

CHAPITRE 3 : CHANGEMENTS D'ETATS ET TRANSFERTS THERMIQUES

1 Etat de la matière

1.1 Les différents états de l'eau

La matière existe sous trois états : solide, liquide et gazeux (Figure 1.).

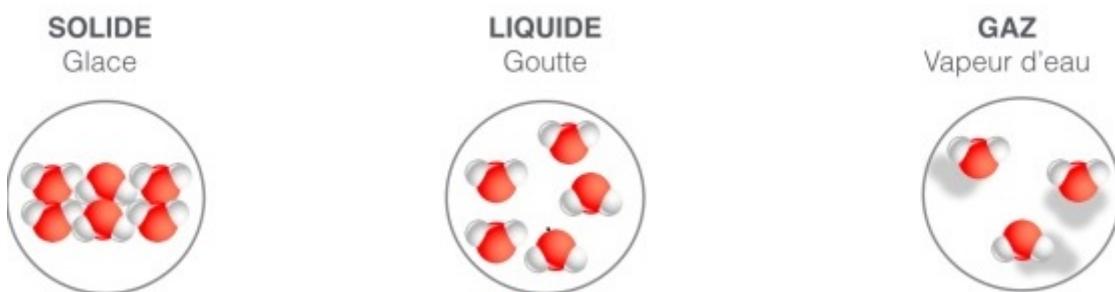


FIGURE 1 – Les trois états de l'eau

Il existe entre les molécules d'eau des forces d'attraction. Ce sont les liaisons hydrogène qui se forment entre les molécules. La liaison hydrogène s'établit entre l'atome d'hydrogène d'une molécule et l'atome d'oxygène d'une autre molécule (Figure 2.).

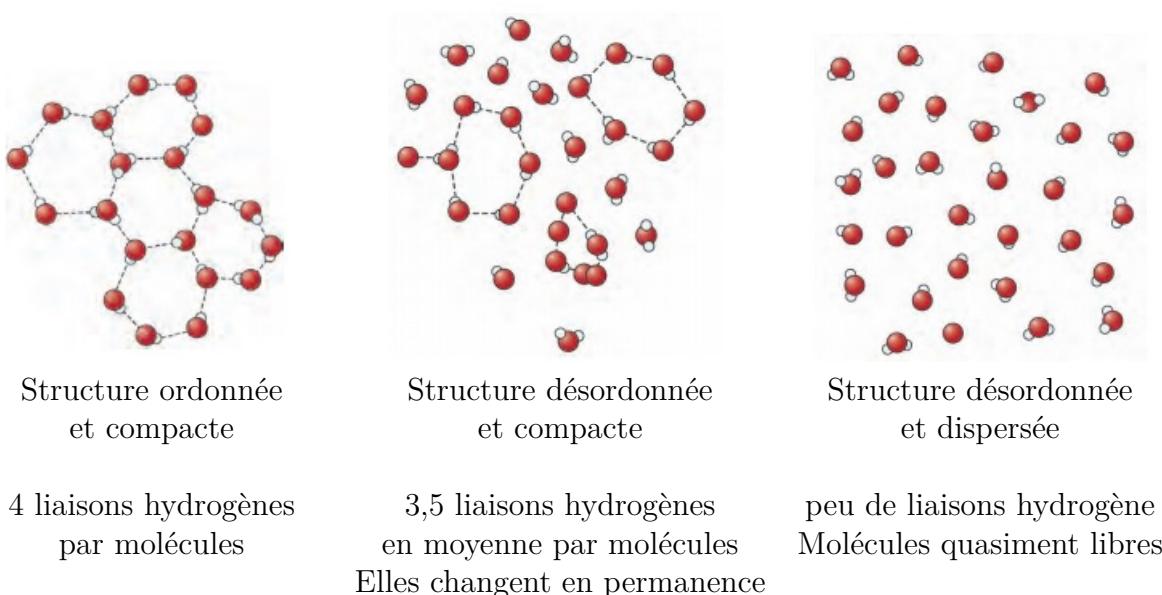


FIGURE 2 – Liaisons hydrogène et états de l'eau

1.2 Les changements d'états de l'eau

Le passage d'un état physique à un autre s'appelle un changement d'état. Il existe six changements d'états différents (Figure 3.).

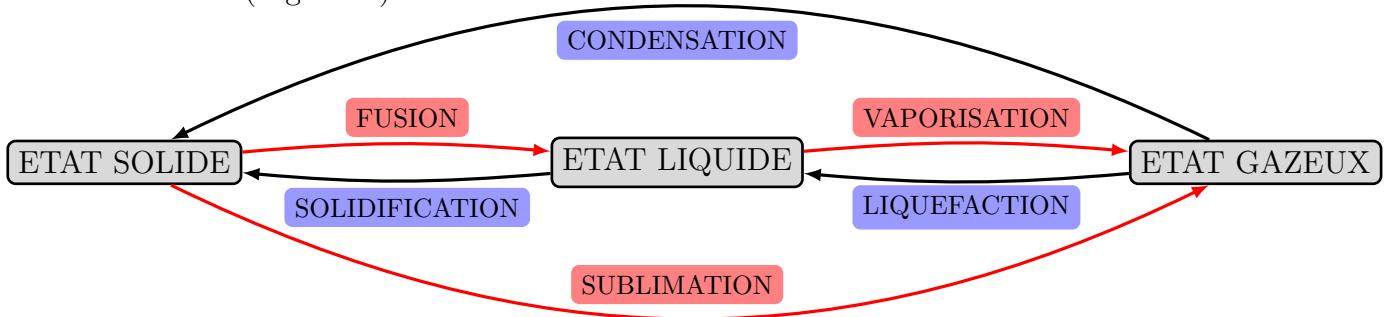


FIGURE 3 – Changement d'état de l'eau

1.3 Les domaines des états de l'eau : diagramme (P,T)

Le diagramme d'état (P, T) est constitué de trois courbes de changement d'état (courbe de sublimation, courbe de vaporisation et courbe de fusion) qui délimitent les domaines de l'eau (solide, liquide et gazeux) (Figure 4.).

Le point triple correspond au point où les trois courbes se rejoignent. Les trois états de l'eau sont alors en équilibre.

La courbe de vaporisation s'arrête au point critique au-delà duquel l'eau n'est ni un liquide ni un gaz, c'est un état particulier des fluides nommé supercritique.

Ce diagramme permet de déterminer l'état dans lequel se trouve l'eau pour une pression et une température données. Il permet également de déterminer la température de changement d'état pour une pression donnée. Par exemple, la température d'ébullition de l'eau à la pression de 1,013 bar est de 100°C (Point d'ébullition sur la figure 4.).

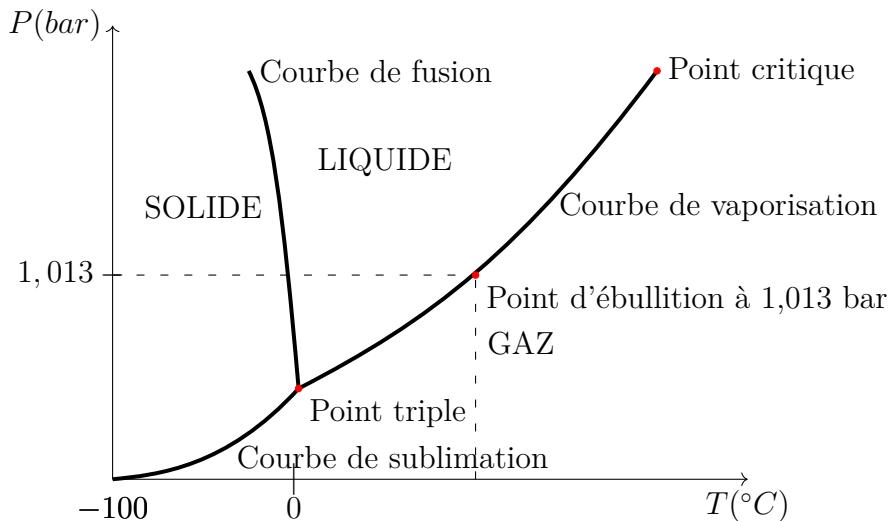


FIGURE 4 – Diagramme d'état (P, T) de l'eau

1.4 Aspect microscopique d'un changement d'état

Lors d'un changement d'état au niveau macroscopique, il y a formation ou rupture des interactions (liaison hydrogène) entre les molécules au niveau microscopique. Pour former ou rompre ces liaisons un échange d'énergie est nécessaire.

2 Les deux modes de vaporisation de l'eau

La vaporisation est le passage de l'état liquide à l'état gazeux. Cela peut se faire par évaporation ou par ébullition.

2.1 L'ébullition

La température d'ébullition est donnée par le diagramme (P,T) à une pression déterminée. Lors de l'ébullition, les grosses bulles de vapeur prennent naissance au sein du liquide et viennent éclater à la surface.

2.2 L'évaporation

L'évaporation se produit à la surface libre d'un liquide. Au niveau de cette surface, le liquide est au contact avec un gaz. La vapeur au dessus du liquide exerce sur ce liquide une pression appelée pression de vapeur saturante P_{vs} . On lit sa valeur sur la courbe de vaporisation. L'évaporation se produit à la condition que la pression due à la vapeur d'eau P_{vap} se trouvant dans l'air au dessus de l'eau soit inférieure à la pression de vapeur saturante P_{vs} pour cette température. (En atmosphère humide, l'évaporation est difficile). Dans ce cas, les molécules de la surface se détachent de leurs voisines et sont libérées dans le gaz : c'est le phénomène d'évaporation.

3 Transformations physiques et effets thermiques associés

3.1 Enthalpie de changement d'état (ou chaleur latente L)

L'enthalpie de changement d'état ΔH est l'énergie échangée (reçue ou libérée) avec le milieu extérieur pour faire passer un kilogramme d'un corps pur d'un état physique à un autre. Elle s'exprime en joule par kilogramme ($J.kg^{-1}$). Par exemple, l'enthalpie de vaporisation de l'eau $\Delta H_{vaporisation}$ à 100°C est l'énergie qu'il faut fournir à 1 kg d'eau liquide à 100°C pour obtenir 1 kg de vapeur à 100°C.

Corps	ΔH ($kJ.kg^{-1}$)	Température de vaporisation (P = 1,013 bar)
Eau	2257	100°C
Ammoniac	1371	-33,5°C
Ethanol	904	79°C
Ether	451,4	35°C

FIGURE 5 – Enthalpie de changement d'état de quelques corps pur

3.2 Energie échangée avec l'extérieur

Lors d'un changement d'état, l'énergie échangée ΔE (reçue ou libérée) avec l'extérieur est donnée par la relation :

$$\boxed{\Delta E = m \times \Delta H}$$

avec ΔE l'énergie échangée (J), m la masse subissant le changement d'état (kg) et ΔH l'enthalpie de changement d'état ($J.kg^{-1}$).