La composition chimique de la matière vivante

Chapitre 2

Anatomie

La matière vivante est constituée d'éléments simples appelés **atomes** qui entrent dans la composition de la substance minérale et organique.

I) Quelques généralités sur la chimie

1) L'atome

Un atome est l'élément de base utilisé en chimie. Il ne mesure que 10^{-10} m de diamètre (soit 0,000.000.1 mm), et il est généralement constitué d'**un noyau autour duquel gravitent des électrons**.

Le noyau est la partie située au centre d'un atome. Il se compose de 2 éléments principaux :

- Les protons, notés H^+. Ce sont des particules portant une charge électrique positive : on parle donc de **protons positifs**.
- Les neutrons, notés N. Ce sont des particules ne portant pas de charge électrique : elles ne sont ni positives, ni négatives. On parle donc de **neutrons neutres**.

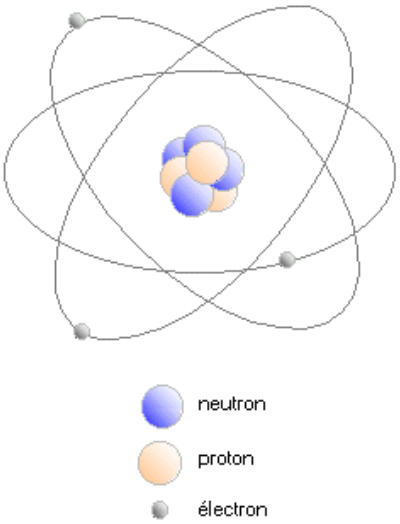
Les électrons en gravitation, notés e^-, sont des particules possédant une charge électrique négative : on parle donc d'**électrons négatifs**.

Par conséquent, la charge électrique d'**un atome est neutre**, puisque **le nombre d'électrons négatifs est égal au nombre de protons positifs**.

Il est important de préciser que l'atome possède une **structure lacunaire**, c'est-à-dire qu'entre les électrons et le noyau il n'y a que du vide.

http://gwenr.free.fr

http://gwenr.free.fr



Un atome est dit neutre

En tout, sur Terre, on distingue **109 atomes**, chaque atome possédant un nombre de protons et un nombre d'électrons différents.

Exemple : *l'atome de carbone, noté C, comporte 6 protons, 6 neutrons et 6 électrons.*
l'atome de fer, noté Fe, comporte 26 protons, 26 neutrons et 26 électrons.

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Ti	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt									
			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	68 Tm	70 Yb	71 Lu
			89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

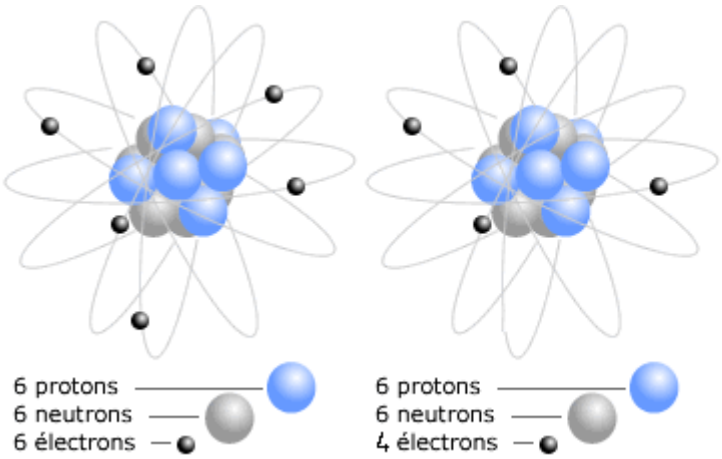
Le tableau de MENDELEIEV regroupe les 109 atomes qui existent sur Terre

La matière vivante est composée à 96% d'atomes d'**oxygène** (noté O), de **carbone** (C), d'**hydrogène** (H) et d'**azote** (N). Mais on retrouve également, au sein de la matière vivante, une grande quantité d'atomes de soufre (S), de phosphore (P), de calcium (Ca), de potassium (K), de chlore (Cl), de magnésium (Mg) et de fer (Fe).
D'autres atomes sont aussi présents, mais à l'état de trace (1%) : le cuivre (Cu), le cobalt (Co) et le manganèse (Mn). C'est ce que l'on appelle les **oligo-éléments** : ce sont des éléments minéraux purs nécessaires à la vie d'un organisme, mais en quantité très faible.

2) La notion d'ions

Un atome peut, dans certaines circonstances, perdre ou gagner des électrons.
C'est ainsi que l'on parle d'ion pour désigner un **atome qui s'est chargé électriquement**, en perdant ou en gagnant un ou plusieurs électrons.

Dans un atome, le nombre d'électrons contre-balance exactement la charge électrique positive du noyau. Il est donc facile de comprendre que si un atome perd un ou plusieurs électrons, il devient alors globalement positif. Inversement, un atome qui s'accapare un ou plusieurs électrons supplémentaires devient alors globalement négatif.



L'atome de carbone C (à gauche) est capable de perdre 2 électrons pour former un ion, que l'on note Ca^{2+} (à droite)

http://gwenr.free.fr

Selon le cas, l'ion ne sera pas nommé de la même façon :

- Si un atome perd certains de ses électrons, sa charge devient positive et on parle alors de **cation** (***exemples :*** *Na^+, Ca^{2+}*).
- S'il gagne un ou plusieurs électrons, sa charge devient négative et on parle alors d'**anion** (***exemples :*** *Cl^-, OH^-*).

Une fois les ions formés, ils peuvent s'associer entre eux et **former des molécules**, composants de base de la cellule, et donc des organismes vivants.

Exemple : *l'atome de sodium (Na) a naturellement tendance à se débarrasser de l'un de ses électrons pour former un cation Na^+. L'électron cédé est capté par un « accepteur d'électron », le plus souvent un autre atome.*
Inversement, pour former un atome de chlore (Cl), l'anion Cl^- a naturellement tendance, lui, à s'accaparer les électrons libres. Il constitue, pour cette raison, un très bon « accepteur d'électron ».
Le chlore et le sodium ont donc tendance à s'unir : l'atome de sodium (Na) cède son électron à l'atome de chlore (Cl). Les deux ions ainsi formés étant de signes contraires (Na^+ et Cl^-), ils s'attirent et peuvent s'unir pour former du NaCl (chlorure de sodium, plus communément appelé sel de table).

NB : *comme pour des aimants, les charges électriques de même signe (+/+ ou -/-) se repoussent alors que les charges de signe contraire s'attirent.*

3) La notion de base, d'acide et de sel

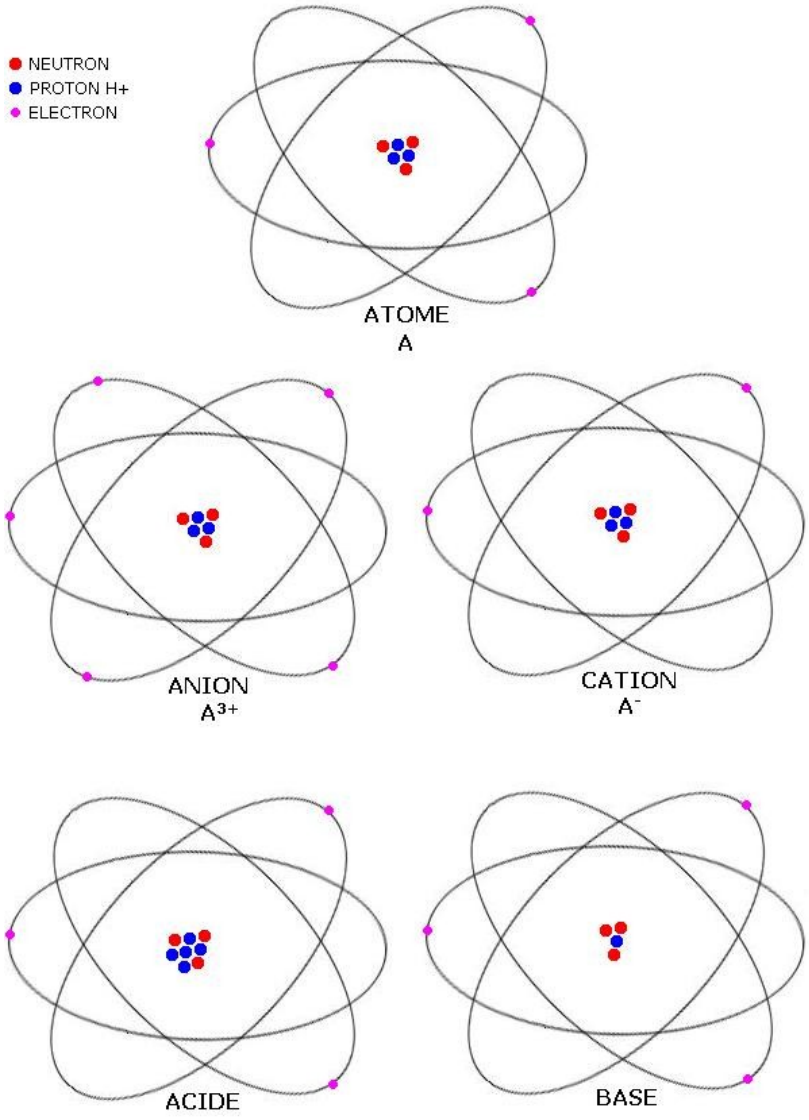
Une **base** est une molécule qui, en milieu aqueux, est **capable de capturer un ou plusieurs protons H^+**.

Les bases les plus connues sont la chaux vive, l'ammoniac et la soude (utilisée pour déboucher les canalisations et présente dans certains produits de nettoyage). Ce sont des produits caustiques, pouvant provoquer des brûlures.

http://gwenr.free.fr

Un **acide** est une molécule qui, en présence d'eau, est **capable de libérer un ou plusieurs protons H^+**.

Lorsqu'une base et un acide sont mis en contact, ils forment ce que l'on appelle un **sel** et libèrent de l'eau. Un sel est qualifié de neutre : le déficit en H^+ de la base est compensé par l'excès en H^+ de l'acide. En quelque sorte, l'acide perd des protons et les donne à la base.

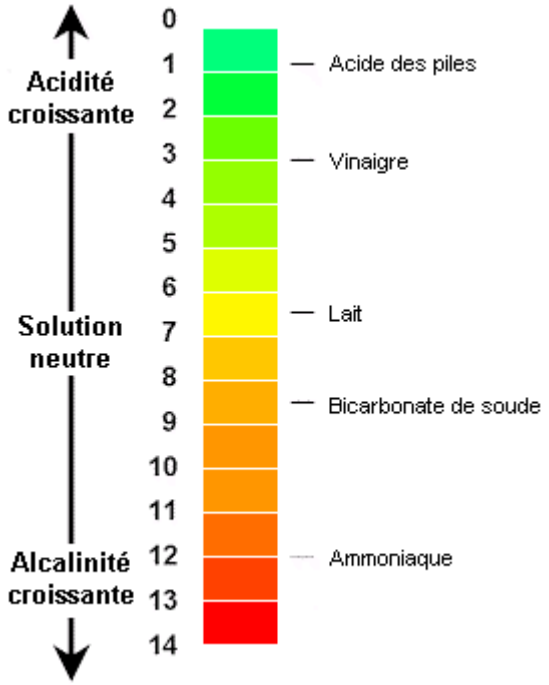


Chaque élément chimique possède sa propre structure

http://gwenr.free.fr

4) La notion de pH

Le **potentiel hydrogène** (ou **pH**) permet de mesurer la quantité de protons H^+ contenue dans une solution liquide. Plus couramment, on considère que le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution.



L'échelle de pH mesure l'acidité et la basicité d'une solution

- Une solution est dite **acide** lorsque sa concentration en H^+ est élevée. Le pH est alors compris entre 0 et 6 : **pH < 7**.
- Une solution est dite **basique** (ou alcaline) lorsque sa concentration en H^+ est faible. Le pH est alors compris entre 8 et 14 : **pH > 7**.
- Une solution peut parfois être **neutre**. Le pH est alors **égal à 7**.

Il est important de remarquer qu'en fonction du liquide considéré, la neutralité du pH ne sera pas le même. Ainsi, l'eau a un pH neutre égal à 7, alors que le sang a un pH neutre compris entre 7,35 et 7,45.

http://gwenr.free.fr

NB : le pH s'exprime sans unité de mesure.

5) La notion de tampon

Les cellules de notre organisme sont très sensibles aux variations de pH : les bases et les acides concentrés (dits forts) sont nocifs pour les tissus vivants. L'**homéostasie acido-basique** est donc importante.

NB : initialement élaborée et définie par Claude BERNARD, l'homéostasie est la capacité que peut avoir un système quelconque à conserver son équilibre de fonctionnement en dépit des contraintes qui lui sont extérieures.

Dans notre corps, cet équilibre est contrôlé par des organes comme les poumons et les reins, qui éliminent le CO_2 ou l'excès de H^+.

C'est ainsi qu'on qualifie de **tampon** une substance qui s'oppose aux variations brusques et importantes du pH.

Exemple : *les bicarbonates sont des substances qui tamponnent les H^+ en excès au niveau du rein.*

6) La régulation des réactions chimiques

L'ensemble des transformations moléculaires et des transferts d'énergie (ou plus simplement des réactions chimiques) qui se déroulent de manière ininterrompue dans la cellule ou l'organisme vivant est appelé **métabolisme**. C'est un processus ordonné, qui fait intervenir des processus de dégradation (ou **catabolisme**) et de synthèse organique (ou **anabolisme**).

Il est important de noter que le catabolisme libère de l'énergie dans l'organisme, alors que l'anabolisme en consomme.

http://gwenr.free.fr

Exemple : *la digestion est un processus de catabolisme : les aliments (grosses molécules) sont transformés en nutriments (petits éléments) essentiels aux organes. A l'opposé, la synthèse des protéines est un mécanisme d'anabolisme : à partir des acides aminés (petits éléments de notre organisme), les cellules fabriquent des protéines (grosses molécules) indispensables au fonctionnement de notre organisme.*

La régulation du métabolisme au sein de l'organisme se fait principalement grâce à des hormones sécrétées par des glandes du système endocrinien, et qui accélèrent ou alors, au contraire, qui freinent le métabolisme.

http://gwenr.free.fr

II) La substance minérale

Il existe 2 types de substance minérale : l'**eau** et les **sels minéraux**.

1) L'eau

Dans le monde vivant, l'eau est retrouvée sous forme moléculaire : H_2O, et sous forme dissociée : $H^+ + HO^-$ (***exemple :*** *dans les acides*).

Son rôle est capital par 2 points :

- Par son **abondance** : l'eau représente 60 à 80% de la masse corporelle. Un sujet de 70kg sera donc constitué de 40L d'eau, repartis entre la lymphe, le sang et les cellules.
- Par ses **propriétés physico-chimiques** :
  - L'eau possède une grande capacité thermique : elle contribue à l'homéostasie (ou équilibre) thermique.
  - Elle est très soluble et de nombreuses substances (ou solutés) sont dissoutes dans l'eau (que l'on qualifie alors de solvant). L'eau possède ainsi un rôle de transporteur.
  - Elle possède une certaine réactivité : elle intervient comme réactif dans les processus d'hydrolyse (ou décomposition grâce aux ions H^+ et OH^- provenant de la dissociation de l'eau) et de synthèse.

2) Les sels minéraux

Les sels minéraux sont des substances, provenant de roches, qui entrent dans la composition des organismes et qui doivent être présents dans l'alimentation : Ca, Fe, Mg, Na, K, P, S.
Dans notre organisme, les sels minéraux représentent 5 à 7% de la masse corporelle. Et le sel le plus abondant est le carbonate de calcium (Ca).

Les sels minéraux, une fois dans notre organisme, se présentent sous la forme d'électrolytes, c'est-à-dire sous la forme d'ions qui baignent dans l'eau, formant une solution aqueuse capable de conduire l'électricité.

Exemple : *les propriétés électrolytiques des ions Na^+ et des ions K^+ sont fondamentales à la propagation des messages nerveux et à la contraction musculaire (tous deux des mécanismes électriques).*

III) Les composés organiques

Un composé chimique est dit **organique** lorsqu'il renferme au moins un atome de carbone.
Il en existe 4 groupes au sein du monde des êtres vivants : les protides, les lipides, les glucides et les acides nucléiques.

1) Les protides

Un protide est une **macromolécule** (ou grosse molécule) composée par l'**association d'acides aminés** reliés entre eux par des liaisons peptidiques. Il existe en tout 20 acides aminés différents, dont 8 sont essentiels, c'est-à-dire nécessairement apportés par l'alimentation (notre organisme ne sait pas les fabriquer).

NB : *un acide aminé est une molécule organique composée d'atomes de carbone (C), d'hydrogène (H), d'oxygène (O), d'azote (N) et de soufre (S).*

http://gwenr.free.fr

NB : *une liaison peptidique est une liaison spécifique qui s'établit entre un atome de carbone et un atome d'azote de 2 acides aminés.*

Les protides représentent 17% de la masse corporelle : c'est le principal matériau de l'organisme.
On en dénombre 5 types :

- Les monopeptides sont composés d'un seul acide aminé.
- Les dipeptides comportent 2 acides aminés reliés entre eux.
- Les tripeptides en comportent 3.
- Les polypeptides caractérisent les protides de moins de 60 acides aminés.
- Les protéines comptent plus de 60 acides aminés.

Dans notre organisme, les protides ont un rôle structural (***exemple :*** *le collagène et la kératine sont des protides intervenant dans la structure de la peau*) et fonctionnel (***exemple :*** *les anticorps sont des protides nécessaires à la défense de notre organisme*).

2) Les lipides

Un lipide est une **molécule hydrophobe** (c'est-à-dire qu'elle ne peut se lier aux molécules d'eau) composée par l'**association d'acides gras et d'alcools** (le plus souvent un glycérol) reliés entre eux.

NB : *les acides gras sont des molécules contenues dans les graisses animales ou végétales, et principalement composées d'atome de carbone (C), d'hydrogène (H) et d'oxygène (O).*

Les lipides représentent 15% de la masse corporelle : ils forment ce que l'on appelle la matière grasse.
On en dénombre 4 types :

- Les monoglycérides sont composés d'un glycérol et d'un acide gras.
- Les diglycérides comportent un glycérol et 2 acides gras.
- Les triglycérides comportent un glycérol et 3 acides gras.

http://gwenr.free.fr

- Le cholestérol est un lipide à base de stérol (une molécule possédant un noyau spécifique).

Il est important de préciser qu'il existe 2 types d'acides gras :

- Les **acides gras saturés** sont constitués par des liaisons simples. Ils se retrouvent dans les graisses animales et peuvent provoquer des maladies cardio-vasculaires. C'est ainsi que l'on parle de « mauvais » cholestérol.
- Les **acides gras insaturés**, constitués par des liaisons multiples (ou doubles), se retrouvent dans les graisses végétales. C'est ce que l'on appelle le « bon » cholestérol.

NB : *un lipide simple peut s'associer à d'autres substances (N, P, protéine ...) pour former des lipides complexes.*

NB : *les lipides peuvent être à l'état solide, comme dans les cires, ou liquide, comme dans les huiles.*

Il existe 4 rôles principaux associés aux lipides :

- Les **lipides de réserve**, provenant de l'alimentation ou du métabolisme, constituent un stock, une réserve, au niveau du tissu alors appelé « tissu adipeux ».
- Les **lipides constitutifs ou structuraux** sont retrouvés dans la paroi des cellules de tout notre organisme.
- Les **lipides fonctionnels** composent les vitamines, certaines hormones et les prostaglandines (qui interviennent fréquemment dans le métabolisme).
- Les **lipides énergétiques** constituent un apport d'énergie lorsque l'organisme en manque.

3) Les glucides

Un glucide est une molécule composée par l'**association de sucres** reliés entre eux.

NB : *un sucre est une molécule organique principalement composée d'atomes de carbone (C), d'hydrogène (H) et d'oxygène (O).*

http://gwenr.free.fr

Les glucides représentent 1% de la matière vivante.

On en dénombre 3 sortes :

- Les **monosaccharides** (ou sucres simples, ou oses) sont composés d'une molécule unique :
  - Le **glucose** est un sucre simple présent principalement dans le sang.
  - Le **galactose** se retrouve dans le lait.
  - Le **fructose** est le sucre des fruits.
  - Les **riboses** et les **désoxyriboses** sont les sucres de l'ADN et de l'ARN.
- Les **disaccharides** (ou sucres doubles) sont constitués par l'association de 2 oses :
  - Le **lactose** contenu dans le lait se compose d'une molécule de glucose et d'une molécule de galactose.
  - Le **saccharose** est constitué d'une molécule de glucose et d'une de fructose.
  - Le **maltose** de l'orge est formé par 2 molécules de glucose.
- Les **sucres multiples** :
  - L'amidon est l'assemblage de nombreuses molécules de glucose.
  - La cellulose est l'élément de base des fibres.
  - Le glycogène est une forme de glucose : c'est sous cette forme que le glucose est stocké dans le foie.

Le glucose possède un rôle fondamental dans la production d'énergie, et ce grâce à l'oxydation cellulaire : dans les cellules, l'oxygène décompose le glucose en énergie.

Les glucides possèdent donc 2 rôles principaux :

- **Fonctionnels** : ils génèrent de l'énergie.
- **Structuraux** : ils composent la paroi cellulaire et les gènes (ou séquences d'ADN).

4) Les acides nucléiques

Les **acides nucléiques** sont des **macromolécules**, c'est-à-dire de grosses molécules relativement complexes.

http://gwenr.free.fr

Il en existe 2 types :

- L'**ADN** (ou Acide DésoxyriboNucléique) est une molécule que l'on retrouve dans le noyau et les mitochondries de toutes les cellules vivantes (cf le *chapitre 3 du module d'anatomie*). On dit que l'ADN est le **support de l'hérédité ou de l'information génétique**, car il se transmet en totalité ou en partie lors des processus de reproduction. L'ADN détermine la synthèse des protéines.

  Il est composé d'environ 3 millions de nucléotides (ce sont les principaux éléments composant les acides nucléiques), assemblés entre eux sous forme de **2 chaînes enroulées en double hélice**.

- L'**ARN** (ou Acide RiboNucléique) est une molécule que l'on retrouve dans le noyau et dans le cytoplasme de toutes les cellules vivantes. Il est très semblable à l'ADN, mais diffère en deux points : l'ARN est composé de nucléotides différents, assemblés entre eux sous forme d'une unique chaîne. On dit qu'il est **simple brin**.

  L'ARN se présente sous 3 formes principales : l'**ARNm** (ou ARN messager), l'**ARNt** (ou ARN transfert) et l'**ARNr** (ou ARN ribosomique). Le rôle de chacun est étudié dans le *chapitre 5 du module d'anatomie*. Mais on peut préciser, pour le moment, que l'ARN possède de nombreux rôles chez l'Homme ; il est essentiellement présent dans le matériel génétique de certains virus, les **rétrovirus**.

NB : *un nucléotide est composé d'un acide phosphorique, d'un sucre simple et d'une base azotée.*

http://gwenr.free.fr