

BTS

DIÉTÉTIQUE

TOUT EN UN

Programmes de 1^{re} et 2^e années

Fiches
Schémas
Exos

Diététique

Annales
corrigées

- + E1A Biochimie - Physiologie
- + E1B Nutrition - Alimentation
- + E2 Bases physiopathologiques de la diététique
- + E3 Économie - Gestion
- + E5B Activités technologiques de l'alimentation

Cédric Favro (coord.), Stéphanie Ballot,
Saveria Colombani, Sandra Cussigh,
Claire Montintin

ellipses

L'atome et les liaisons chimiques

Le premier niveau d'organisation du corps humain correspond au **niveau chimique** avec les atomes et les molécules.

I • Rappels sur l'atome

L'**atome**, ou élément chimique, constitue la plus petite partie indivisible de la matière. Il est composé :

- D'un **noyau** contenant un ou plusieurs **proton(s)** chargé(s) positivement, étroitement lié(s) à un ou plusieurs **neutron(s)** non chargé(s). L'ensemble forme les **nucléons**.
- D'un ou plusieurs **électron(s)** chargé(s) négativement et qui gravite(nt) autour du noyau. Électrons et protons sont en nombre égal pour que la matière reste neutre.

Dans la classification périodique des éléments, un atome X est représenté selon l'écriture suivante :



A : nombre de nucléons (ou nombre de masse ou **masse atomique**, le plus souvent en g/mol) ;

Z : nombre de protons (ou **numéro atomique**) ;

Le **numéro atomique** désigne également la quantité d'électrons de l'atome. Lorsque l'atome :

- Perd un électron, il devient déficitaire d'une charge négative conférant alors une charge + à l'atome qui devient ainsi un **cation**. Ex : Na⁺ (ion sodium) ;
- Acquiert un électron, il se retrouve avec une charge négative excédentaire conférant une charge - à l'atome qui devient ainsi un **anion**. Ex : Cl⁻ (ion chlorure).

On parlera d'ion mono, di ou trivalent selon le nombre d'électrons perdus ou acquis par l'atome.

Ex : ion calcium Ca²⁺ est un ion divalent.

II • Les liaisons covalentes

Une **liaison covalente** s'établit lorsqu'un atome partage un électron avec l'électron d'un autre atome pour former un **doublet d'électrons** liant les deux atomes.

L'assemblage d'au moins deux atomes liés par liaison covalente forme une **molécule**.

Illustration : l'atome A possède un électron célibataire, noté « • », pouvant s'associer à l'électron célibataire « • » d'un atome B. Ainsi, l'association $A\cdot + \cdot B$ forme la molécule A–B où la liaison « – » correspond au doublet des électrons et donc à la liaison covalente.

Le nombre d'électrons présents dans la couche la plus périphérique de l'atome détermine la valence de celui-ci. Ex : l'atome de C possède **quatre électrons** dans sa couche périphérique, il peut donc établir **quatre liaisons** covalentes et est qualifié de **tétravalent**.

Les liaisons covalentes sont qualifiées de **liaison forte** car l'énergie pour les créer ou les rompre est élevée (de l'ordre de la centaine de kJ/mol). Elles sont à l'origine de la rigidité du squelette des biomolécules.

III • Les liaisons non covalentes

Les liaisons **non covalentes** :

- Sont **essentiels** à la **dynamique** des réactions du vivant : Les réactions du métabolisme sont dues à la **création/destruction** de liaisons non covalentes inter et intra moléculaires.
- Sont qualifiées de **liaisons faibles** car l'énergie pour les créer ou les rompre est faible (de l'ordre de la dizaine de kJ/mol). On distingue :

A Les liaisons hydrogène (H)

Une **liaison hydrogène** résulte de l'attraction électrostatique entre un atome électronégatif (ex : O) et un atome d'hydrogène (H) lui-même lié par liaison covalente à un deuxième atome électronégatif (ex : N).

Illustration : $[R1]-N-H \text{ ||||| } O=C-[R2]$

B Les interactions ioniques

Les **interactions ioniques** s'établissent entre le + et le – de deux ions ou de deux groupements fonctionnels ionisés (R1 et R2 ci-dessous).

Illustration : $[R1](+) \text{ ||||| } (-)[R2]$

C Les interactions hydrophobes

Les **interactions hydrophobes** s'établissent lorsque des molécules, qui n'ont aucune affinité avec l'eau (molécules hydrophobes), se regroupent et interagissent ensemble sous l'effet des contraintes exercées par l'eau.

D Les liaisons de Van der Waals

Les **liaisons de Van der Waals** s'établissent par interaction électrique de faible intensité lorsque les atomes sont très proches. Elles sont plus faibles mais plus nombreuses que les liaisons H.

Macroéléments et oligoéléments

Dans un organisme vivant, les atomes ne sont pas en proportion équivalente permettant ainsi de distinguer les **macroéléments** des **oligoéléments**.

I • Les macroéléments

Un **macroélément** est un élément chimique qui représente plus de 5 g chez un homme de 70 kg, et qui nécessite un apport journalier supérieur à 50 mg.

96 % de la composition de la matière vivante est représenté par **C (carbone)**, **H (hydrogène)**, **O (oxygène)** et **N (azote)**. Ces atomes sont essentiellement impliqués dans la **structure des biomolécules** et la formation de **groupements fonctionnels** (fonction alcool **-OH** ; fonction acide carboxylique **-COOH** ; fonction amine **-NH₂** ; etc.) nécessaires au métabolisme.

3,5 % est représenté par les minéraux suivants : **calcium (Ca)**, **phosphore (P)**, **potassium (K)**, **soufre (S)**, **sodium (Na)**, **chlore (Cl)** et **magnésium (Mg)**, essentiellement sous forme ionisée.

Si Ca et P ont un rôle principalement structural (cristal osseux), les autres macroéléments minéraux ont essentiellement un rôle fonctionnel. Ex : **Mg²⁺** qui a un rôle de cofacteur enzymatique ; **Na⁺** et **K⁺** impliqués dans la conduction nerveuse, etc.

II • Les oligoéléments

Un **oligoélément** est un élément chimique minéral, nécessaire à la vie d'un organisme mais en quantité très faible (< 1 % de la masse du corps humain ou 1 mg/Kg de poids corporel). Exemples : Fe, I, Co, Mn, Zn, etc.

Les oligoéléments sont essentiels pour le fonctionnement de nombreuses réactions chimiques mais certains peuvent avoir un **rôle structural** comme l'iode (I) et le fer (Fe) qui entrent respectivement dans la composition des hormones thyroïdiennes et l'hémoglobine.

L'eau et ses propriétés

Dans le corps humain, l'eau (de formule H_2O) représente en moyenne **60 %** de la masse corporelle dont les deux tiers composent le cytosol des cellules (le tiers restant se trouvant dans le milieu extracellulaire, essentiellement le sang et lymphé).

I • Rôles de l'eau dans l'organisme

A Rôle de solvant

L'eau **dissout les composés hydrophiles** (ions Na^+ , K^+ , etc. et molécules hydrophiles telles que glucose, urée, protéine, etc.) mais **ne dissout pas les molécules hydrophobes** (acides gras longs, triglycérides, etc.).

B Rôle de réactif

L'eau intervient en tant que réactif dans certaines réactions chimiques (hydrolyse, réaction acide/base, etc.).

Illustration de l'hydrolyse : $[R1]-[R2] + H_2O \rightarrow [R1]-OH + H-[R2]$

C Rôles physiologiques

- **Composant principal du sang.** L'eau contribue de ce fait à la diffusion et au transport des substances dissoutes dans l'organisme ;
- **Milieu réactionnel** où se produisent les réactions biochimiques entre solutés. Ex : Le cytosol qui est un milieu aqueux.
- **Rôle dans la thermorégulation** par l'intermédiaire de la circulation du sang, mais aussi grâce à la sueur.
- **Rôle de lubrifiant** au niveau des articulations par l'intermédiaire du liquide synovial qui limite les frottements articulaires lors des mouvements ;
- **Rôle de protection mécanique.** Ex : liquide céphalorachidien qui entoure et protège l'encéphale et la moelle épinière ; liquide amniotique qui protège le fœtus.

II • Polarité de la molécule d'eau

L'eau est une **molécule polaire** car elle possède des **liaisons covalentes polarisées** : l'atome d'O, **électronégatif** (δ^-), est lié par covalence à un H **électropositif** (δ^+) (électronégativité = capacité à attirer les électrons lors de la formation d'une liaison chimique avec un autre atome).

La molécule d'eau est ainsi considérée comme un **dipôle permanent** (car possède deux liaisons polarisées) pouvant interagir par liaison H avec d'autres molécules d'eau mais aussi avec **d'autres molécules polarisées** (glucose, urée, acides aminés, etc.).

III • Capacité de l'eau à interagir avec des composés polaires et/ou chargés

Grâce à sa polarité, l'eau dissout un composé à condition que celui-ci établisse des liaisons H avec les molécules d'eau. Ce composé est alors qualifié d'**hydrophile** et peut être :

- Une molécule **polaire** (ex : Glucose, urée, acide aminé, etc.), c'est-à-dire qui possèdent des **liaisons polarisées** capables d'interagir avec l'eau par liaisons H.
- Un **soluté chargé** où les charges + et - interagissent respectivement avec O et H de la molécule d'eau.

La capacité pour une molécule polaire à interagir avec l'eau dépend de sa richesse en groupes fonctionnels polarisés : alcool -OH ; acide carboxylique -COOH ; amine -NH₂ ; etc. Dans le cas contraire, la molécule ne peut interagir avec l'eau et est qualifiée d'**hydrophobe**.

L'eau forme ainsi des **couches d'hydratation (sphères de solvation)** qui entourent les solutés polaires et les protègent ainsi de l'influence des autres substances chargées proches.

IV • L'eau et l'équilibre hydrique dans l'organisme

La constance des volumes des compartiments liquidiens (cytoplasme, plasma, liquide interstitiel, etc.) est notamment permise par une loi physique : l'**osmose**.

L'osmose :

- Correspond à un mouvement d'eau du milieu le moins concentré en solutés (**hypotonique**) vers le milieu le plus concentré en solutés (**hypertonique**), jusqu'à égalité de concentration entre les deux milieux (**isotonie**) ;
- Contribue à l'**équilibre hydrique** entre les compartiments liquidiens, en association avec les propriétés des solutés présents dans les liquides biologiques, tels que le sodium et les protéines.

La contre-pression pour empêcher ce mouvement d'eau est appelée **pression osmotique**.

Des **déséquilibres osmotiques** sont à l'origine de perturbations pouvant avoir des conséquences graves pour la santé (œdème, hypertension, etc.)

Classification des biomolécules

I • Définition

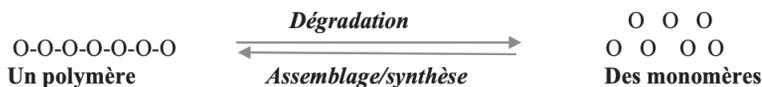
Une **biomolécule** est une molécule caractéristique du monde vivant le plus souvent définie par sa composition atomique ainsi que par sa composition en groupements fonctionnels. On distingue ainsi **quatre grandes familles** de biomolécules :

Biomolécules	Composition élémentaire	Groupements fonctionnels caractéristiques	Principales molécules
Protides	C, H, O, N, (S)	Carboxyles (COOH/COO ⁻) et amines (-NH ₂ /-NH ₃ ⁺)	Acides aminés (unités de base), peptides et protéines
Glucides	C, H, O	Hydroxyle (ou alcool OH), cétone (>C=O), aldéhyde (CHO).	Oses (unités de base) et osides (assemblages d'au moins deux oses).
Lipides	C, H, O (N, P)	Carboxyles (COOH/COO ⁻), hydroxyle (ou alcool OH), ester (R-COO-R').	Lipides simples (C, H, O) : acides gras, triacylglycérols, cêrides et stêrides. Lipides complexes (C, H, O, N, P) : phospholipides et sphingolipides.
Acides nucléiques	C, H, O, N, P	Ester phosphate	ADN et ARN , composés de nucléotides .

II • Notion de monomère/polymère

Certaines grandes biomolécules sont élaborées à partir d'une unité de base plus simple. Ces grandes molécules prennent alors le nom de **polymère**, et les unités de base sont qualifiées de **monomère**.

Illustration :



Ces polymères sont parfois qualifiés de **macromolécules**. Ex : protéine → polymère d'acides aminés ; glycogène → polymère de glucoses.

Définition, rôles et classification des glucides

I • Définition et rôles des glucides

Les **glucides** désignent un ensemble de molécules organiques composées de C, H et O, contenant un **groupement carbonyle** (**aldéhyde** ou **cétone**) et au moins deux groupements **hydroxyle** (ou **alcool -OH**). Ils sont classés en **oses** et **osides**.

Les glucides ont de nombreux rôles :

- **Source et stockage** d'énergie (glucose, amidon, glycogène)
- **Constituants des acides nucléiques** (ribose et désoxyribose)
- **Éléments structuraux** chez les bactéries et les cellules végétales (peptidoglycane, cellulose, etc.)
- **Signaux de reconnaissances** lorsqu'ils sont associés à des protéines ou des lipides.
Ex : marqueurs des groupes sanguins ABO.

II • Classification des glucides

On distingue :

- Les **oses**, ou **glucides simples** ou **monosaccharides**, sont **non hydrolysables**. Ex : glucose, fructose, galactose.
- Les **osides**, ou **glucides complexes** ou **polysaccharides**, sont des polymères d'oses liés par une **liaison osidique**. Ils sont de ce fait **hydrolysables**.

On parle d'**holoside** lorsque l'oside est constitué uniquement d'oses, et d'**hétéroside** si l'oside est associé à une partie non glucidique nommée **aglycone**.

Les **holosides** sont regroupés selon le nombre d'oses qui les constituent :

- Les **oligosides**, composés d'un petit nombre d'oses (< 10). Les plus fréquents étant les **diosides** (= deux oses liés) tels que le **saccharose**, le **lactose** et le **maltose**.
- Les **polyosides**, composés d'un grand nombre d'oses (> 10). Ils comprennent les **polyosides homogènes**, composé d'un seul type d'ose tels que le glycogène, l'amidon et la cellulose, tous composés de glucose, et les **polyosides hétérogènes** composés d'au moins deux types d'oses (ex : hémicellulose).

Structure des oses

I • Formule et caractéristiques des oses

Les oses sont des substances ayant pour **formule brute** $(\text{CH}_2\text{O})_n$, avec $3 \leq n \leq 7$, permettant de caractériser des **trioses** ($n = 3$), des **tétraoses** ($n = 4$), des **pentoses** ($n = 5$), des **hexoses** ($n = 6$) et des **heptoses** ($n = 7$).

Un ose comporte au moins $(n - 1)$ **groupements hydroxyle (-OH)** et une **fonction carbonyle (C=O) aldéhyde ou cétone**.

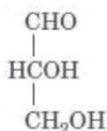
Les atomes de C sont numérotés en partant du C le plus oxydé. On parle ainsi :

- D'**aldose** si la fonction aldéhyde est en C1 (sur le C n° 1). Ex : glucose, galactose, mannose et ribose ;
- De **cétose** si la fonction cétone est en C2 (sur le C n° 2). Ex : fructose.

II • Isomérisation des oses

A Isomérisation des aldoses

Le plus simple des aldoses est le **glycéraldéhyde (GA)**, un **aldotriose** de formule :



Les aldoses à nombre de C ≥ 3 :

- Ont au moins un C **asymétrique**. Ils peuvent donc avoir différentes configurations dans l'espace : ce sont des **stéréo-isomères**.
- Peuvent être synthétisés à partir du **GA**. Il en résulte deux séries d'aldoses : les D-oses et les L-oses. Les aldoses naturels sont pour la plupart de la **série D**.

On parle de :

- **D-ose** (D : dextrogyre) si l'avant-dernier C a la configuration du D-GA (fonction -OH à droite en représentation de Fischer) ;
- **L-ose** (L : lévogyre) si l'avant-dernier C a la configuration du L-GA (fonction -OH à gauche en représentation de Fischer).