

Chapitre 1

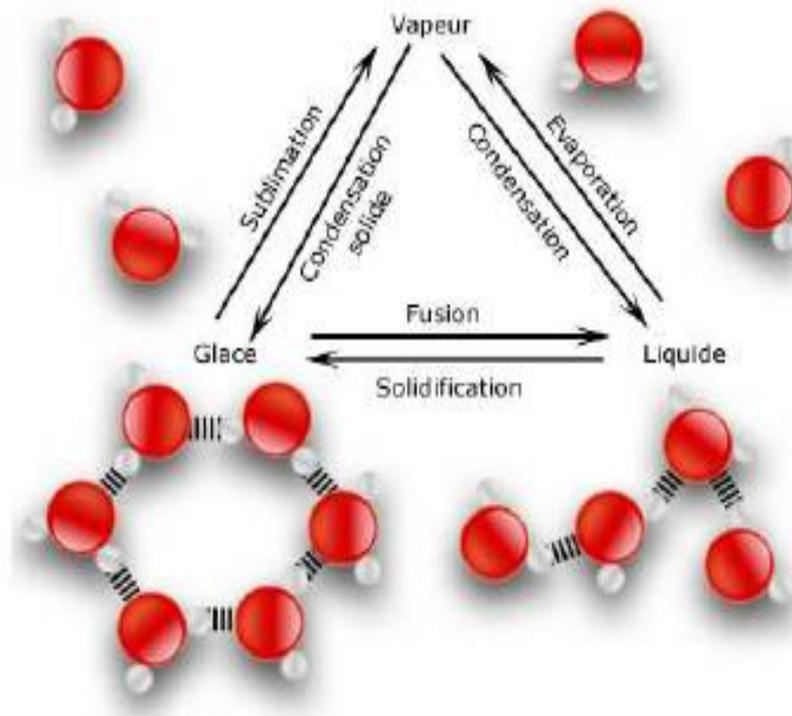
L'eau

I- INTRODUCTION

En raison de son ubiquité, l'eau a été longtemps considérée comme un liquide inerte emplissant simplement les espaces intermoléculaires dans les organismes vivants. Elle représente environ 65% de la masse des êtres vivants. Tous les constituants de la cellule "baignent" dans un environnement aqueux. C'est dans ce milieu que se font les échanges entre les cellules, qu'ont lieu les réactions du métabolisme, etc..

Les propriétés de l'eau telles que son pouvoir de solvatation, d'ionisation jouent un rôle primordial dans la détermination de la structure et des propriétés biologiques des molécules des constituants cellulaires (protéines, acides nucléiques, lipides, etc..).

Quelques propriétés physico-chimiques de l'eau



2- Quelques propriétés physico-chimiques de l'eau

Voici quelques propriétés déterminantes pour les phénomènes biologiques :

2.1. Propriétés physiques

L'eau possède un point de fusion, un point d'ébullition, une chaleur de vaporisation, une

chaleur spécifique, une chaleur de fusion et une tension superficielle plus élevés que ceux des

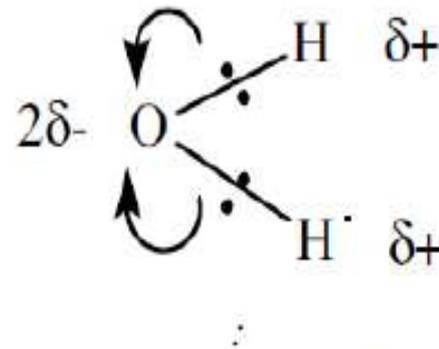
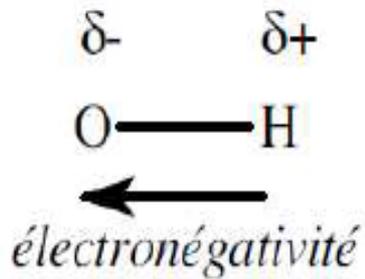
autres liquides. - à la pression atmosphérique, la température d'ébullition de l'eau est de 100°C (65°C pour le méthanol).

- à la pression atmosphérique et une température de 40°C, sa chaleur de vaporisation est de 540 cal/g (à comparer avec les 260 pour le méthanol et les 59 pour le chloroforme).

L'élimination d'une faible quantité d'eau, par exemple par transpiration, permet d'évacuer une grande quantité de chaleur : propriété essentielle pour les êtres vivants homéothermes,

- l'eau a une grande capacité calorifique (1 cal/g pour élever la température de 1°C) : elle joue donc un rôle très important comme tampon calorifique.

Structure électronique et géométrie de la molécule



Liaison polarisée dans la molécule d'eau : dipôle

2.2.1. Structure électronique et géométrie de la molécule

Les structures électroniques des atomes entrant dans la composition de l'eau sont :

- Hydrogène
- Oxygène

2.2.2. Polarité de la liaison O-H : dipôle

Cette différence d'électronégativité va faire apparaître **une polarisation permanente de la liaison O-H** : charge partielle permanente négative sur l'atome le plus électronégatif O, et une charge partielle positive de valeur absolue identique sur l'atome le moins électronégatif H.

Cette distribution des charges électriques constitue un **dipôle**

2.2.3. Les liaisons hydrogène

Les liaisons hydrogène résultent de l'attraction électrostatique entre un atome électronégatif ayant un doublet électronique libre (en général O ou N) et un atome d'hydrogène lié par une liaison covalente à un autre atome électronégatif qui polarise cette liaison.

- l'atome d'hydrogène est un **donneur de liaison hydrogène**
- l'atome dont le doublet électronique libre est engagé dans la liaison hydrogène est un **accepteur de liaison hydrogène**

Une molécule d'eau est capable de former quatre liaisons hydrogène :

- 2 par l'intermédiaire des atomes d'hydrogène (donneur)
- 2 par l'intermédiaire des deux doublets électroniques libres de l'atome d'oxygène (accepteur).

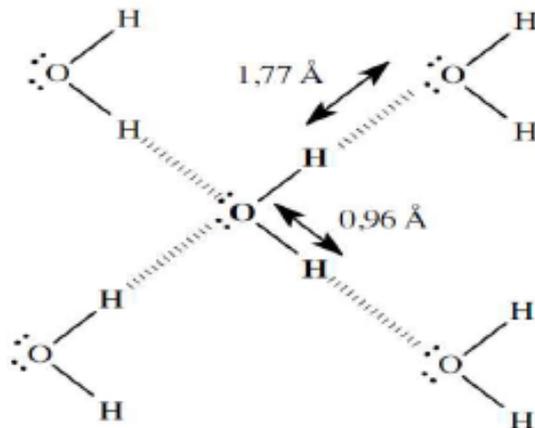
Les liaisons hydrogène



X : atome électronégatif
Y : atome ayant un doublet libre



Exemples de liaisons hydrogène



Représentation schématique
d'une molécule d'eau **engagée**
dans 4 liaisons hydrogène
avec 4 autres molécules d'eau

2 H : donneurs
2 doublets électroniques : accepteurs

2.3. Eau : milieu solvant-dispersion

Un composé est soluble lorsqu'il se disperse dans la phase aqueuse en donnant **une solution vraie**, c'est-à-dire une solution dans laquelle les molécules de soluté n'ont aucune interaction entre elles : c'est le phénomène de **dispersion moléculaire**.

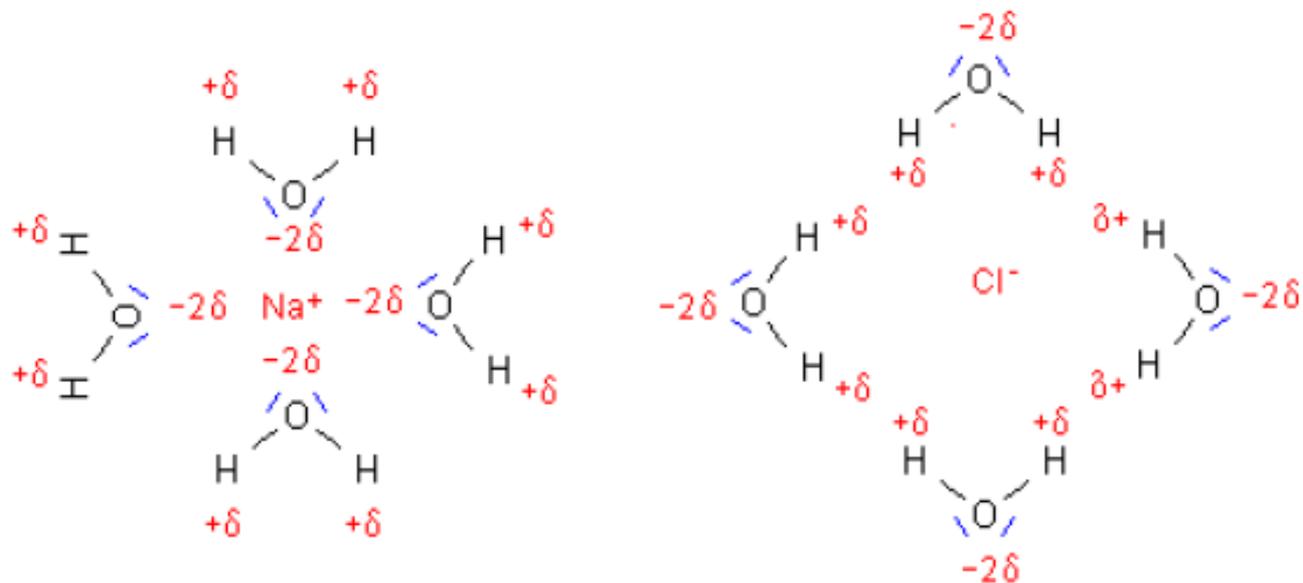
Cette dispersion moléculaire ne peut avoir lieu que si le soluté est capable de s'insérer dans la structure du réseau tridimensionnel de l'eau. Cela ne peut se faire que si le soluté est composé d'atomes ou groupements d'atomes capables de former des liaisons hydrogène avec des molécules d'eau, qui entreront en compétition avec celles qui sont formées entre molécules d'eau.

Ces atomes ou groupements d'atomes sont appelés **groupes hydrophiles ou polaires**. Par extension, on donne aussi ces qualificatifs à la molécule entière.

Une molécule biologique soluble dans un milieu aqueux aura ses groupes polaires (ou hydrophiles) liés à l'eau par des liaisons hydrogène : ces molécules d'eau liées entoureront la molécule biologique formant une couronne appelée eau de solvatation ou eau liée.

On dira que la molécule est hydratée ou solvatée.

Eau : milieu solvant-dispersion



δ représente une charge partielle positive inférieure à la charge élémentaire $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.
 $- \delta$ représente une charge négative, de même valeur absolue.

En réalité, l'orientation des molécules d'eau polaires se fait dans l'espace à trois dimensions.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

Les propriétés physiques les plus intéressantes pour le traitement de l'eau sont les suivantes

1.2.1. Masse volumique

Par tassement de l'édifice moléculaire, la masse volumique varie avec la température et la pression. Pour l'eau pure, cette variation est la suivante

Aux pressions rencontrées en pratique hydraulique, l'eau est considérée comme un fluide incompressible. Mais, en fait, c'est un fluide élastique: son volume décroît d'environ 0,048 % chaque fois que

la pression augmente d'une atmosphère.

L'eau de mer, de salinité 35 g.l⁻¹, a une masse volumique moyenne de 1,0281

kg.l⁻¹

à 0 °C; une variation de salinité de 1 g.l⁻¹ fait varier la masse volumique de 0,0008

kg.l⁻¹.

<i>T°C</i>	<i>Masse volumique kg. dm⁻³</i>	<i>T°C</i>	<i>Masse volumique kg. dm⁻³</i>
0	0,99987	20	0,99828
4	1,00000	25	0,99707
10	0,99973	30	0,99567
15	0,99913	100	0,95838

1.2.2. Propriétés thermiques

.Chaleur massique: 4,18 kJ/kg.°C (1 kcal/kg. °C) à 0°C. Elle varie avec la température en présentant un minimum à + 35 °C.

. Les chaleurs latentes de transformation sont pour la fusion de 330 kJ . kg-1 (ou 79 kcal.kg-1) et pour la vaporisation 2250 kJ.kg-1 (ou 539 Kcal.kg-1) à la pression normale et à 100 °C. L'importance de la chaleur massique et de la chaleur latente de vaporisation fait que les grandes étendues d'eau à la surface de la terre constituent de véritables volants thermiques. C'est également la raison de l'utilisation de l'eau comme fluide caloporteur.

1.2.3. Viscosité

C'est la propriété qu'a un liquide d'opposer une résistance aux divers mouvements soit internes, soit globaux, comme l'écoulement. Elle est à la base des pertes de charge et joue donc un rôle important en traitement d'eau. Elle diminue lorsque la température croît.

La pression agit d'une façon tout à fait particulière sur la viscosité absolue de l'eau. Contrairement aux autres liquides, une pression modérée rend l'eau moins visqueuse aux basses températures: elle écrase en quelque sorte son organisation moléculaire. Lorsque la pression continue à croître, l'eau reprend une structure de liquide dépourvu de contrainte interne et suit la règle générale, c'est-à-dire que la viscosité croît avec la pression.

$T^{\circ}\text{C}$	<i>Viscosité Dynamique ? mPa. s</i>	$T^{\circ}\text{C}$	<i>Viscosité Dynamique ? mPa. s</i>
0	1,797	20	1,007
5	1,523	25	0,895
10	1,301	30	0,800
15	1,138	35	0,723

Par contre, elle augmente avec la teneur en sels dissous; l'eau de mer est donc nettement plus visqueuse que l'eau de rivière.

<i>Salinité en ion Cl^- en g.l^{-1}</i>	<i>Viscosité dynamique ? à 20°C en mPa. s</i>
0	1,007
4	1,021
8	1,035
12	1,052
16	1,068
20	1,085

1.2.4. Tension superficielle

Elle caractérise une propriété des interfaces (surfaces limitant deux phases). Elle est définie comme une force de traction qui s'exerce à la surface du liquide en tendant toujours à réduire le plus possible l'étendue de cette surface.

Elle est telle qu'elle provoque une ascension capillaire de 15 cm à 18 °C dans un tube de 0,1 mm de diamètre.

La tension superficielle diminue avec l'augmentation de la température.

T°C	Tension superficielle 10^{-3} N.m^{-1} (dyn.cm ⁻¹)	T°C	Tension superficielle 10^{-3} N.m^{-1} (dyn.cm ⁻¹)
0	75,60	50	67,91
10	74,22	60	66,18
20	72,75	70	64,4
30	71,18	80	62,60
40	69,56	100	58,9

L'addition de sels dissous augmente généralement la tension superficielle (? = $74,6 \times 10^{-3} \text{ N.m}^{-1}$ pour une solution aqueuse de NaCl à 1 mol.l^{-1} , à 18 °C). D'autres corps la diminuent, ils sont appelés tensio-actifs.

1.2.5. *Pression osmotique*

La pression osmotique traduit un phénomène qui s'établit entre des phases liquides de concentrations différentes séparées par une membrane semi-perméable.

Une équation simple relie pression osmotique et concentration ? = ACRT OC :

Différence de concentration en mol.m⁻³

R : Constante des gaz parfaits

8,314 J/mol.K

T : Température en K

? : Pression osmotique en Pa

Ainsi l'eau de mer à 35 g.l⁻¹ en NaCl à 15°C crée une pression osmotique égale à 14,38 X 10⁵ Pa.

Ce paramètre est essentiel dans le dimensionnement des systèmes d'osmose inverse.

1.2.6. *Propriétés électriques*

.constante diélectrique: la constante diélectrique de l'eau, de l'ordre de 80 Farad

Stéradian par mètre, est l'une des plus élevées que l'on connaisse; c'est pourquoi

l'eau possède un pouvoir ionisant très important,

. conductivité électrique de l'eau:

l'eau est légèrement conductrice. La conductivité de l'eau la plus pure que l'on ait obtenue est de 4,2

microsiemens par mètre à 20 °C

(correspondant à une résistivité de 23,8 mégohm-centimètre). Elle

augmente lorsque des sels sont dissous dans l'eau et elle varie en fonction de la température.

1.2.7. Propriétés optiques

La transparence de l'eau dépend de la longueur d'onde de la lumière qui la traverse. Si l'ultraviolet passe bien, l'infrarouge, si utile au point de vue physique et biologique, pénètre à peine.

L'eau absorbe fortement l'orangé et le rouge dans le visible, d'où la couleur bleue de la lumière transmise en couche épaisse. Cette transparence est souvent utilisée pour apprécier certaines formes de pollution et, en conséquence, l'efficacité des traitements d'épuration.

CHIMIE DE L'EAU

L'énergie de formation de la molécule

d'eau, 242 kJ.mol^{-1} (58 kcal.mol^{-1}), est élevée. Il s'ensuit que l'eau possède une grande stabilité. Cette stabilité, associée aux propriétés électriques et à la constitution moléculaire de l'eau, la rend particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps. La plupart des substances minérales peuvent se dissoudre dans l'eau, ainsi qu'un grand nombre de gaz et de produits organiques.

L'EAU SOLVANT

Dissoudre un corps, c'est détruire sa cohésion, laquelle est due à des forces électrostatiques ou coulombiennes qui peuvent être :

- . **Interatomiques** Fortes liaisons chimiques: liaisons de covalence (entre atomes), liaisons d'électrovalence ou ioniques (atome électrons).
- . **Intermoléculaires** Liens de cohésion entre molécules (liaisons hydrogène).

Solubilité des diverses phases

. Cas des gaz

A titre d'exemple à 10 °C, la solubilité des principaux gaz sous une pression de gaz pur égale à 102 kPa (1 bar), sont:

L'oxygène est plus soluble que l'azote les gaz dissous extraits d'une eau sont plus riches en oxygène que l'atmosphère initiale dont ils proviennent.

Gaz	Solubilité mg.l ⁻¹
N ₂	23,2
O ₂	54,3
CO ₂	2 318
H ₂ S	5 112
CH ₄	32,5
H ₂	1,6

. Cas des liquides

La molécule d'eau étant polaire, la solubilité d'un liquide dans l'eau dépend de la polarité des molécules du liquide considéré. Par exemple, les molécules qui comprennent des groupes OH. (exemple: l'alcool, les sucres), SH-, NH₂, étant très polaires, sont très solubles dans l'eau alors que d'autres liquides (les hydrocarbures, le tétrachlorure de carbone, les huiles et les graisses, etc.) non polaires, sont très peu solubles.