

LA MATIERE

I. Etats physiques, changements d'état physique

1. Etats physiques

Les différents états de la matière sont solide, liquide et gazeux. Ces distinctions sont basées sur des constatations physiques simples liées à la forme du matériau : un solide a une forme propre, un liquide coule mais a un volume déterminé, un gaz occupe tout le volume qui lui est offert.

Le tableau suivant résume les principales caractéristiques des états de la matière :

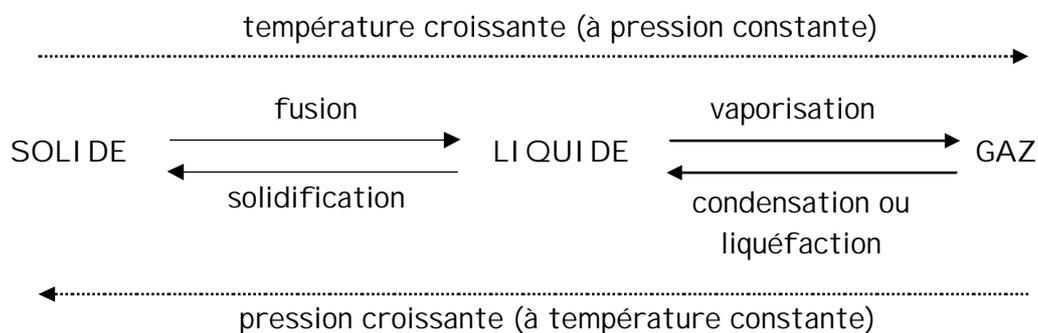
SOLIDE	LIQUIDE	GAZ
condensé	condensé	dispersé
ordonné	désordonné	désordonné

- Dans un solide, les particules sont liées les unes aux autres. Elles forment un ensemble condensé et ordonné. Elles ne peuvent que légèrement s'agiter sur place sans pouvoir se déplacer les unes par rapport aux autres. Cela explique le fait que les solides aient une forme propre.
- Dans un liquide, les particules forment un ensemble condensé et désordonné. Elles restent proches mais peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres. Cela explique le fait que les liquides coulent et prennent la forme du récipient qui les contient. Dans la pratique, ils sont considérés comme incompressibles.
- Dans un gaz, les particules forment un ensemble dispersé et très désordonné. Elles sont très éloignées les unes par rapport aux autres et animées d'un mouvement incessant en tous sens, d'autant plus important que la température est plus élevée. Cela explique que les gaz soient compressibles, occupent tout le volume qui leur est offert (élasticité) et n'aient pas de forme propre.

2. Changements d'état physique

En fonction des conditions de température et de pression, un corps peut exister à l'état solide, liquide ou gazeux. Si ces conditions varient, le corps peut changer d'état physique.

Les changements d'état sont des phénomènes physiques réversibles : ils peuvent avoir lieu dans un sens ou dans l'autre.



La vaporisation qui concerne le passage du liquide au gaz peut se faire par évaporation ou par ébullition.

L'évaporation est un phénomène de surface qui se produit à toute température.

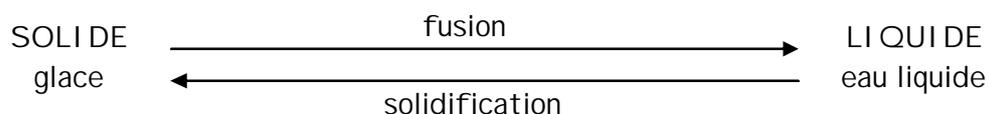
L'ébullition a lieu au sein même du liquide et se produit, la pression étant donnée, pour un corps pur, à température constante, caractéristique de ce corps pur.

II. L'eau

1. Etats physiques de l'eau

L'eau existe sous 3 états physiques : glace, eau liquide et vapeur d'eau. Elle peut changer d'état physique en fonction des conditions de température et de pression.

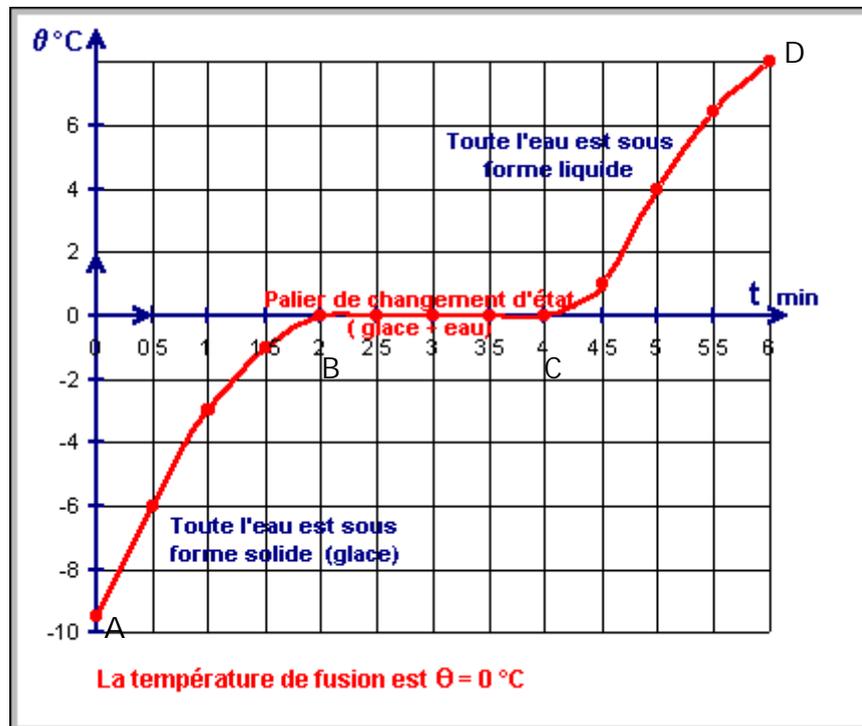
2. Fusion/solidification de l'eau



- Fusion de la glace

Expérience :

- Matériel : 1 thermomètre, 1 pot contenant de la glace pilée, 1 chronomètre.
- Relevez la température du milieu à intervalles réguliers.
- Notez les résultats dans un tableau.
- Construisez la courbe correspondante.



La courbe obtenue présente 3 zones :

- La zone AB : l'eau est à l'état solide, la glace se réchauffe.
- La zone BC : il y a coexistence de glace et d'eau. On observe un palier de fusion à 0°C .
- La zone CD : l'eau est à l'état liquide, l'eau liquide se réchauffe.

Le milieu extérieur apporte de la chaleur à la glace sortie du congélateur ($T = -18^{\circ}\text{C}$). Celle-ci se réchauffe jusqu'à atteindre la température $T = 0^{\circ}\text{C}$, température de fusion de la glace (sous pression atmosphérique normale). Une fois cette température atteinte et pendant tout le temps que dure la fusion, la température reste constante bien que le milieu extérieur continue à fournir de la chaleur, chaleur utilisée pour que la fusion ait lieu. Ce n'est que lorsque la glace est totalement transformée en eau liquide que la température recommence à s'élever. La température de l'eau liquide cessera d'augmenter lorsque l'équilibre thermique avec le milieu ambiant sera atteint.

- Solidification de l'eau

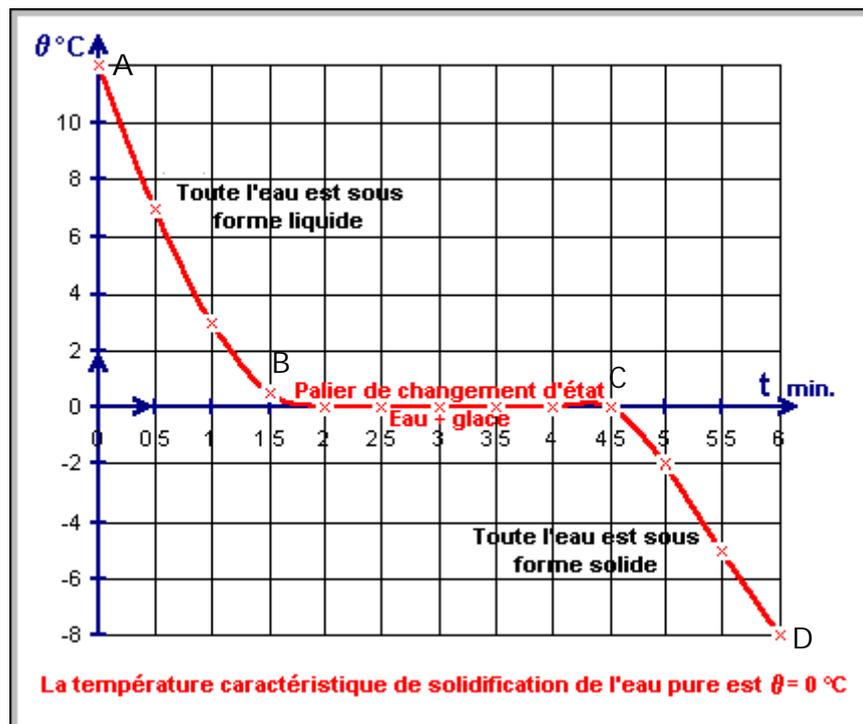
Expérience :

- Matériel : 1 thermomètre, 1 pot contenant de la glace pilée et du gros sel, 1 petit flacon d'eau.

Le mélange glace + sel constitué avec $2/3$ de glace pilée et $1/3$ de sel permet d'obtenir sans difficulté des températures de l'ordre de -15°C .

Lorsqu'il se dissout dans l'eau, le sel abaisse la température de congélation de la solution résultante. Une teneur élevée en sel dans la solution fera baisser le point de congélation.

- Relevez la température du milieu à intervalles réguliers.
- Notez les résultats dans un tableau.
- Construisez la courbe correspondante.



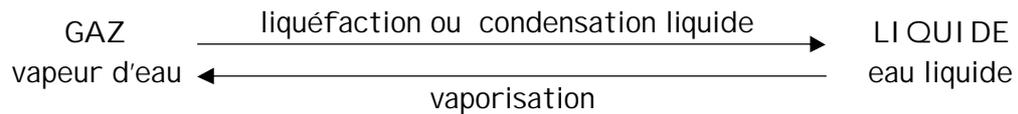
La courbe obtenue présente 3 zones :

- La zone AB : l'eau est à l'état liquide. L'eau cède de la chaleur au mélange ; elle se refroidit.
- La zone BC : il y a coexistence de glace et d'eau. On observe un palier de solidification à 0°C.
- La zone CD : l'eau est à l'état solide. La glace se refroidit.

Plongée dans le mélange réfrigérant, l'eau liquide perd de l'énergie et se refroidit jusqu'à atteindre la température $T = 0^{\circ}\text{C}$, température de solidification de l'eau pure (sous pression atmosphérique normale). Une fois cette température atteinte et pendant tout le temps que dure la solidification, la température reste constante bien que le milieu extérieur continue à absorber de la chaleur. Ce n'est que lorsque l'eau liquide est totalement transformée en glace que la température recommence à baisser. La température de la glace cessera de baisser lorsque l'équilibre thermique avec le milieu ambiant sera atteint.

- Conservation de la masse : masse (glace) = masse (eau liquide)
- Volume : volume (glace) > volume (eau liquide)
- Masse volumique¹ de la glace < masse volumique de l'eau

3. Vaporisation/condensation de l'eau



L'eau peut se vaporiser par ébullition ou évaporation.

On appelle température de saturation la température à laquelle la vaporisation se produit pour une pression donnée.

- Ebullition

L'ébullition a lieu au sein du liquide. Quand elle se prolonge, le niveau d'eau baisse : elle se transforme en un gaz invisible appelé vapeur d'eau.

La température d'ébullition de l'eau pure est 100°C.

Influence de la pression

Lorsque l'on fournit de la chaleur à un liquide pur (ici de l'eau) dans un milieu où la pression P_0 est constante (ici la pression atmosphérique), sa température augmente régulièrement. Il se met à bouillir lorsque sa température atteint la valeur T_e où la pression de vapeur saturante P_v est égale à P_0 .

Pendant toute la durée de l'ébullition, la température du liquide garde une valeur constante T_e : c'est la température d'ébullition à la pression P_0 .

Si la pression extérieure diminue, la température d'ébullition s'abaisse. Inversement, si la pression extérieure augmente, la température d'ébullition s'accroît. Or, la pression atmosphérique décroît quand l'altitude augmente.

Au camp de base de Katmandou, la pression atmosphérique est inférieure à la pression normale (au niveau de la mer), la température d'ébullition de l'eau est donc inférieure à la température d'ébullition de l'eau à Étretat (les légumes plongés dans l'eau à ébullition cuisent donc moins vite).

Au bord de la mer morte (- 300 m), la pression atmosphérique est plus forte que la pression normale, la température d'ébullition de l'eau est donc supérieure à la température d'ébullition de l'eau à Étretat (les légumes plongés dans l'eau à ébullition cuisent donc plus vite).

¹ Masse volumique (kg/m^3) = masse / volume.

- Evaporation

D'une façon générale, l'évaporation est la transformation d'un liquide en vapeur par sa surface.

A n'importe quelle température T inférieure à sa température d'ébullition T_e , un liquide s'évapore spontanément.

Dans l'atmosphère, la vitesse d'évaporation de l'eau dépend de plusieurs paramètres dont :

- la température,
- la surface d'évaporation,
- l'agitation de l'air (vent),
- la pression atmosphérique,
- le degré hygrométrique...

Pour étudier l'influence d'un de ces paramètres sur la vitesse d'évaporation, il faut mettre en place un protocole expérimental où ne varie que le paramètre étudié.

Influence de la température

Tous les paramètres sont maintenus constants sauf le facteur température.

Conditions expérimentales :

- quantités d'eau identiques,
- récipients identiques,
- conditions physiques (pression, aération) identiques,
- conditions de température différentes (table, radiateur même pièce).

Contrôle :

- le temps (lequel a séché le premier ?), ou
- la hauteur d'eau restante, ou
- la masse d'eau restante.

La vitesse d'évaporation augmente quand la température du milieu ambiant augmente.

Influence de la surface

Tous les paramètres sont maintenus constants sauf le facteur surface d'évaporation.

Conditions expérimentales :

- quantités d'eau identiques,
- récipients de sections différentes (un verre, un bol, une assiette),
- conditions physiques (température, pression, aération) identiques (même lieu).

Contrôle :

- le temps (lequel a séché le premier ?), ou
- la hauteur d'eau restante, ou
- la masse d'eau restante.

La vitesse d'évaporation augmente quand la surface de contact du liquide avec l'air augmente.

- **Liquéfaction ou condensation**

La vapeur d'eau est un gaz invisible qui peut se condenser à l'état liquide sous forme de buée ou de brouillard. La buée provient de la condensation à l'état liquide de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère sur une paroi. Elle s'y dépose en fines gouttelettes d'eau liquide.

Le brouillard est constitué de fines gouttelettes d'eau liquide en suspension dans l'air. Le brouillard se forme quand l'air chargé de vapeur d'eau subit un refroidissement tel que sa température devient inférieure au point de rosée.

En effet, la saturation d'une masse donnée d'air en vapeur d'eau dépend de sa température et de sa pression. A pression constante, si la température de l'air diminue, l'humidité absolue saturante diminue. Au dessous du point de saturation (point de rosée), commence la condensation de la vapeur d'eau en excès.

La condensation en altitude donne des nuages. On les classe selon leur forme et leur altitude.

Famille	Caractéristiques générales	Genre
Nuages supérieurs ou nuages de haute altitude	Altitude : 5 000 à 10 000 m Nuages souvent formés de cristaux de glace	Cirrus (Ci)
		Cirrostratus (Cs)
		Cirrocumulus (Cc)
Nuages moyens ou nuages de moyenne altitude	Altitude : 2 000 à 6 000 m	Altostratus (As)
		Nimbostratus (Ns)
		Stratocumulus (Sc)
Nuages inférieurs ou nuages de basse altitude	Altitude inférieure à 2 000 m	Stratus (S)
		Cumulus (C)
Nuages à développement vertical	Altitude : 500 à 1 000 m Nuages de convection (courants d'air ascendants dans un air instable)	Cumulonimbus (Cb)

- Conservation de la masse : masse (vapeur d'eau) = masse (eau liquide)
- Volume : volume (vapeur d'eau) > volume (eau liquide)
- Masse volumique de la vapeur d'eau < masse volumique de l'eau

4. Sublimation de l'eau

Dans certaines conditions de température et de pression, il peut arriver que la neige disparaisse au soleil sans fondre. La neige s'est transformée directement en vapeur d'eau.

Ce passage de l'état solide à l'état gazeux est la sublimation. La transformation inverse est la condensation en solide.

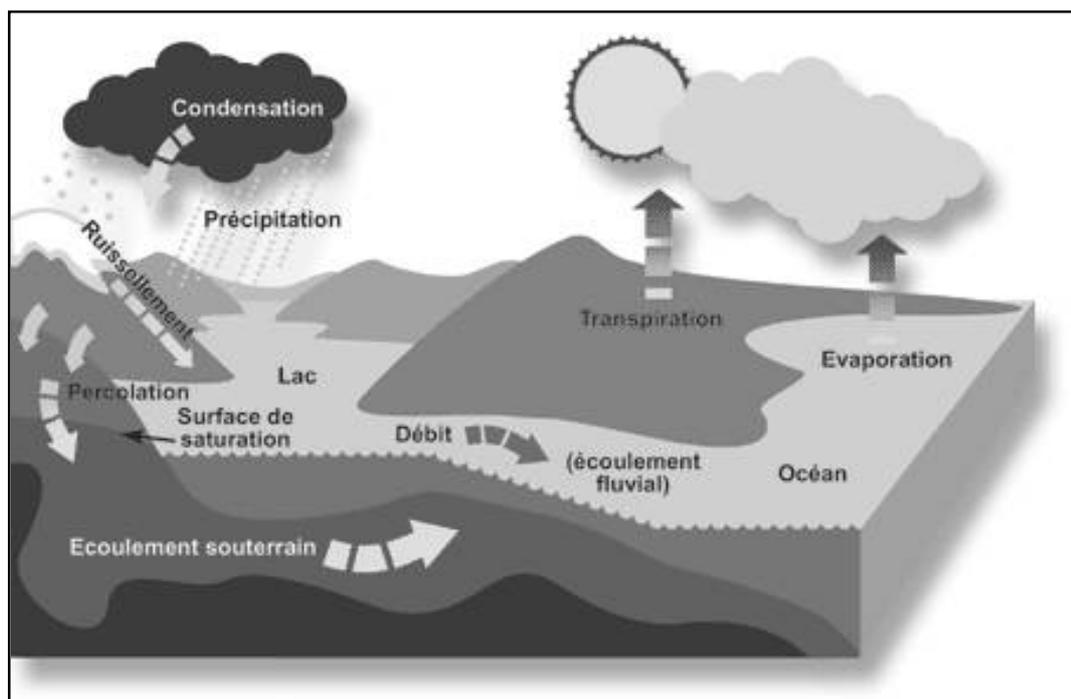
5. Valeurs de changement d'état

Le tableau ci-dessous donne quelques valeurs de température de changement d'état sous la pression atmosphérique « normale ».

Corps pur	Température de fusion (en °C)	Température de vaporisation (en °C)
Azote	-209,9	-196
Alcool	-114	78
Mercure	-39	357
Eau	0	100
Plomb	327	1 620
Or	1 063	2 660

6. Le cycle de l'eau

La chaleur du Soleil provoque l'évaporation de l'eau en surface. Celle-ci se condense dans la haute atmosphère, puis refroidie et retombe sous forme de pluie : c'est le cycle hydrologique.



7. L'eau est un solvant

- L'eau peut dissoudre :

- des solides

Exemples de solides solubles : sucre, sel de cuisine.

Exemple de solide insoluble : sable.

- des liquides

Exemples de liquides miscibles : alcool, vinaigre.

Exemples de liquides non miscibles : huile, glycérine.

- des gaz

Exemples de gaz solubles : dioxyde de carbone, dioxyde de soufre.

Exemple de gaz peu soluble : oxygène.

On obtient un mélange homogène si la substance est soluble (ou miscible) et un mélange hétérogène dans le cas contraire.

Une solution est un mélange homogène de deux ou plusieurs constituants.

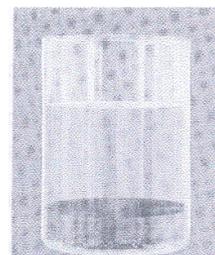
Une solution est saturée si elle ne peut dissoudre une quantité supplémentaire de substance dissoute.

Il y a conservation de la masse lors des mélanges en solutions aqueuses **et** des changements d'états de l'eau.

- Séparer les constituants d'un mélange hétérogène

- La décantation

Procédé qui consiste à laisser reposer un mélange hétérogène, de manière à séparer par gravité, ses constituants.

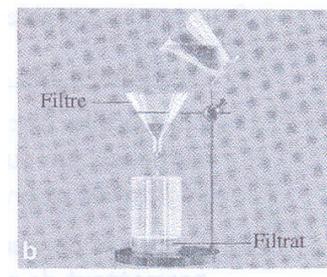


- La centrifugation

Procédé qui accélère la décantation en utilisant une centrifugeuse qui donne au récipient un mouvement de rotation rapide.

- La filtration

Procédé qui permet de séparer les solides non solubles.

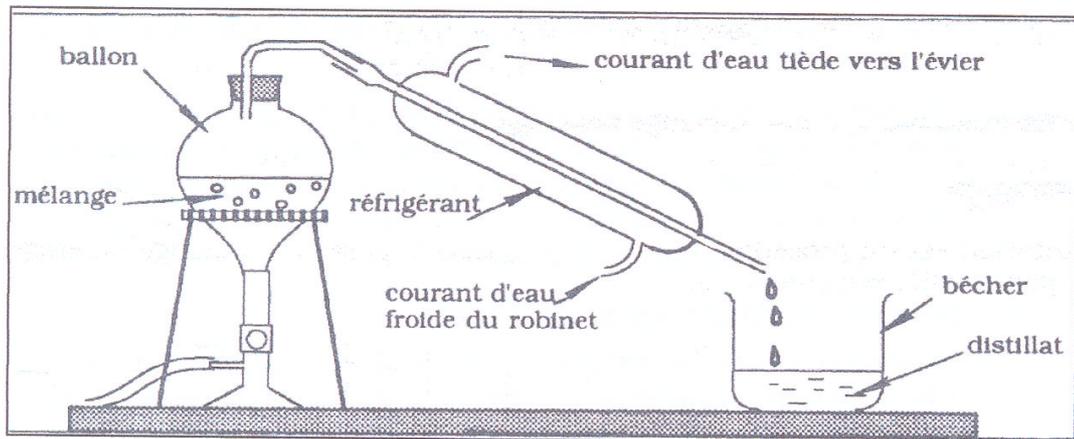


- Séparer les constituants d'un mélange homogène

La distillation est une méthode de séparation basée sur la différence de température d'ébullition des différents liquides qui composent un mélange. Dans certains cas, mieux qu'une séparation, il s'agit d'une méthode de purification.

Si on chauffe un mélange de liquides, c'est le liquide le plus volatil, celui qui a la température d'ébullition la plus basse qui s'échappera le premier. Pour recueillir les vapeurs de ce produit, il faut le condenser. Ceci est fait par un réfrigérant à eau

La distillation est donc une ébullition suivie d'une condensation.



8. La qualité de l'eau

Lorsque l'on boit l'eau du robinet, on imagine difficilement les problèmes techniques qu'il a fallu résoudre :

- trouver de l'eau en quantité suffisante ;
- traiter cette eau afin d'éliminer les substances et les micro-organismes susceptibles de présenter un risque pour la santé ;
- assurer son transport jusqu'au robinet.

13 000 000 de m³ d'eau sont consommés tous les jours en France pour les besoins domestiques !

L'eau du robinet provient soit d'une nappe souterraine (c'est le cas de Lyon, Strasbourg, Bordeaux) ; soit d'une rivière (c'est le cas de la région parisienne pour 90% de sa consommation).

Pour rendre potable une eau naturelle, il faut la traiter.

- Traitement des eaux de surface

Lorsqu'elle circule à la surface du sol, l'eau se pollue et se charge de matières en suspension ou en solution : particules d'argile, déchets de végétation et organismes vivants.

Les eaux de surface passent d'abord à travers une grille et un tamis qui permettent de retenir les matériaux les plus gros.

On fait déposer les particules plus fines en ajoutant une substance provoquant la floculation, c'est-à-dire la réunion des particules fines dispersées. Ensuite, la décantation se poursuit dans des bassins (décanteurs).

L'eau, après décantation, est filtrée. Elle traverse des couches de graviers, puis de sables de plus en plus fins. Les plus fines des particules en suspension sont retenues par ces sables.

L'eau contient encore des substances dissoutes qui ne peuvent être retenues par les filtres. Parmi ces substances, certaines doivent être éliminées pour que l'eau soit potable, en particulier les bactéries et les virus. Aussi est-il souvent nécessaire de pratiquer en fin de traitement une désinfection à l'aide de produits chimiques (chlore, ozone, ...).

- Traitement des eaux des nappes souterraines

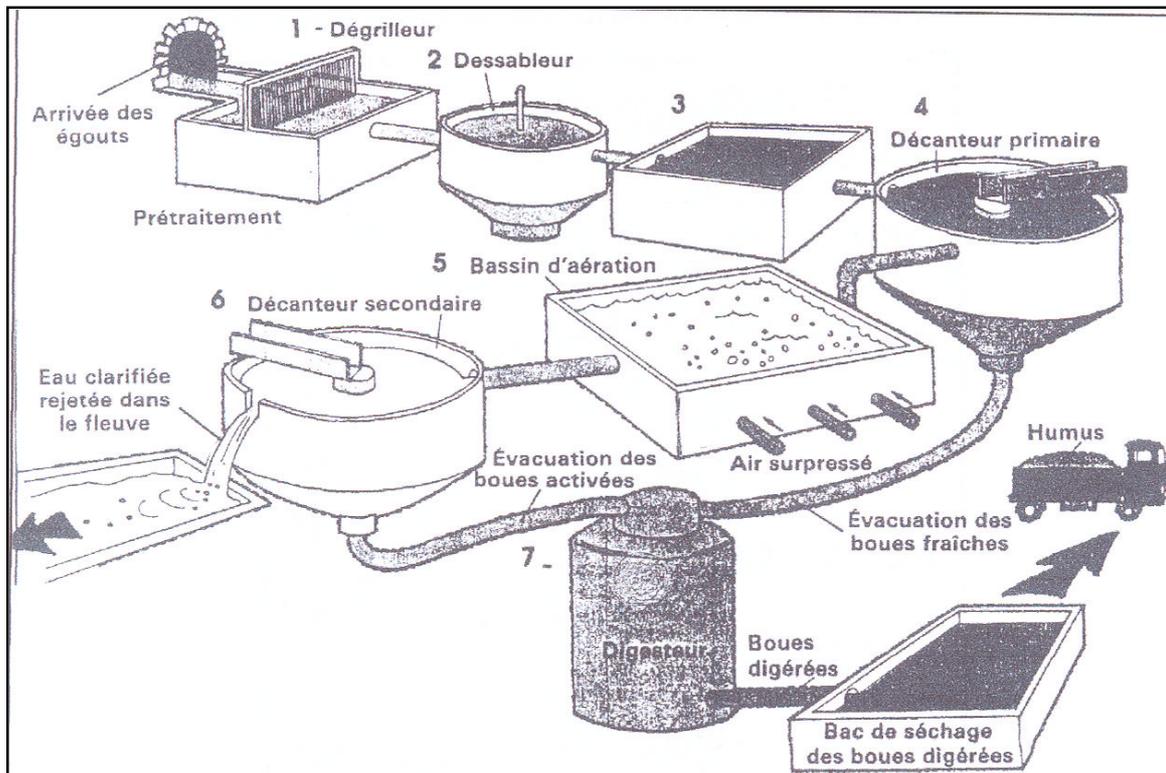
Le traitement de ces eaux est plus simple, car elles ont déjà été filtrées par les terrains. Le plus souvent, on se contente de les traiter chimiquement pour éviter la prolifération des bactéries lors du transport.

- Autres traitements

Les eaux contiennent parfois trop de sels de calcium (elles sont dures) : on les traite à la chaux. Lorsqu'elles ont une couleur rouille due aux sels de fer, on les fait passer dans des stations de déferrisation.

9. Le traitement des eaux usées

Les eaux usées des grandes villes doivent être traitées avant d'être rejetées dans la nature. Ces opérations complexes et contrôlées sont faites dans des stations d'épuration, qui fonctionnent selon le schéma ci-dessous.



L'eau qui arrive des égouts est tamisée (1), dessablée (2), dégraissée (3), avant de subir une première décantation (4).

Ensuite, elle est agitée et oxygénée dans des bassins d'aération (5). Ce traitement favorise la multiplication des micro-organismes qui décomposent les matières organiques encore contenues dans l'eau. Une dernière décantation (6) clarifie l'eau qui est alors rejetée dans le fleuve. Les boues sont récupérées et transportées par pompage dans des digesteurs (7) où elles subissent une fermentation à l'abri de l'air, qui les transforme en humus utilisé par les agriculteurs.

III. L'air

1. L'atmosphère

La Terre est entourée d'une couche d'air : l'atmosphère.

Il n'y a pas à proprement parler de limite fixe de l'atmosphère. Elle disparaît en quelque sorte dans l'espace interstellaire...

Conventionnellement, on divise l'atmosphère en sphères ; à la limite de deux sphères, on trouve la pause correspondante. Cette classification tient compte de la structure thermique de l'atmosphère.

La troposphère contient 50% du poids de l'atmosphère et 90% de la vapeur d'eau. C'est elle qui est intéressante du point de vue de la météorologie.

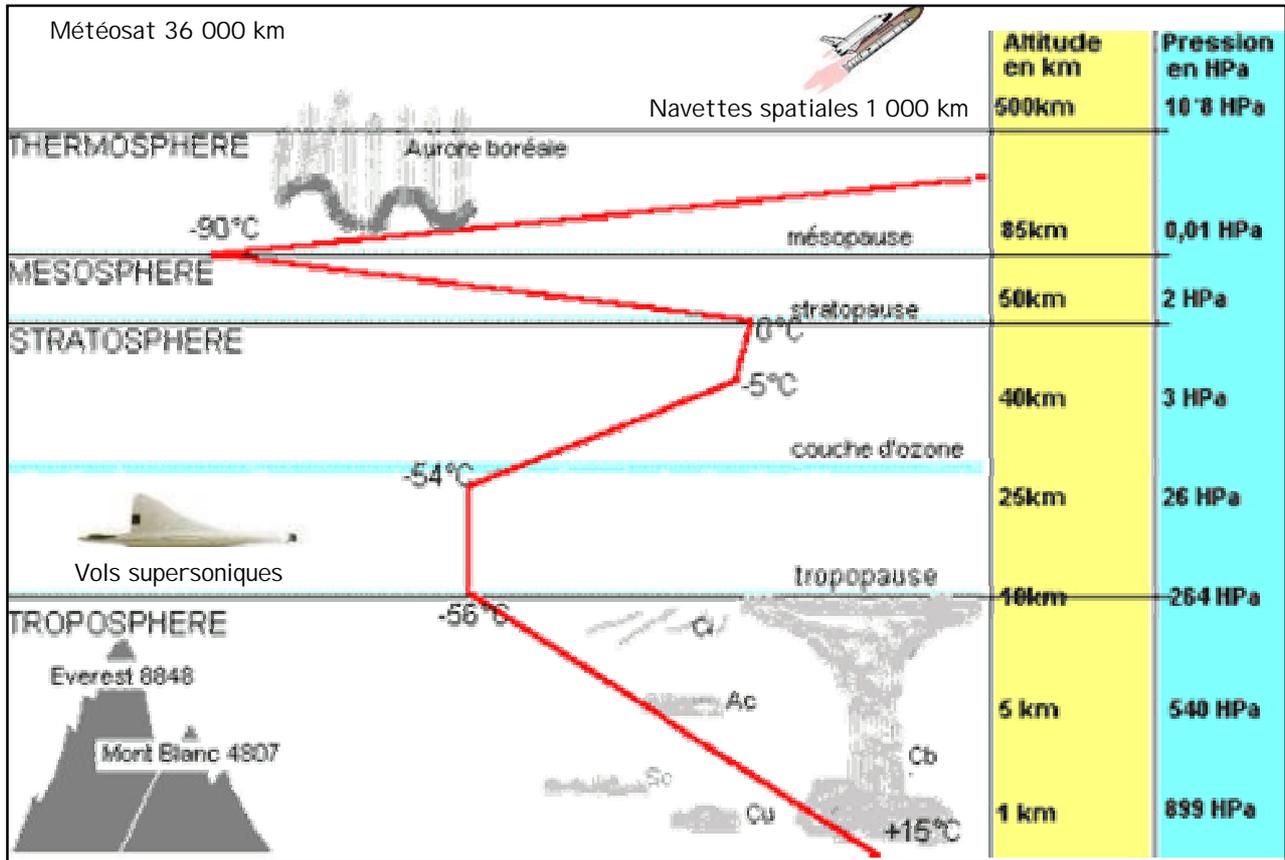


Figure 1

Coupe de l'atmosphère

L'air atmosphérique exerce une pression sur les objets qui y sont immergés : la pression atmosphérique que l'on peut mesurer avec un baromètre.

La pression atmosphérique normale est de 1013 hPa (hectopascal). Elle varie avec :

- l'altitude : la pression atmosphérique diminue quand l'altitude augmente ;
- le lieu ;
- l'instant : pour un lieu donné, elle peut varier parfois assez vite dans la même journée.

La connaissance de la pression atmosphérique, de ses variations participe à la prévision du temps qu'il fera (météorologie).

L'atmosphère qui entoure la Terre joue un rôle important pour l'équilibre thermique de notre planète : le jour, l'atmosphère réfléchit et absorbe plus de la moitié du rayonnement solaire, évitant les températures trop fortes tandis que la nuit, elle empêche la chaleur reçue de repartir vers l'espace.

2. Le vent

Si l'on relève les valeurs de la pression atmosphérique en différents points du globe et que l'on relie entre eux les points de pression identique, on obtient une série de courbes (isobares) qui parfois se referment sur elles-mêmes. Si la pression diminue vers le centre, c'est une dépression. Si elle augmente, c'est un anticyclone.

Le vent est directement déterminé par ce relief atmosphérique puisque c'est un déplacement d'air des hautes pressions vers les basses pressions.

Du fait de la rotation terrestre, le vent ne circule pas en ligne droite des anticyclones vers les basses pressions mais s'enroule dans le sens direct (sens inverse des aiguilles d'une montre) autour des dépressions et inversement autour des anticyclones pour l'hémisphère nord.

La direction du vent peut être repérée par une girouette ou une manche à air.

La vitesse du vent est fixée par le gradient de pression. Elle peut être mesurée par un anémomètre ou encore évaluée à l'aide de l'échelle Beaufort.

