

Introduction à la biochimie : l'eau et les fonctions des molécules organiques

Le cours BM01 introduit les bases chimiques indispensables à la compréhension du vivant, organisées en trois grands axes.

I. Les molécules du vivant reposent sur la chimie du carbone, capable de former quatre liaisons covalentes et de s'assembler en longues chaînes. Les liaisons covalentes (simples, doubles, triples) constituent le squelette des biomolécules, tandis que les interactions non-covalentes — liaisons hydrogène, interactions ioniques, forces de Van der Waals et effet hydrophobe — assurent la stabilité des structures tridimensionnelles. Les fonctions chimiques caractéristiques du vivant (alcool, amine, acide carboxylique, phosphate, thiol...) confèrent aux molécules leurs propriétés réactives.

II. L'eau, molécule polaire et dipolaire, est le solvant universel du vivant. Ses liaisons hydrogène lui confèrent une cohésion exceptionnelle (tension de surface, chaleur spécifique élevée). Elle dissocie les électrolytes et oriente le repliement des macromolécules via l'effet hydrophobe : les groupements hydrophobes se regroupent,

excluant l'eau, tandis que les groupements hydrophiles restent exposés. Le potentiel hydrique régit les mouvements d'eau entre compartiments biologiques par osmose.

III. Les réactions chimiques du métabolisme se déclinent en trois grandes familles. La condensation crée des liaisons entre monomères avec élimination d'eau (formation de polymères : protéines, polysaccharides, acides nucléiques) ; l'hydrolyse les rompt. Les réactions d'oxydoréduction transfèrent des électrons (ou hydrogènes) et couplent catabolisme et anabolisme énergétique. Les réactions acido-basiques mettent en jeu des échanges de protons ; le pH, régulé par des systèmes tampons (notamment $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$), conditionne l'activité enzymatique et la stabilité des biomolécules.

En synthèse, la vie repose sur une chimie aqueux-carbonée : des molécules organiques fonctionnalisées, stabilisées par des interactions faibles, réagissant dans un milieu tamponné par l'eau.

PLAN

Introduction

I. Éléments de biochimie

- A. La liaison covalente entre deux atomes
- B. Les interactions non-covalentes
- C. Les fonctions chimiques des molécules du vivant

II. L'eau, solvant du vivant au rôle fonctionnel et structural

- A. Description de la molécule d'eau
- B. Les liaisons électrostatiques en solvant aqueux
- C. Les interactions avec l'eau à l'origine des structures biologiques
- D. Les mouvements d'eau sont régis par le potentiel hydrique
- E. Conclusion : l'eau, solvant du vivant

III. Les réactions chimiques du vivant impliquent parfois directement l'eau

- A. L'eau, produit et réactif de réactions chimiques
- B. Cas particulier des réactions d'oxydoréduction : le rôle de l'eau
- C. Cas particulier des réactions acido-basiques

Conclusion

Parenthèse sur le calcul du nombre ou degré d'oxydation

TABLE DES ILLUSTRATIONS

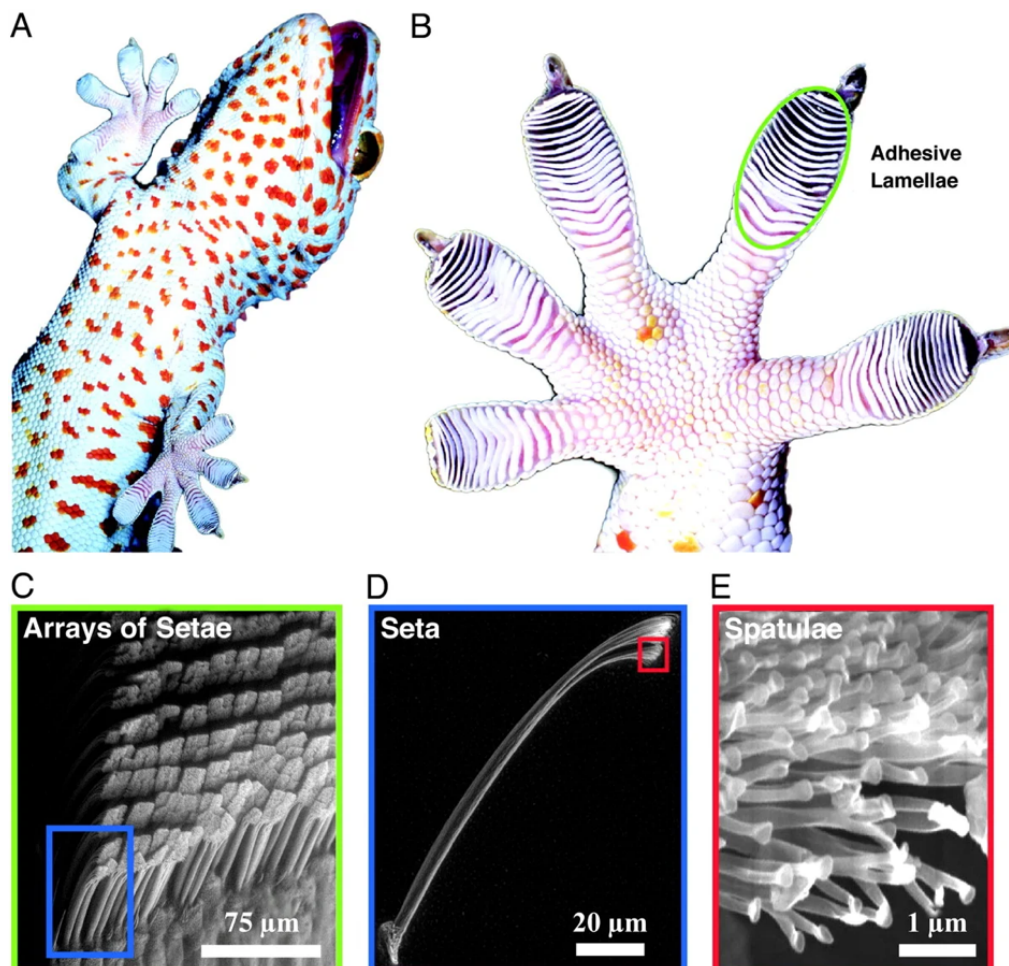
Dessin 1 : Organisation d'un atome
 Dessin 2 : Électronégativité sur la liaison -OH
 Dessin 3 : Schéma d'une liaison Hydrogène.
 Dessin 4 : Exemple de molécule contenant des groupements fonctionnels dérivés
 Dessin 5 : Représentation de CRAM de la molécule d'eau
 Dessin 6 : L'eau, une molécule polaire
 Dessin 7 : Organisation des liaisons H entre molécules d'eau
 Dessin 8 : Interaction hydrophobe entre triglycérides et la molécule d'eau
 Dessin 9 : Exemple de liaison ionique entre glutamate et lysine
 Dessin 10 : Réaction de condensation peptidique et hydrolyse de la liaison peptidique
 Dessin 11 : Réaction d'hydratation / déshydratation entre fumarate et malate (cycle de Krebs)
 Dessin 12 : Réaction d'oxydoréduction avec les couple O_2/H_2O et $CO_2/Glucose$
 Dessin 13 : Application de la règle du gamma et spontanéité des réactions
 Dessin 14 : Équation bilan de la photosynthèse
 Dessin 15 : Équation bilan de la respiration cellulaire
 Dessin 16 : Réaction acide-base de l'autoprotolyse de l'eau

Fig. 1 : Tableau de Mendeleïev et électronégativité
 Fig. 2 : Le gecko et ses pattes très particulières (©Hansen & Autumn, 2005)
 Fig. 3 : Trois types d'interactions de Van der Waals © Lifshitz-van der Waals, d'après Boutaleb (2007)
 Fig. 4 : Groupes fonctionnels et fonctions associées (à compléter)
 Fig. 5 : Interconversion du pyruvate par équilibre céto-énolique
 Fig. 6 : Organisation de la glace et de l'eau liquide © Pearson Education 2009
 Fig. 7 : Solvatation des ions dans l'eau © Peycru, Biologie tout en un, 2019
 Fig. 8 : Tableau de l'énergie et la distance de différentes liaisons ©Peycru, Biologie tout en un, 2019
 Fig. 9 : Oxydation et réduction
 Fig. 10 : Réaction d'oxydoréduction © chm.ulaval

LEXIQUE

Atome / Molécule	Molécule organique	Acide carboxylique	Couronne de solvatation
Liaison covalente	Glucides	Amine	Amphiphile
Électronégativité	Lipides	Thiol	Produit / Réactif
Molécule polaire	Protéines	Amide	Condensation
Liaison hydrogène	Acides nucléiques	Liaison peptidique	Hydrolyse
Interaction de Van der Waals	Alcane	Équilibre céto-énolique	Hydratation /
Liaison ionique	Alcool	Anomalie dilatométrique	Déshydratation
Effet hydrophobe	Aldéhyde	Chaleur spécifique	Oxydant / Réducteur
Fonction chimique	Cétone	Chaleur latente de vaporisation	Acide / Base
			Amphotère

H 2,2																	He	
Li 0,98	Be 1,57											B 2,04	C 2,55	N 3,04	O 3,44	F 3,98	Ne	
Na 0,93	Mg 1,31											Al 1,61	Si 1,9	P 2,19	S 2,58	Cl 3,16	Ar	
K 0,82	Ca 1	Sc 1,36	Ti 1,54	V 1,63	Cr 1,66	Mn 1,55	Fe 1,83	Co 1,88	Ni 1,91	Cu 1,9	Zn 1,65	Ga 1,81	Ge 2,01	As 2,18	Se 2,55	Br 2,96	Kr	
Rb 0,82	Sr 0,95	Y 1,22	Zr 1,33	Nb 1,6	Mo 2,16	Tc 2,1	Ru 2,2	Rh 2,28	Pd 2,2	Ag 1,93	Cd 1,69	In 1,78	Sn 1,96	Sb 2,05	Te 2,1	I 2,66	Xe	
Cs 0,79	Ba 0,89	* 1	Lu 1,3	Hf 1,5	Ta 1,7	W 1,9	Re 2,2	Os 2,2	Ir 2,2	Pt 2,2	Au 2,4	Hg 1,9	Tl 1,8	Pb 1,8	Bi 1,9	Po 2	At 2,2	Rn
Fr 0,7	Ra 0,9	** ↓	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
		* ↓	La 1,1	Ce 1,12	Pr 1,13	Nd 1,14	Pm 1,17	Sm 1,2	Eu	Gd 1,2	Tb	Dy 1,22	Ho 1,23	Er 1,24	Tm 1,25	Yb		
		** ↓	Ac 1,1	Th 1,3	Pa 1,5	U 1,7	Np 1,3	Pu 1,3	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No		



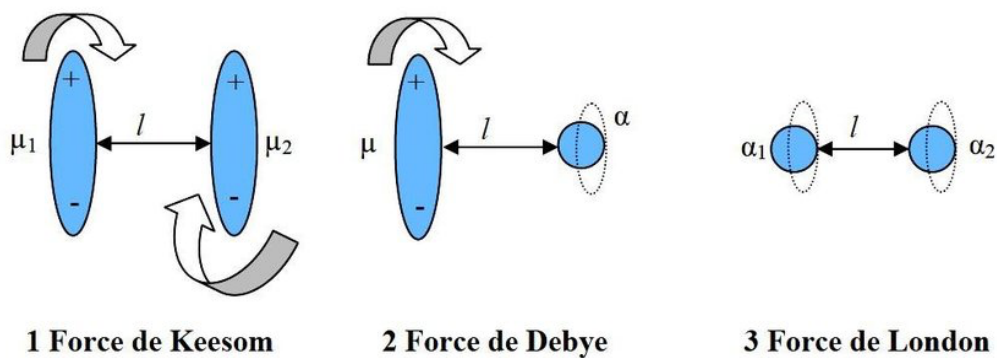


Fig. 3 : Trois types d'interactions de Van der Waals © Lifshitz-van der Waals, d'après Boutaleb (2007)

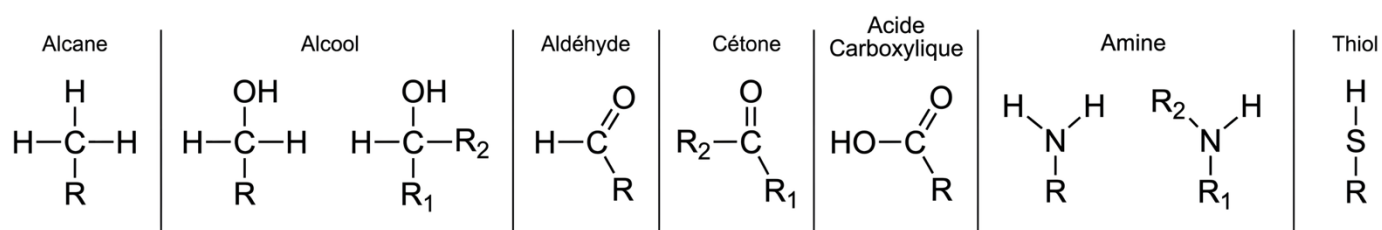


Fig. 4 : Groupes fonctionnels et fonctions associées (à compléter)

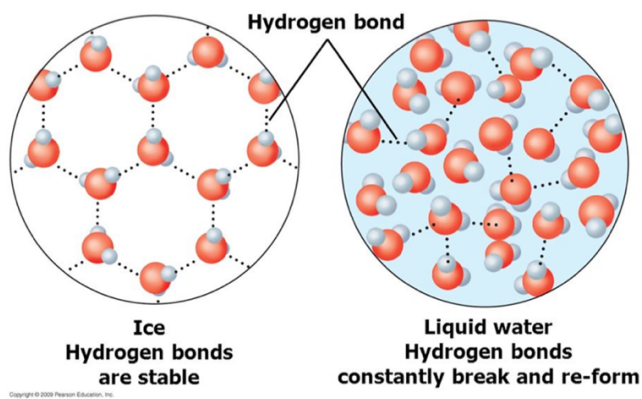


Fig. 5 : Organisation de la glace et de l'eau liquide
© Pearson Education 2009

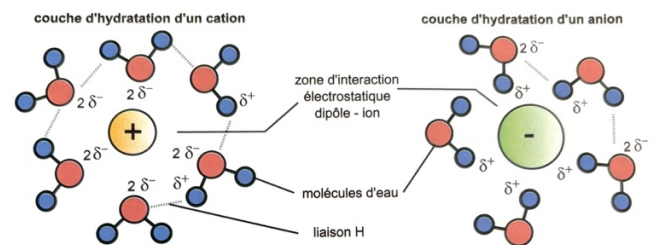


Fig. 6 : Solvation des ions dans l'eau
© Peycru, Biologie tout en un, 2019

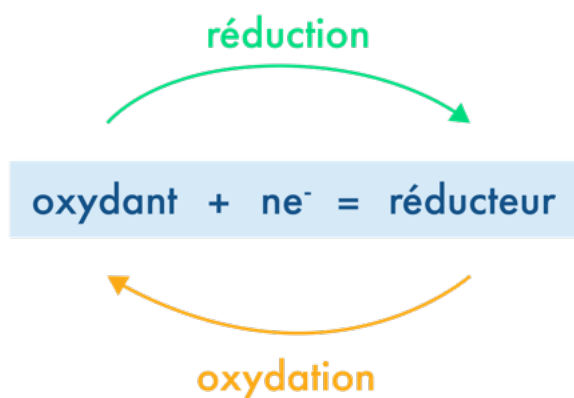


Fig. 7 : Oxydation et réduction © SchoolMouv

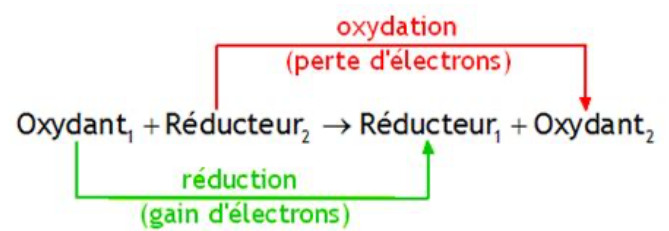


Fig. 8 : Réaction d'oxydoréduction © chm.ulaval