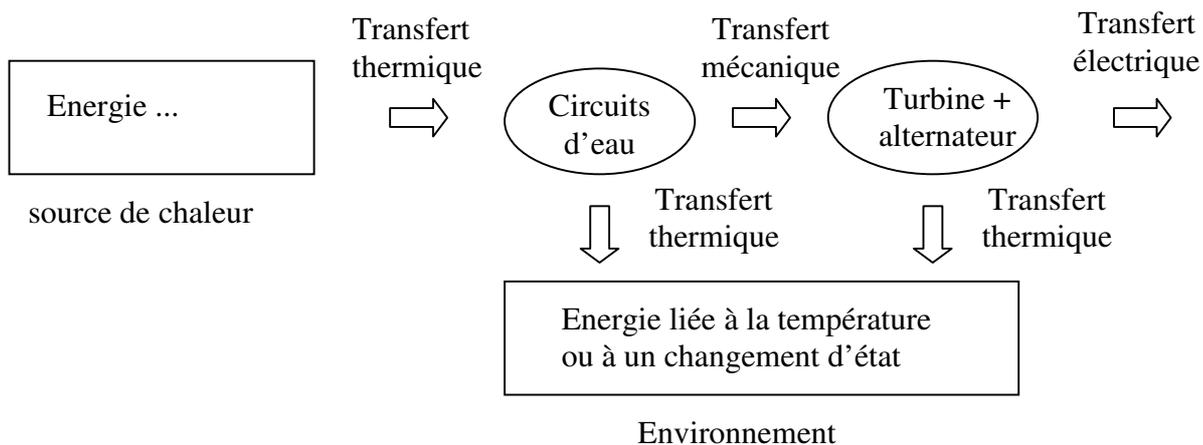
Ainsi l'énergie liée à la vitesse du vent, transformée en électricité peut être utilisée pour l'éclairage, le chauffage, Cette série de transformations forme une chaîne énergétique :



Lors de la transformation d'une forme d'énergie en une autre, une partie de l'énergie est nécessairement dégradée sous forme de transfert thermique (parfois appelée chaleur).

3.3 Centrale électrique thermique à combustible fossile ou nucléaire

Une centrale électrique thermique produit de l'électricité à partir d'une source de chaleur :



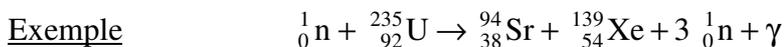
La source de chaleur peut être issue de la combustion d'un combustible fossile ou une réaction nucléaire.

3.3.1 Réaction de combustion d'un combustible fossile

La combustion est une transformation chimique entre un combustible fossile et le dioxygène de l'air. Cette transformation libère de la chaleur et du dioxyde carbone (CO₂) qui perturbe le climat par effet de serre.

3.3.2 Réaction nucléaire de fission

La fission est une réaction nucléaire au cours de laquelle un noyau très lourd se casse en deux noyaux de taille moyenne en libérant de la chaleur.



A quelques exceptions près, les centrales nucléaires utilisent la fission de l'isotope 235 de l'uranium comme source d'énergie.

3.3.3 Réaction nucléaire de fusion

La fusion est une réaction nucléaire au cours de laquelle des noyaux très légers s'unissent en un noyau de taille moyenne en libérant de la chaleur.



Le Soleil est une boule de gaz incandescents, essentiellement de l'hydrogène et de l'hélium. Il est le siège de la réaction de fusion ci-dessus.

3.3.4 Exploitation des ressources d'énergie renouvelables

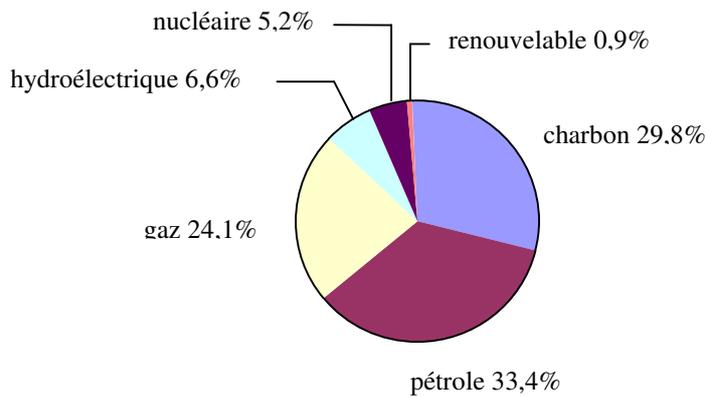
Les énergies renouvelables les plus exploitées sont la biomasse et l'hydroélectricité (respectivement 66,1% et 22,2 % de la production en 2005 dans l'UE).

L'énergie éolienne et l'énergie solaire ont une production aléatoire. Pour éviter le déséquilibre entre la production et la consommation il faut stocker l'énergie produite.

L'électricité produite bénéficie d'un tarif de rachat avantageux destiné à soutenir l'essor de cette filière.

3.4 Transport et stockage de l'énergie

3.4.1 Le problème du stockage de l'énergie



Consommation mondiale d'énergie en 2010
 $1,2 \cdot 10^{10}$ tonnes d'équivalent pétrole
 (source : BP statistical Review)

On constate sur le graphique précédent que 87,3% de l'énergie consommée dans le monde en 2010 est constituée de combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz naturel).

Ces combustibles sont des réservoirs d'énergie chimique.

Le stockage de l'énergie est aujourd'hui facile mais l'usage de ces énergies perturbent le climat et les réserves s'épuisent.

Le tableau suivant montre qu'il est difficile, avec les techniques actuelles, de stocker l'énergie équivalente à un seul kg de pétrole :

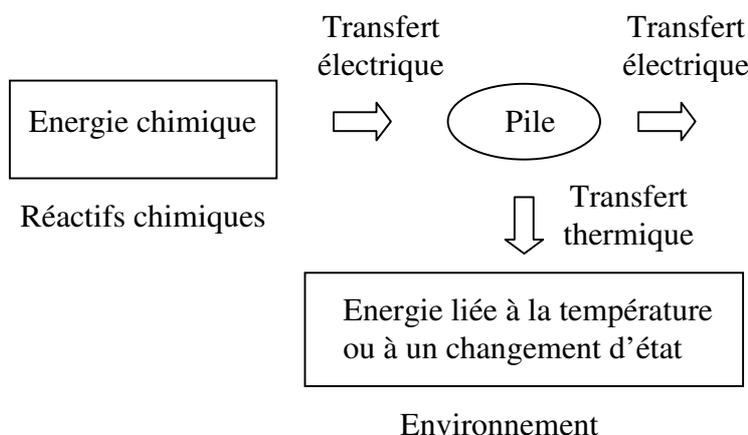
batteries au plomb	hydrogène comprimé	eau en altitude	chaleur
+ de 300 kg de batteries	de 15 à 30 kg de réservoir, occupant un peu moins de 30 litres	43 tonnes d'eau pouvant effectuer 100 m de chute	10°C d'élévation de la température pour 1 tonne d'eau

(source : Jean-Marc Jancovici ; manicore.com)

3.4.2 Les piles et les accumulateurs

Les piles et les accumulateurs auront probablement un rôle important pour résoudre le défi énergétique (produire de manière renouvelable, stocker, réduire la consommation, ...).

Les piles sont des convertisseurs d'énergie. Elles mettent en jeu des transformations chimiques spontanées.



Les piles saline ou alcaline ont une durée de vie limitée par la quantité de réactifs qu'elles contiennent. Les piles à combustible n'ont pas cette limitation puisque les réactifs sont apportés en continu de l'extérieur.

Les accumulateurs fonctionnent sur le même principe que les piles mais ils sont réversibles : l'apport d'électricité lors de la charge force la transformation chimique inverse à celle qui se produit spontanément lors de la décharge.

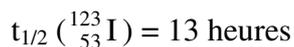
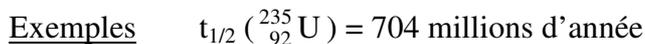
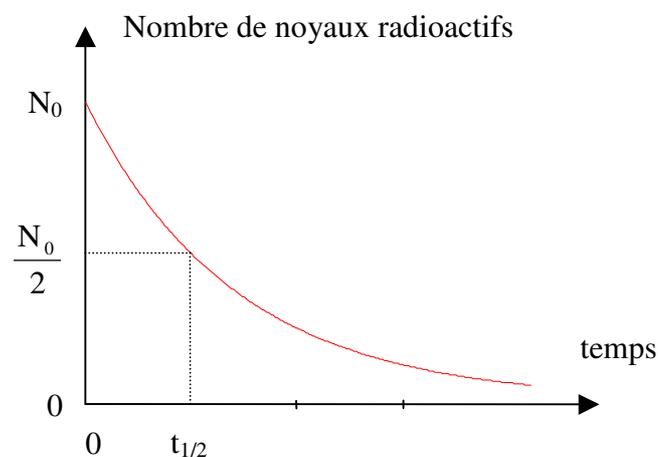
3.4.3 Le problème des déchets radioactifs

Le noyau d'un élément radioactif est instable et se désintègre spontanément en donnant un noyau différent et en émettant des rayonnements (particules α ou β et souvent un rayonnement γ).



Le nombre de noyaux radioactifs d'un échantillon diminue au cours du temps : c'est la décroissance radioactive.

On quantifie la décroissance radioactive par la demi-vie ($t_{1/2}$) qui est la durée au bout de laquelle le nombre de noyaux radioactifs d'un échantillon est réduit de moitié.



L'industrie nucléaire génère des déchets radioactifs. Il est nécessaire de protéger la santé humaine et l'environnement des rayonnements issus de ces déchets radioactifs. Leur stockage doit donc être sûr et durable.

Aucun site définitif n'a encore pu être réalisé pour stocker les déchets dont la demi-vie est longue.