

Jour n°1

Les molécules du vivant

1.1 Bilan des connaissances

Choisissez la ou les bonnes réponses.

1. La matière du vivant :

- a. est composée d'éléments chimiques disponibles sur Terre, contrairement à la matière du monde minéral.
- b. est plus riche en silicium, carbone et hydrogène que la matière minérale.
- c. est composée majoritairement d'eau.
- d. est composée uniquement de glucides, lipides et protides.
- e. peut comporter du soufre et de l'azote.

2. Les glucides sont :

- a. des molécules organiques.
- b. des molécules carbonées.
- c. toujours constitués de 5 types d'atomes.
- d. constitués d'acides aminés.
- e. les biomolécules les plus abondantes sur Terre.

3. Le CO₂ :

- a. est une molécule organique, car elle contient l'atome C.
- b. est une molécule organique, car elle peut être produite par un être vivant.
- c. n'est pas une molécule organique, car elle ne contient pas l'atome H.
- d. n'est pas une molécule organique, car elle ne peut pas brûler.
- e. est libéré lors de la combustion de matière organique.

4. Les protides :

- a. sont parfois constitués d'acides aminés.
- b. contiennent des atomes d'azote.
- c. peuvent contenir des atomes de soufre.
- d. peuvent être des peptides.
- e. sont les principaux constituants des acides nucléiques.

5. Les acides nucléiques :

- a. comportent des bases azotées.
- b. contiennent des sucres.
- c. sont constitués de nucléotides.
- d. sont toujours de l'ADN.
- e. ne sont présents que chez les eucaryotes.

6. Les lipides :

- a. n'existent qu'à l'état liquide.
- b. sont des molécules énergétiques.
- c. sont présents dans les membranes cellulaires.
- d. sont souvent hydrophiles.
- e. constituent les graisses animales.

7. La molécule d'ADN :

- a. est dite bicaténaire.
- b. a la forme d'une double spirale.
- c. est une molécule séquencée.
- d. est formée de nucléotides triphosphate.
- e. a une structure en double hélice, dont les montants sont constitués de sucres et de phosphates et où les bases sont au centre.

Corrigé

1. La matière du vivant :

a. est composée d'éléments chimiques disponibles sur Terre, contrairement à la matière du monde minéral.

FAUX, la matière du monde minéral et la matière du monde vivant sont composées d'éléments chimiques disponibles sur Terre.

b. est plus riche en silicium, carbone et hydrogène que la matière minérale.

FAUX, la matière vivante est plus riche en carbone, hydrogène et oxygène que la matière minérale.

♡ *Le silicium (Si) est l'élément le plus abondant dans la croûte terrestre après l'oxygène, soit 25,7 % (pourcentage massique), mais il n'est présent qu'en faible quantité dans la matière constituant le vivant.*

c. est composée majoritairement d'eau.

VRAI, l'eau est la molécule la plus abondante chez les êtres vivants.

♡ *La teneur en eau représente, pour : un homme adulte : 65 % (nourrisson : 75 % et personne âgée : 55 %) ; une pomme de terre : 80 % ; une laitue 95 % ; une vache : 60 % ; une poule : 65 % ; un poisson : 80 % ; une méduse : 95 %.*

d. est composée uniquement de glucides, lipides et protides.

FAUX, il faut ajouter à ces trois groupes de molécules, les acides nucléiques, l'eau, les molécules minérales et les ions pour obtenir la composition complète de la matière du vivant.

♡ *Les glucides, lipides, protides et acides nucléiques sont appelés molécules organiques ou carbonées car ils sont formés d'un squelette de carbone lié à d'autres atomes (généralement fabriqués par les êtres vivants).*

e. peut comporter du soufre et de l'azote.

VRAI, soufre et azote sont des atomes qui sont trouvés dans les protides, des molécules très abondantes chez les êtres vivants (voir réponses **4.c** et **5.a**).

2. Les glucides sont :

a. des molécules organiques.

VRAI, les glucides comportent un squelette carboné ; ce sont donc bien des molécules organiques.

b. des molécules carbonées.

VRAI, voir réponse **2.a**.

c. toujours constitués de 5 types d'atomes.

FAUX, les glucides comportent majoritairement 3 types d'atomes : C, H et O.

♡ *Les glucides renferment C, H, O (composés ternaires) et accessoirement N et S. Le rapport H/O est toujours de 2/1. On distingue les molécules simples que l'on appelle oses et les molécules complexes : les osides.*

d. constitués d'acides aminés.

FAUX, ce sont les protides qui sont constitués d'acides aminés (voir réponse **4.a**).

e. les biomolécules les plus abondantes sur Terre.

VRAI, les glucides sont les molécules majoritaires chez les végétaux ; ils constituent notamment la cellulose.

♡ *La cellulose est le principal constituant du bois. C'est la matière organique la plus abondante sur la Terre (plus de 50 % de la biomasse). La quantité synthétisée par les végétaux est estimée à 50-100 milliards de tonnes par an.*

3. Le CO₂ :

a. est une molécule organique, car elle contient l'atome C.

FAUX, le CO₂ appartient à la matière minérale. Ce n'est parce qu'il possède un atome de carbone que le CO₂ est une molécule organique. Il lui faudrait un squelette carboné et de l'hydrogène.

b. est une molécule organique, car elle peut être produite par un être vivant.

FAUX, les êtres vivants produisent de la matière organique mais également de la matière minérale ; c'est le cas du CO₂ qui est produit au cours des phénomènes de respiration cellulaire.

c. n'est pas une molécule organique, car elle ne contient pas l'atome H.

VRAI, la matière organique contient toujours de l'hydrogène.

d. n'est pas une molécule organique, car elle ne peut pas brûler.

VRAI, le CO₂ est une molécule minérale et ne peut donc brûler.

e. est libéré lors de la combustion de matière organique.

VRAI, la combustion de matière organique donne de la vapeur d'eau et du CO₂.

♡ *Il faut bien avoir à l'esprit que la respiration cellulaire est également une réaction de combustion qui produit de l'énergie, de la vapeur d'eau et du CO₂. Mais cette réaction n'est pas assez vive pour donner naissance à une flamme.*

4. Les protides :

a. sont parfois constitués d'acides aminés.

FAUX, ils sont toujours constitués d'acides aminés.

♡ *Les acides aminés (ou aminoacides) sont une classe de composés chimiques possédant deux groupes fonctionnels : à la fois un groupe carboxyle –COOH et un groupe amine –NH₂. Ils jouent un rôle fondamental en biochimie comme constituants élémentaires des protéines.*

b. contiennent des atomes d'azote.

VRAI, les protides sont constitués d'acides aminés qui comportent toujours un groupe amine –NH₂, donc toujours un atome d'azote N (voir réponse 4.a).

c. peuvent contenir des atomes de soufre.

VRAI, deux acides aminés sont soufrés : la méthionine et de la cystéine.

♡ *La cystéine joue un rôle fondamental dans la conformation spatiale des protéines. En effet, deux cystéines éloignées sur une chaîne protéique sont capables de s'associer en donnant naissance à un pont disulfure (cette association se faisant par départ d'hydrogène, elle est qualifiée d'oxydation). Un pont disulfure (liaison S-S) est l'équivalent d'une liaison covalente et est donc très solide. Les ponts disulfures participent à la structure tertiaire de nombreuses protéines. Les différents niveaux structuraux des protéines (primaire, secondaire, tertiaire et quaternaire) seront vus en BCPST1.*

d. peuvent être des peptides.

VRAI, un peptide est un polymère d'acides aminés reliés entre eux par des liaisons peptidiques. Il s'agit donc bien d'un protide (voir réponse **4.a.**)

♡ *Un peptide est une molécule possédant moins de 10 acides aminés. Un polypeptide peut contenir jusqu'à 100 acides aminés. Avec plus de 100 acides aminés, on parle de protéines.*

La liaison peptidique est une liaison amide, formée par élimination d'une molécule d'eau entre un groupement —NH_2 et —COOH de deux acides aminés.

e. sont les principaux constituants des acides nucléiques.

VRAI, les acides nucléiques sont une classe à part de molécules organiques qui ne font pas partie des protides.

5. Les acides nucléiques :

a. comportent des bases azotées.

VRAI, les nucléotides qui constituent les acides nucléiques sont composés d'une base azotée, d'un sucre et d'un phosphate.

♡ *Il existe cinq principales bases azotées présentes dans l'ADN et l'ARN : adénine, cytosine, guanine, thymine et uracile. L'adénine, la thymine, la cytosine et la guanine sont présentes sur les nucléotides de l'ADN. L'uracile remplace la thymine sur les nucléotides de l'ARN. Leurs abréviations respectives sont A, C, G, T et U.*

b. contiennent des sucres.

VRAI, voir réponse **5.a.**

♡ *Les deux sucres des nucléotides sont des sucres à 5 carbones ou pentoses : le ribose pour l'ARN (Acide RiboNucléique) et le désoxyribose pour l'ADN (Acide DésoxyriboNucléique).*

c. sont constitués de nucléotides.

VRAI, voir réponse **5.a.**

♡ *Un nucléotide est l'élément de base d'un acide nucléique tel que l'ADN ou l'ARN. Il est composé d'une base azotée et d'un sucre à 5 carbones dit pentose, dont l'association forme un nucléoside, et de 1 à 3 groupements phosphates. L'ATP (Adénosine-TriPhosphates), molécule qui fournit par hydrolyse l'énergie nécessaire aux réactions chimiques du métabolisme, est un nucléotide.*

d. sont toujours de l'ADN.

FAUX, l'ARN est également un acide nucléique.

♡ *L'ARN est une molécule très proche chimiquement de l'ADN et est d'ailleurs synthétisé dans les cellules à partir d'une matrice d'ADN dont il est une copie.*

e. ne sont présents que chez les eucaryotes.

FAUX, les acides nucléiques (ADN et ARN) sont présents chez les bactéries (procaryotes) et chez certains virus.

♡ *La molécule d'ADN est considérée comme universelle (à quelques rares exceptions près).*

6. Les lipides :

a. n'existent qu'à l'état liquide.

FAUX, il existe des lipides à l'état solide comme les cires, les beurres, les margarines.

♡ *Dans l'industrie alimentaire, on appelle « graisse » un lipide solide à température ambiante et huile un lipide liquide à température ambiante.*

b. sont des molécules énergétiques.

VRAI, les lipides sont une forme privilégiée de mise en réserve d'énergie, surtout chez les animaux où les lipides sont stockés dans les tissus adipeux.

c. sont présents dans les membranes cellulaires.

VRAI, les lipides sont les constituants majoritaires des membranes plasmiques et des endomembranes (membranes entourant les organites cellulaires).

d. sont souvent hydrophiles.

FAUX, ils sont soit hydrophobes, soit amphiphiles (se dit de molécules à la fois hydrophobes et hydrophiles), mais jamais hydrophiles.

♡ *Les lipides ne sont pas solubles dans l'eau, mais dans les solvants organiques comme le chloroforme ou l'éther.*

e. constituent les graisses animales.

VRAI, les graisses animales sont constituées de triglycérides qui sont des lipides.

♡ *Les lipides sont stockés en majorité dans les adipocytes, cellules spécialisées qui constituent le tissu adipeux du corps.*

7. La molécule d'ADN :

a. est dite bicaténaire.

VRAI, la molécule d'ADN est dite bicaténaire car elle est constituée de deux brins.

♡ *Les 2 brins sont dits antiparallèles, car leur polarité est inversée. Dans une double hélice d'ADN, un brin est dans le sens 5'→3' (numérotation des carbones du sucre) alors que le brin complémentaire est en sens 3'→5'.*

b. a la forme d'une double spirale.

FAUX, la forme de la molécule d'ADN est celle d'une double hélice, ce qui est différent d'une double spirale.

♡ *Cette structure a été déterminée en 1953, à partir de l'image au rayon X réalisée par Rosalind Franklin, par James Watson et Francis Crick, qui recevront le prix Nobel de médecine neuf ans plus tard.*

c. est une molécule séquencée.

VRAI, l'ordre dans lequel sont placés les nucléotides (donc leur séquence) constitue un message.

♡ *L'ADN est le support de l'information génétique, c'est-à-dire qu'il porte des milliers de gènes sous la forme de succession de nucléotides. L'ARN remplace parfois l'ADN chez certains virus comme le virus du SIDA (VIH) (voir réponses 5.a et 5.e).*

d. est formée de nucléotides triphosphate.

FAUX, ce sont des nucléotides monophosphate qui sont intégrés dans la molécule d'ADN. Les nucléotides triphosphate sont des molécules énergétiques, comme l'ATP par exemple.

e. a une structure en double hélice, dont les montants sont constitués de sucres et de phosphates et où les bases sont au centre.

VRAI, c'est la description de la molécule d'ADN.

1.2 Application des connaissances

Exercice 1.2.1 : Acides aminés et liaison peptidique



Énoncé

Soit un acide aminé appelé la glycine et ayant pour formule brute $C_2H_5O_2N$.

1) Écrivez sa formule développée (pensez à faire apparaître les groupements fonctionnels).

2) Faites de même avec l'alanine, un autre acide aminé, de formule brute $C_3H_7O_2N$.

3) Écrivez la réaction de synthèse d'un dipeptide réalisable avec les deux acides aminés précédents. Mettez en évidence la liaison peptidique. Généralisez.

Analyse stratégique de l'énoncé

L'écriture de la formule développée ne pose aucun problème si l'on se souvient qu'un acide aminé comporte obligatoirement un groupe carboxyle $-COOH$ et un groupe amine $-NH_2$, fixés sur le même carbone C, auquel est également associé un atome d'hydrogène, H. Nous avons alors 3 des 4 valences du carbone qui sont occupées (une pour le $-COOH$, une pour le $-NH_2$ et une pour le H). Ce carbone central ou carbone α (alpha) porte généralement quatre groupements différents, c'est pourquoi il est qualifié de carbone asymétrique.

Il suffit ensuite de comptabiliser les atomes déjà présents dans cette structure de base et de les soustraire à ceux de la formule brute $C_2H_5O_2N$. Le ou les atomes restants sont fixés sur la quatrième valence du carbone ; ils constituent le radical de l'acide aminé. Nous avons ainsi dans la structure de base (sans le radical) d'un acide aminé : $2C + 2O + 4H + 1N$. En soustrayant ces atomes à ceux de la formule brute, nous obtenons un seul H. Le radical de la glycine n'est donc constitué que par un seul atome d'hydrogène.

Pour l'alanine, la soustraction donne 1 C et 3 H. Vos connaissances en chimie vous permettent de créer un groupe méthyle -CH_3 . Il reste ainsi une quatrième valence à ce carbone pour s'associer au reste de la molécule.

À propos de la liaison peptidique, vous devez savoir qu'il s'agit d'une liaison covalente qui s'établit entre la fonction carboxyle portée par le carbone α d'un acide aminé et la fonction amine portée par le carbone α de l'acide aminé suivant (par convention, on place toujours le -NH_2 d'un acide aminé à gauche et son -COOH à droite). Cette liaison est formée par élimination d'une molécule d'eau (H_2O) : un OH est prélevé à la fonction carboxyle (-COOH) de l'acide aminé précédent (donc à gauche) et un H est prélevé à la fonction amine (NH_2) de l'acide aminé suivant (à droite). Rappelons à cette occasion que l'azote est trivalent, et le carbone tétravalent ; ce point de détail permet de retrouver les nouvelles combinaisons d'atomes suite au départ de la molécule d'eau.

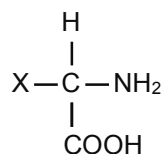
Commentaire du professeur

Cet exercice et de nombreux autres de cet ouvrage utilisent des connaissances du cours de chimie ; d'autres utiliseront des notions de physiques, voire de mathématiques. Il est important de comprendre qu'en BCPST, les disciplines enseignées doivent à tout prix être décroisées. En effet, que ce soit en sciences de la vie ou en sciences de la Terre, les progrès scientifiques ne sauraient se passer des outils apportés par les autres sciences.

Vous devrez prendre l'habitude de faire des mathématiques, de la physique ou de la chimie (voire même de la géographie et de l'anglais) en cours de SVT.

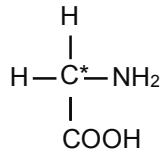
Corrigé

1) La glycine étant un acide aminé, sa formule générale a pour modèle :



Après soustraction du nombre d'atomes présents dans ce modèle à ceux présents dans la formule brute, nous obtenons un seul atome d'hydrogène.

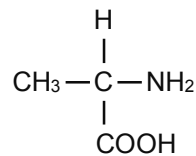
Le X (appelé également radical : R) peut donc être remplacé par H. Appelé également le glyco-colle, la glycine est le plus simple des acides aminés puisque son radical est réduit à un hydrogène.



Commentaire du professeur

Contrairement à tous les autres acides aminés, le carbone α , noté C^* , de la glycine n'est pas asymétrique car il est associé à deux groupes identiques (deux $-\text{H}$). Cet acide aminé est par conséquent non chiral.

2) En procédant de la même façon pour l'alanine, on obtient :



3) La synthèse d'un dipeptide à partir de ces deux acides aminés nécessite la réalisation d'une liaison peptidique.

Celle-ci s'établit entre le $-\text{COOH}$ du premier acide aminé et le $-\text{NH}_2$ du second, avec élimination d'une molécule d'eau selon :

