

Les forces intermoléculaires et les propriétés de l'eau

Buts:

- Connaître les différentes forces intermoléculaires
- Connaître les propriétés physiques et chimiques de l'eau
- Connaître et savoir utiliser les termes suivants: diagramme de phase, chaleur de vaporisation, pont hydrogène, autoprotolyse, pH
- Savoir décrire les propriétés de l'eau comme solvant

1

Les forces intermoléculaires

2

Les forces intermoléculaires

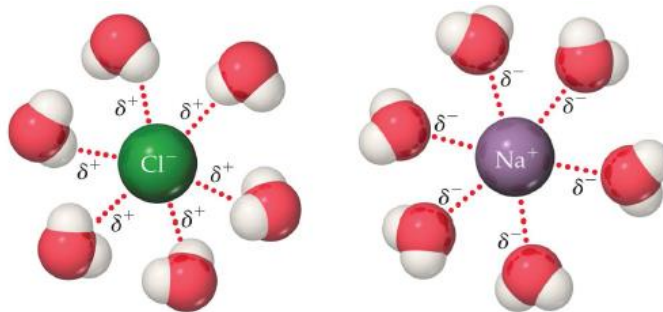
Forces intermoléculaires		
nature de l'interaction	dépend de	énergie typique
ion – dipôle	charge, moment dipolaire	plusieurs 100 kJ/mole
liaison hydrogène	polarité de la liaison H-X et paire libre (X =, N, O, F)	3-30 kJ/mole
dipôle - dipôle	moment dipolaire	3-30 kJ/mole
forces dispersives (force de London)	moment dipolaire instantané, polarisabilité (tous les types de molécules)	1-5 kJ/mole (parfois aussi plus)

forces Van der Waals

Force augmente

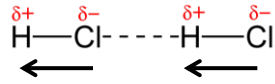
3

La force ion - dipôle



4

La force dipôle - dipôle



	masse molaire (g/mole)	moment dipolaire, μ (D)	point d'ébullition (K)
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	44	0.1	231
CH_3OCH_3	46	1.3	248
CH_3CHO	44	2.7	294
CH_3CN	41	3.9	355



propane



dimethylether



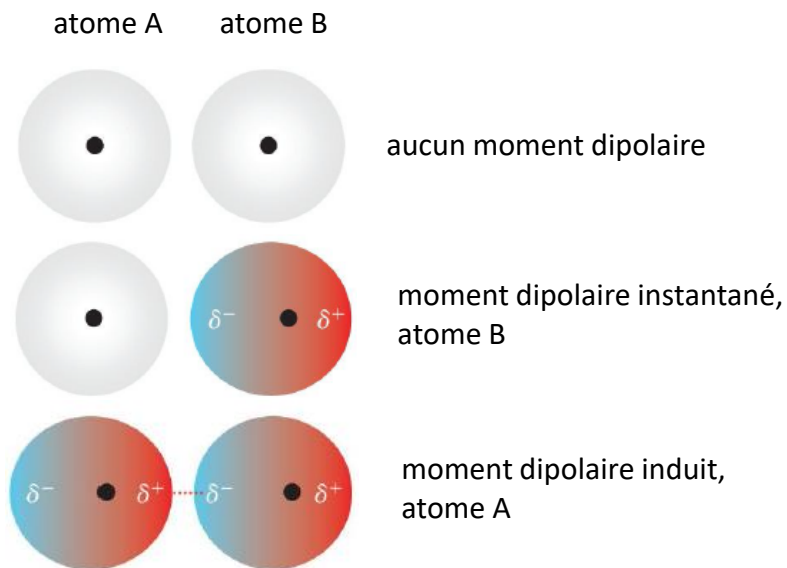
acétaldéhyde



acétonitrile

5

La force de London (force dispersive)



6

La liaison hydrogène et les propriétés de l'eau

7

L'eau: le solvant de la vie



Les propriétés de l'eau sont particulières
Raisons: ponts hydrogènes et
autoprotolyse

- l'eau représente 70% du poids des organismes
- tout les aspects de la structure et du fonctionnement des cellules sont adaptés aux propriétés physiques et chimiques de l'eau (transport de nutriments, réactions catalysées par les enzymes, transfert d'énergie chimique)
- nous pouvons survivre que trois jours sans boire

8

Propriétés physiques de l'eau

	Point de fusion (°C)	Point d'ébullition (°C)	Chaleur de vaporisation (J/g)*
eau	0	100	2258
méthanol	-98	65	1100
éthanol	-117	78	854
hexane	-98	69	423
benzène	6	80	393

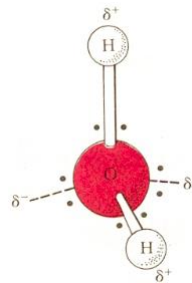
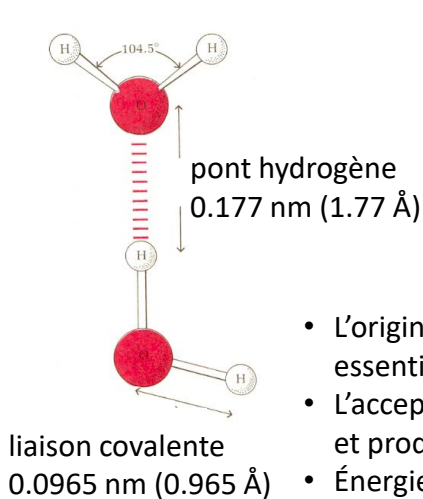
*énergie nécessaire pour transformer 1 g du liquide en vapeur (gaz) à son point d'ébullition (pression atmosphérique)



Mesure pour l'énergie nécessaire pour casser les liaisons entre les molécules

9

La liaison hydrogène

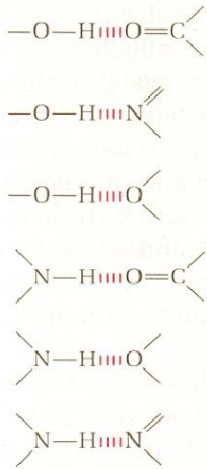


- L'origine de la liaison hydrogène est essentiellement électrostatique (dipôle-dipôle)
- L'accepteur de liaison H possède une paire libre et produit une faible contribution covalente
- Énergie de la liaison H: 3-30 kJ/mole
- Les liaisons H sont directionnelles
- Les liaisons H sont cassées facilement (dynamique)

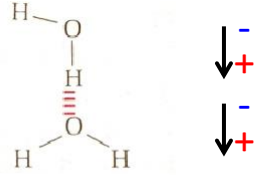
10

La liaison hydrogène

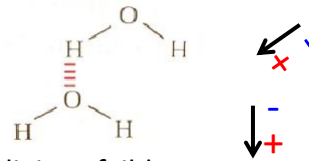
donneur accepteur



la liaison H est directionnelle



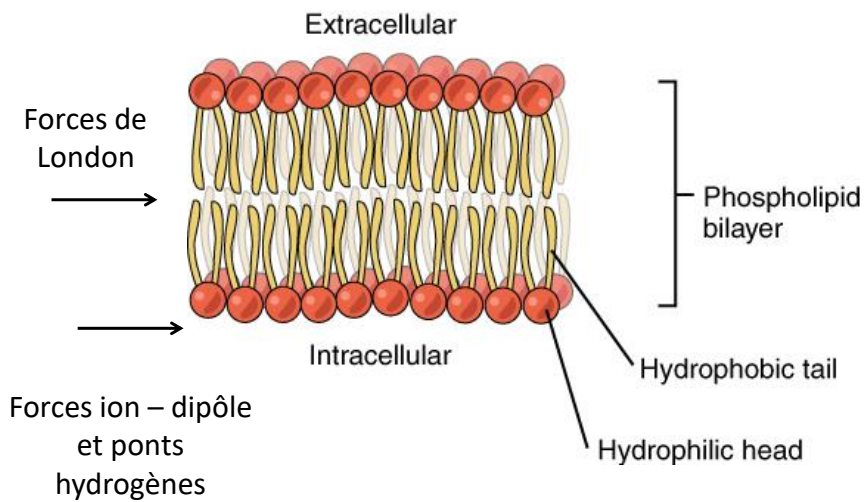
liaison forte



liaison faible

11

Les interactions intermoléculaires en médecine



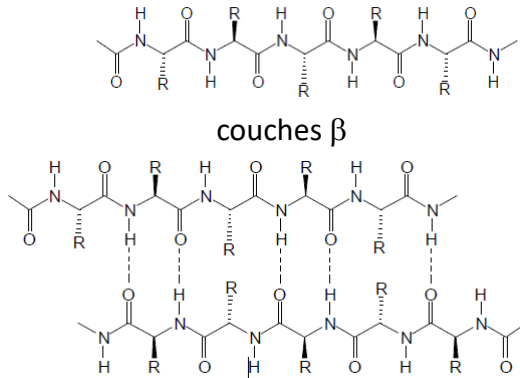
12

Les liaisons hydrogènes en biochimie

Les protéines

La liaison peptidique permet la formation efficace de liaisons hydrogènes qui sont en grande partie responsables pour les structures (secondaires et tertiaires) des protéines.

liaisons peptidiques covalentes dans les protéines



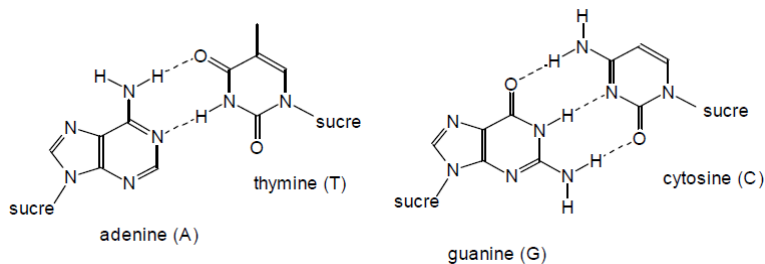
Source: <http://www.olemiss.edu/courses/chem471/Lecture10.pdf>

13

Les liaisons hydrogènes en biochimie

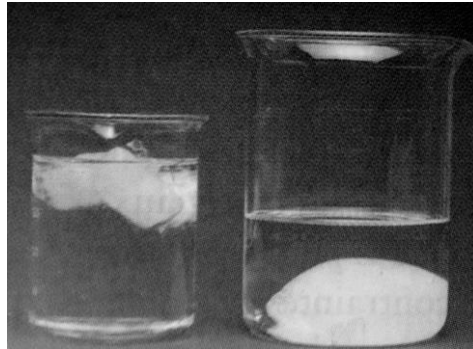
Les acides nucléiques

Les appariements adénine-thymine (deux liaisons H) et guanine-cytosine (trois liaisons H) assurent la sélectivité des brins d'ADN



14

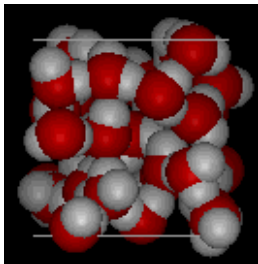
Propriétés physiques de l'eau



15

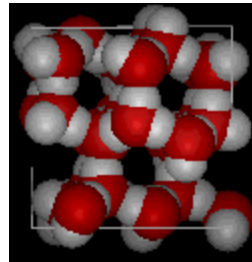
L'eau le solvant de la vie

Eau liquide



- En moyenne chaque molécule d'eau fait 3.4 liaisons H avec d'autres molécules d'eau
- Situation dynamique – des liaisons H sont cassées et d'autres formées (durée de vie typiquement 10^{-9} s)

Eau solide (glace)



- Chaque molécule d'eau fait 4 liaisons H avec d'autres molécules d'eau
- Structure ordonnée et ouverte – par volume il y a moins de molécules que dans l'eau liquide
- La glace est plus légère que l'eau liquide (anomalie)

http://www.edinformatics.com/interactive_molecules/ice.htm

16

Diagramme de phase

Diagramme de phase «normale»

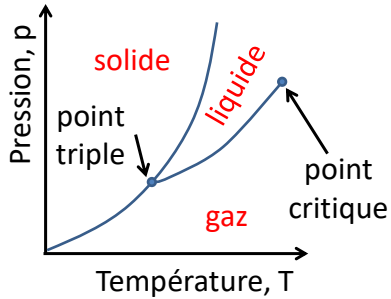
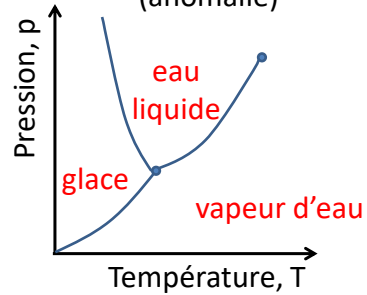


Diagramme de phase de l'eau (anomalie)



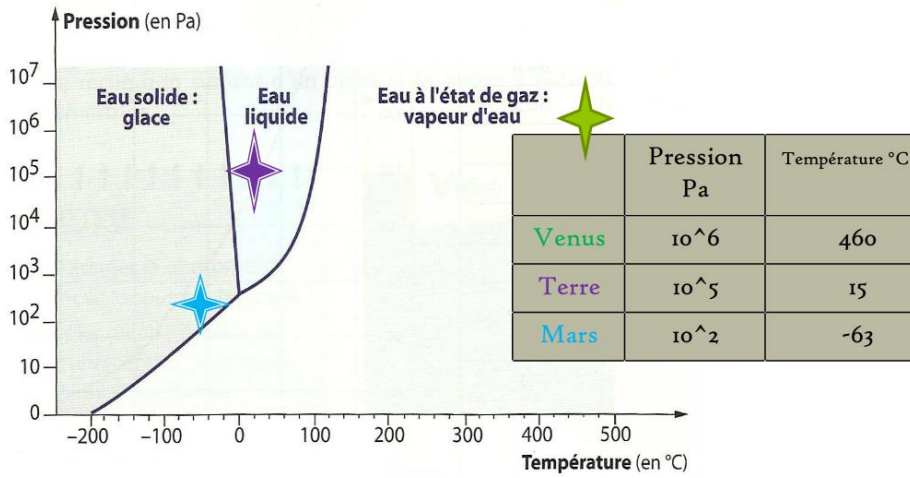
- Le diagramme de phase décrit la stabilité des phases en fonction de p et T
- Les courbes (frontières) entre les phases décrivent les équilibres entre les phases

17



18

Diagramme de phase de l'eau

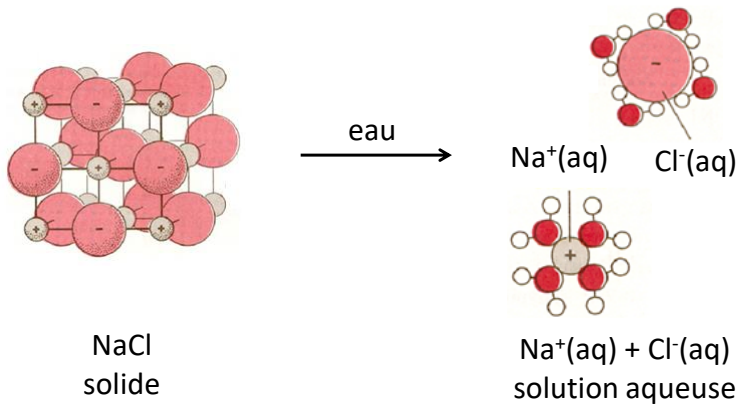


19

L'eau comme solvant

20

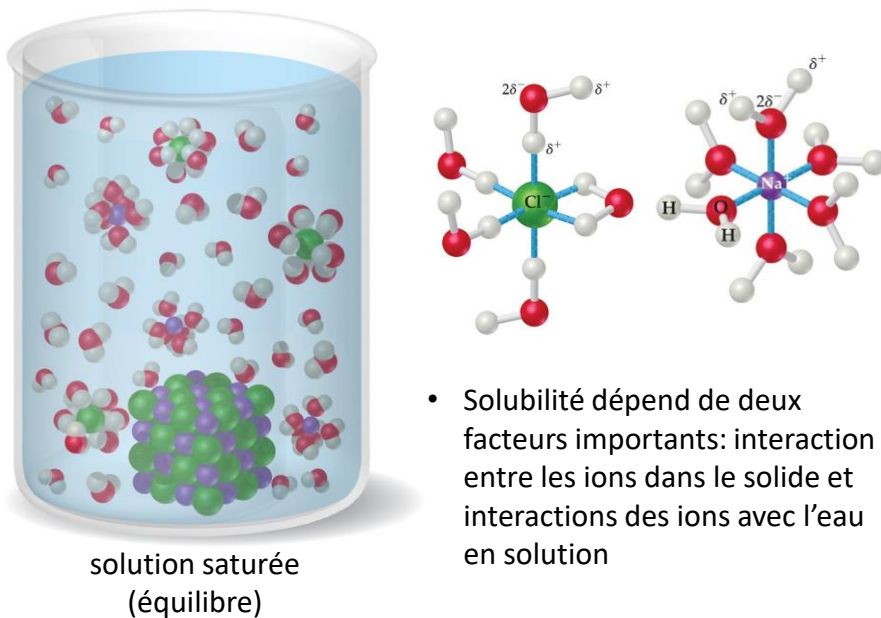
L'eau comme solvant



- Fortes interactions ion – dipôle (eau)
- L'eau est un bon solvant pour beaucoup de sels (NaCl), mais pas pour tous (oxalate de calcium: calculs rénaux)

21

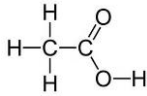
L'eau comme solvant



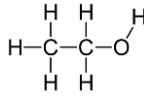
22

Solubilité

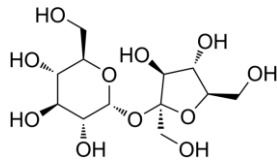
-Bien soluble dans l'eau
-Peu soluble dans des solvants apolaires



acide acétique

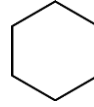


éthanol

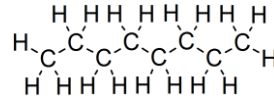
sucrose: disaccharide
glucose et fructose

molécules polaires (hydrophile)

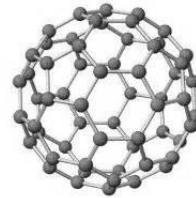
-Bien soluble dans des solvants apolaires
-Peu soluble dans l'eau



cyclohexane



octane

C₆₀ (bucky-ball)

molécules apolaires (lipophiles)

Les semblables dissolvent les semblables

23

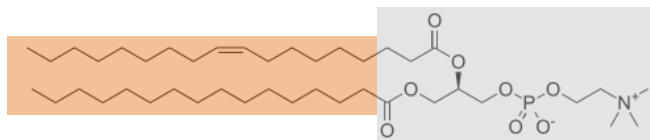
Les amphiphiles

stéarate de sodium (savons, cosmétiques)



lipophile (hydrophobe)

hydrophile

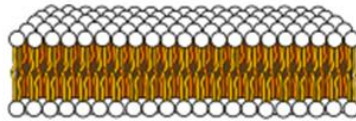
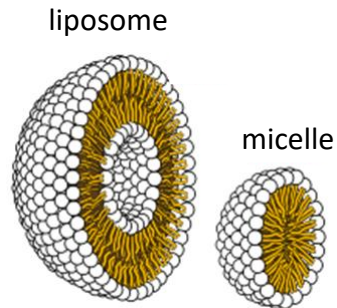


phospholipides

24

Les amphiphiles

- auto-assemblage dans l'eau
- interaction de la partie hydrophile avec l'eau
- partie hydrophobe à l'intérieur des structures
- membranes des cellules
- membrane fluide (diffusion latérale)

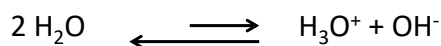


25

L'autoprotolyse de l'eau et pH

26

Autoprotolyse de l'eau



Il s'agit d'un équilibre (voir thermodynamique)

acide: donneur de proton
base: accepteur de proton
 (définition de Brønsted)

L'eau possède à la fois d'un caractère acide et d'un caractère basique (amphotère)

27

Le pH

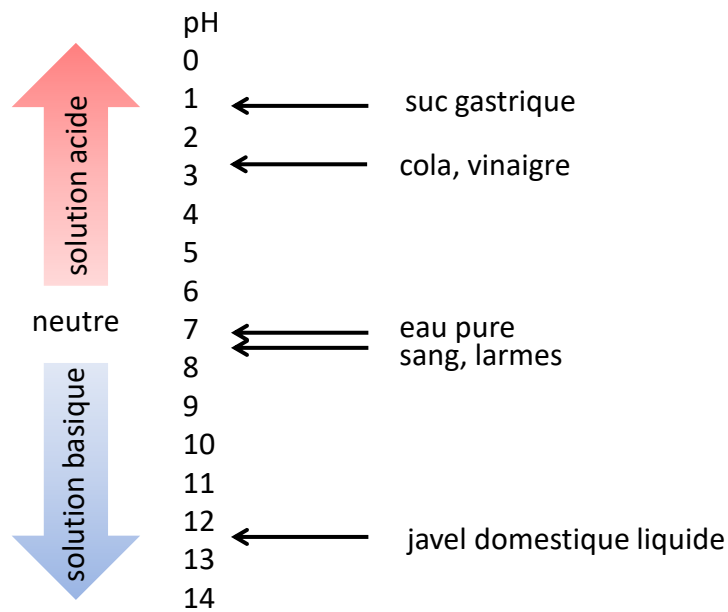
	[H ₃ O ⁺] mol/l	pH	[OH ⁻] mol/l	pOH
	1.0	0	10 ⁻¹⁴	14
	0.1	1	10 ⁻¹³	13
	0.01	2	10 ⁻¹²	12
	0.001	3	10 ⁻¹¹	11
	10 ⁻⁴	4	10 ⁻¹⁰	10
	10 ⁻⁵	5	10 ⁻⁹	9
	10 ⁻⁶	6	10 ⁻⁸	8
	10 ⁻⁷	7	10 ⁻⁷	7
	10 ⁻⁸	8	10 ⁻⁶	6
	10 ⁻⁹	9	10 ⁻⁵	5
	10 ⁻¹⁰	10	10 ⁻⁴	4
	10 ⁻¹¹	11	0.001	3
	10 ⁻¹²	12	0.01	2
	10 ⁻¹³	13	0.1	1
	10 ⁻¹⁴	14	1.0	0

Le pH donne la concentrations des ion H⁺ (ou plutôt H₃O⁺) (échelle logarithmique)

pH = -log[H₃O⁺]
pOH = -log[OH⁻]

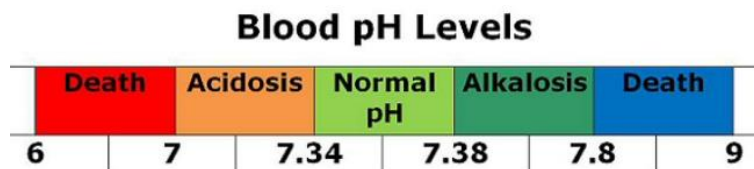
28

Le pH



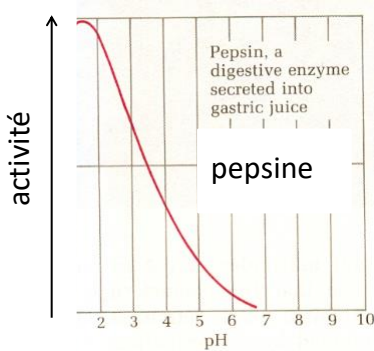
29

Le pH du sang

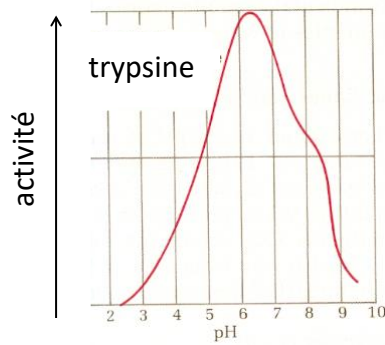


30

D'où l'importance du pH?



enzyme digestive
suc gastrique



enzyme digestive
intestin grêle

- L'activité des enzymes (bio-catalyseurs) dépend fortement du pH!
- Résorption des médicaments (les molécules neutres peuvent passer les membranes)

31

Résumé

- propriétés physiques remarquables à cause des liaisons hydrogènes
- structure de l'eau liquide et solide
- grande capacité calorifique (aide à maintenir T)
- grande chaleur de vaporisation (aide à maintenir T, transpirer)
- grande solubilité pour certains ions et pour molécules polaires
- auto-assemblage des amphiphiles (membranes)
- autoprotolyse de l'eau
- importance du pH pour fonctionnement des bio-catalyseurs

32