

Fiche 1

États de la matière et changements d'états

1. Programme

- **Cycle 2.** Utilisation de thermomètres dans quelques situations de la vie courante. L'eau dans la vie quotidienne : glace, eau liquide. Solidification et fusion.
- **Cycle 3.** La matière : États et changements d'état de l'eau. Fusion, solidification. Ébullition. État gazeux de l'eau ; *évaporation, condensation ; facteurs agissant sur la vitesse d'évaporation.* Éducation à l'environnement : Le trajet et les transformations de l'eau dans la nature.

2. Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Dans le vocabulaire courant :

- solide s'oppose souvent à “fragile ” ou à “ mou ”, et non à liquide et gazeux.
- gaz désigne surtout le gaz combustible utilisé comme moyen de chauffage domestique.
- l'expression “eau gazeuse” ne désigne pas de l'eau dont l'état physique est l'état gazeux mais de l'eau dans laquelle est dissous du dioxyde de carbone.
- le mot “fondre ” est souvent employé à la place de “se dissoudre” : on dit “le sucre fond dans l'eau” au lieu de : “se dissout dans l'eau”. Il ne s'agit pas ici d'un changement d'état mais d'une dissolution (voir F2 pour ces deux derniers points).
- le mot “vapeur ” désigne d'autres gaz que la vapeur d'eau (vapeur d'alcool, d'éther...).

3. Difficultés provenant des idées préalables des élèves

- Pour les élèves la glace, l'eau et la vapeur d'eau sont trois substances différentes. Cette représentation est issue des différences perceptives entre ces trois états. Elle est renforcée par le vocabulaire usuel (sous chacun de ses trois états, l'eau porte un nom différent) et par certaines habitudes pédagogiques qui consistent à présenter l'eau comme le prototype de l'état liquide alors que c'est l'air qui est présenté comme le prototype de l'état gazeux.
- Ils ne possèdent pas totalement l'idée de conservation et ont du mal, généralement, à admettre l'existence de quelque chose d'invisible. Cette difficulté se manifeste dans le cas des gaz et tout particulièrement dans celui de la vapeur d'eau. Lorsque de l'eau s'évapore les plus jeunes élèves formulent des explications “magiques” ou pensent tout simplement qu'elle a disparu. Les plus âgés prétendent souvent que l'eau, en s'évaporant, s'est transformée en air.
- Lors de l'ébullition, de grosses bulles de vapeur d'eau se forment dans le liquide, remontent à la surface et s'échappent. De nombreux élèves pensent que ce sont des bulles d'air.
- Lorsque l'eau bout, on voit en général un brouillard au-dessus du récipient. Ce brouillard est constitué de fines gouttelettes d'eau résultant de la condensation de la vapeur d'eau dans l'air froid au-dessus du récipient. Les élèves appellent souvent ce brouillard “fumée”, alors qu'une fumée comporte de fines particules solides, ce qui n'est pas le cas ici. Ils appellent aussi ce brouillard “vapeur”, alors que la vapeur d'eau est un gaz invisible. Ils appellent également ce brouillard “buée” alors que le mot buée désigne plutôt les fines gouttelettes d'eau qui se déposent sur un objet froid.

4. Quelques écueils à éviter lors des observations et manipulations

- Lorsqu'on chauffe de l'eau dans un récipient on observe, avant l'ébullition, de petites bulles d'air (initialement dissout dans l'eau) qui s'échappent de l'eau. Ce n'est qu'en poursuivant le chauffage que l'on voit apparaître de grosses bulles de vapeur d'eau qui caractérisent l'ébullition.
- La mise en évidence de la température de fusion-solidification de l'eau pure nécessite un mélange intime de glace et d'eau en équilibre. Si la quantité de glace est trop faible, la température n'atteindra pas l'équilibre. Si la glace n'est pas pilée (par exemple lorsqu'on utilise un glaçon), la température risque de ne pas être homogène dans tout le récipient.

- Lorsqu'on mesure la température d'ébullition de l'eau à l'école, il est rare de trouver 100°C. La température d'ébullition est affectée par la présence de substances dissoutes (l'eau du robinet n'est pas pure) et par la pression atmosphérique qui dépend, en particulier, de l'altitude. Dans les régions montagneuses, l'eau pure bout à une température légèrement inférieure à 100°C. Les thermomètres usuels que les écoles peuvent se procurer sont souvent "à immersion totale". Cette condition d'utilisation est rarement possible pour mesurer la température d'ébullition de l'eau. L'indication fournie par le thermomètre présente alors une erreur (par défaut) de quelques degrés (ce qui n'est pas fondamental si l'on se réfère à la formulation prévue par le programme où l'on vise essentiellement à montrer le fait que la température reste constante au cours de l'ébullition de l'eau pure).
- La mise en évidence de la conservation de la masse lors de la fusion de la glace nécessite d'essuyer la buée, issue de l'air ambiant, qui se condense sur les parois extérieures du récipient contenant la glace. Sans cette précaution, l'équilibre d'une balance de type Roberval est rapidement rompu.

5. Connaissances

La glace, l'eau liquide et la vapeur d'eau sont trois états physiques de l'eau. On met en évidence sur l'exemple de l'eau les caractéristiques des principaux états de la matière : les solides ont une forme propre ; les liquides s'écoulent ou adoptent, au repos, la forme des récipients qui les contiennent, leur surface libre étant alors horizontale ; comme les liquides, les gaz coulent et prennent la forme des récipients, mais contrairement aux liquides, ils en occupent la totalité du volume.

L'eau gèle (ou reste solide) lorsque elle est portée à une température inférieure à 0°C et, réciproquement, la glace fond (ou l'eau reste liquide) lorsque elle est portée à une température supérieure à 0°C. Le mélange intime de glace et d'eau à l'état liquide est à zéro degré. La masse se conserve au cours de cette transformation. À l'air libre et dans les conditions usuelles l'eau bout à une température fixe, voisine de cent degrés (100°C). La valeur de celle-ci n'est affectée ni par la durée du chauffage ni par la puissance de la source.

L'ébullition se caractérise par la transformation d'eau liquide en vapeur d'eau se produisant dans tout le volume du liquide. C'est à cette condition qu'elle s'accompagne de la constance de la température.

La vapeur d'eau présente dans l'air ambiant, état gazeux de l'eau, est imperceptible à nos sens.

Le passage de l'état liquide à l'état gazeux peut se produire seulement en surface : c'est l'évaporation. Le phénomène est alors plus lent et se produit à toute température. Au cours d'une évaporation, l'eau ne disparaît pas. Elle se transforme en vapeur d'eau qui se mélange à l'air ambiant.

Au cours d'une condensation l'eau devient visible mais elle était présente dans l'air sous forme de vapeur, invisible avant de se condenser.

6. Pour en savoir plus

- L'étude de l'eau conduit à distinguer trois états et seulement trois (solide, liquide, gazeux). Le caractère constant de la température tout au long de la fusion et de l'ébullition (palier de température) est une propriété générale des changements d'état d'un corps pur.
- La classification précédente et les propriétés qui l'accompagnent ne s'appliquent qu'aux corps purs : le chocolat, par exemple, peut être solide ou liquéfié ("fondu") mais il ne s'agit pas d'un changement d'état physique, le chocolat n'étant pas une substance pure (en particulier, cette transformation ne s'effectue pas à température constante). Cette classification présente des exceptions (substances qui, chauffées, subissent une modification chimique avant de changer d'état) et des limites : elle ne prend pas en compte l'état de certaines substances qu'une classification plus élaborée envisagerait (vitreux, cristallin, dissous, cristaux liquides, plasma...).
- La généralisation aux autres corps purs demanderait de s'appuyer sur d'autres exemples. Or, la grande majorité des matériaux usuels, connus d'enfants de moins de 12 ans, ne sont pas des corps purs. Les exemples de corps purs pouvant être montrés ou évoqués à l'école sont assez peu nombreux, ce qui justifie de reporter cet objectif au collège.
- Le fait que toute substance (ou presque) puisse exister sous chacun des trois états reste donc au niveau de l'école une généralisation plutôt dogmatique ce qui ne veut pas dire qu'il ne faut pas l'introduire.
- Le sable coule, mais la surface libre obtenue n'est pas forcément horizontale ; ce n'est donc pas un liquide.

- À l'école, le passage d'un état physique à un autre est associé à la notion de température. Mais il peut aussi se produire en comprimant ou en détendant la substance (cette propriété est notamment mise à profit dans les réfrigérateurs, le changement d'état de liquide à gaz s'accompagnant d'une absorption de chaleur).
- La température de fusion-solidification de l'eau pure est très peu affectée par une variation de pression. L'influence de l'altitude n'est donc pas perceptible. En revanche de l'eau salée (donc non pure) ne gèle ni à 0°C, ni à température constante. On met du sel sur les routes parce que l'eau salée reste liquide pour des températures de l'environnement inférieures à 0°C.
- La température d'ébullition de l'eau pure dépend de la pression donc de l'altitude. La durée de cuisson des aliments peut être allongée de manière significative en régions montagneuses.
- L'eau salée ne bout pas à 100°C sous la pression atmosphérique normale et la température d'ébullition n'est pas constante. L'eau (et seulement l'eau) passe à l'état de vapeur. La solution se concentre en sel qui reste seul lorsque toute l'eau s'est évaporée.
- La masse ne change pas lors d'un changement d'état, mais le volume varie en général. Lors de la congélation de l'eau liquide, dans les conditions usuelles, le volume augmente en mettant en jeu des forces considérables (d'où l'expression "geler à pierre fendre"). Cette propriété fait de l'eau un cas exceptionnel par rapport à celui des autres substances pour lesquelles le volume diminue.
- Les nuages sont constitués de vapeur d'eau, de fines gouttelettes d'eau liquide et/ou de petits cristaux de glace.

7. Réinvestissements, notions liées

Voir F2 “ mélanges et solutions ” et F13 "énergie". Les propriétés de la matière et en particulier de l'eau interviennent dans de nombreux phénomènes. Dans le cadre des programmes on peut citer le cycle météorologique de l'eau et l'évapotranspiration des organismes vivants.

Les icebergs (à ne pas confondre avec la banquise) sont constitués d'eau pure (non salée) ce qui permet d'envisager sa récupération pour la consommation. De même, la récupération d'eau douce à partir de l'eau salée des mers ne présente aucune difficulté théorique ou technique et est courante dans des pays pauvres en eau potable et riches en énergie (péninsule arabe). Elle soulève seulement le problème de sa rentabilité économique.