

Corrections

Questions

1/ En chimie, un élément est une catégorie d'atomes qui possèdent, dans leur noyau, le même nombre de protons (oui, il fallait réviser sa chimie pour le savoir!). Plus simplement, un élément correspond à un type d'atome aux propriétés caractéristiques, et qui se range dans le fameux «tableau périodique des éléments» qui se doit de décorer toute salle de science! Le fer, l'oxygène, l'uranium sont des éléments.


2/ Les éléments qui composent les êtres vivants sont principalement le carbone (C), l'oxygène (O - et pas le dioxygène, qui lui est une molécule, et pas un élément...), l'azote (N) et l'hydrogène (H). Si on veut être plus complet, on notera la présence, en plus petite quantité, de Phosphore (P) et de soufre (S).

3/ Un gène est un morceau d'ADN (et donc une certaine séquence de nucléotides) correspondant à un caractère héréditaire.

4/ Le terme ADN est l'acronyme (oui, on dit comme ça!) d'Acide Désoxyribo-Nucléique. «Acide», car une solution d'ADN a un pH un peu inférieur à 7; «Désoxyribo», car la molécule contient des désoxyriboses (de la famille des sucres); et «Nucléique» car on la trouve dans le noyau (nucleus, en latin) des cellules. En anglais, on parle de DNA.

5/ Les opérations de transgénèse vérifient qu'un gène humain, par exemple, est parfaitement utilisable par une bactérie. Cela signifie que ces deux organismes, pourtant très différents, utilisent de l'ADN, et qu'ils le font de la même manière. Cela ne peut s'expliquer que si l'on fait l'hypothèse que, dans un passé lointain, Humains et bactéries ont eu un ancêtre commun (qui ressemblait bien plus à une bactérie, d'ailleurs).

6/ Un nucléotide est une molécule dont l'enchaînement forme l'ADN (cette molécule comprend du phosphate, un sucre et une base azotée parmi les 4 disponibles)

7/  Les scientifiques ont longtemps cru que les êtres vivants possédaient une force particulière, la «force vitale» car les propriétés des êtres vivants semblent très différentes de celles du reste de la matière: ils sont capables de se reproduire, ils fabriquent de nombreux produits que l'on ne peut trouver sans eux (le lait, les oeufs, la laine, l'urine...). De plus, les êtres vivants doivent se nourrir d'autres êtres vivants (hors les végétaux, dont la nutrition est longtemps restée mystérieuse). Ce sont ces propriétés spécifiques du vivant qui laissent facilement penser que le vivant doit aussi être spécifique dans sa matière et son fonctionnement, puisqu'il est spécifique dans ses fonctions (oui, je sais, relisez lentement cette phrase et vous allez en comprendre le sens, vous pouvez même l'apprendre et la balancer en cours, tiens, cela vous vaudra des applaudissements, enfin, peut être). On ne doit pas aussi négliger les traditions religieuses qui mentionnaient une création divine séparée des êtres vivants et des objets matériels, ni la volonté humaine de se croire non seulement différent des autres animaux, mais aussi du monde inerte des minéraux. Et pourtant...

8/ Le métabolisme est l'ensemble des transformations chimiques qui se déroulent dans une cellule. Par extension, on parle aussi de métabolisme pour désigner l'ensemble des transformations chimiques liées à une fonction particulière: métabolisme de la respiration, ou de la fermentation, désigne ainsi l'ensemble des transformations chimiques relatives à ces opérations.

9/ Une enzyme est une molécule qui permet que se réalisent des transformations chimiques précises.

Colles

1/ Un élément est une catégorie d'atomes (plusieurs atomes de composition interne légèrement différente, mais possédant les mêmes propriétés chimiques), un atome est la plus petite particule de matière (en seconde...), une molécule est un assemblage d'atomes liés entre eux, et une cellule est un être vivant constitué par l'assemblage dynamique de millions de molécules en interaction avec leur environnement.

Note: en seconde, vous pouvez confondre atome et élément sans que cela vous porte préjudice...

2/ L'ADN est une molécule en forme de double hélice, formée de l'enchaînement de millions de nucléotides formant deux «montants» de sucre et phosphate reliés par des bases azotées liées deux à deux selon une correspondance fixe, l'Adénine se liant à la thymine et la cytosine à la Guanine (vous n'avez pas à retenir le nom des bases, dans un premier temps leur initiales peuvent suffire... mais autant savoir de quoi l'on parle, non ?)

3/ La notion de gène se précise de Mendel à Watson & Crick de la façon suivante:

- Pour Mendel, un «gène» (ce mot n'existait pas encore) était une paire d'éléments juxtaposables (qui ne se mélangeaient pas) situés dans la cellule et correspondant à un caractère héréditaire.
- Ensuite, Morgan (oui, revoyez votre cour de troisième) établit qu'un gène est un morceau de chromosome (situé dans le noyau) correspondant à un caractère héréditaire.
- La découverte du rôle de l'ADN montre qu'un gène est un morceau d'ADN correspondant à un caractère héréditaire
- A présent, avec la découverte de la structure de l'ADN par Watson, Crick et Franklin, vous pouvez retenir qu'un gène est une séquence de nucléotides de l'ADN correspondant à un caractère héréditaire.

4/ La chimie du vivant constitue un indice très fort en faveur de l'existence d'un ancêtre commun à toutes les formes vivantes actuelles, car cette chimie est identique chez tous les êtres vivants : on retrouve, avec des gènes «interchangeables», ou presque, et toujours constitués de la même molécule, l'ADN, un nombre réduit de métabolismes identiques et une composition chimique élémentaire similaire, de la bactérie à la baleine bleue, en passant par le cèpe, le châtaignier, le renard polaire et l'huître...

5/ L'effet Pasteur est un exemple montrant que le métabolisme d'une cellule est influencé par son environnement: en présence d'O₂ dans son environnement, une cellule de levure utilise le métabolisme de la respiration, alors que si ce gaz est absent, elle utilise le métabolisme de la fermentation.

6/ Ce résultat s'explique en faisant appel à la composition de l'air et aux caractéristiques de la respiration: ce métabolisme consomme du dioxygène, et ce gaz représente environ 20% de l'air: lorsque tout le dioxygène de la cloche est consommé, le volume de gaz a donc diminué donc de 20%, soit 1/5^{ème}...

J'entend déjà la bruyante agitation et les véhémentes objections des meilleur(e)s d'entre vous «et le CO₂ dégagé, pourquoi n'a t'il pas remplacé le dioxygène, annulant ainsi la variation de volume ?» (si vous n'y aviez pas pensé, désolé, vous ne faites pas, encore, partie des meilleurs, mais grâce à cet excellent manuel et à votre travail, tout est possible!). L'explication est simple: comme n'importe quelle bouteille de soda vous le dira, le CO₂ se dissout très bien dans l'eau, et a donc disparu de la cloche mesurant le volume de l'air, puisque cette dernière était retournée sur de l'eau... (il y a aussi une explication complémentaire, mettant en jeu le volume différent occupé par ces gaz, mais cela est une autre histoire...)

Exercices

1 L'Homme, cet inconnu

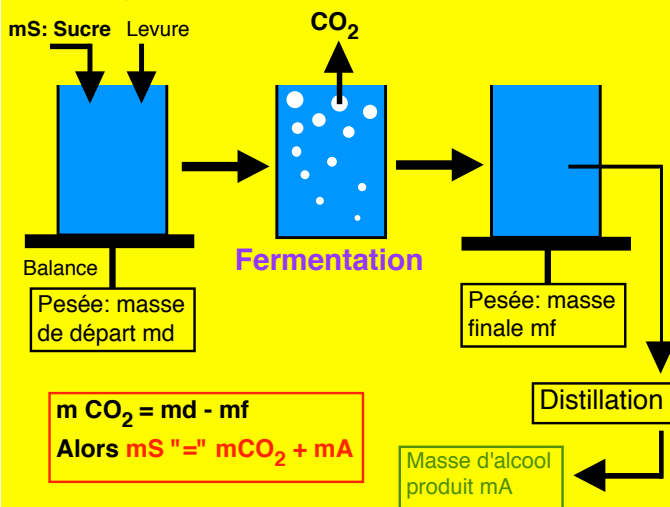
Lorsque Challenger affirme qu'il n'est que: «Quatre seaux d'eau et un sachet de sels», il fait référence à la composition élémentaire du corps humain, bien connue en 1900: C,H,O,N et un peu de P et de soufre, autrement dit, beaucoup d'eau (apportant H et O) et les autres éléments disponibles sous forme de «sels» solubles dans cette eau.

Cela dit, Shakespeare disait aussi que «nous sommes faits de la matière de nos rêves», ce qui mérite également réflexion, ne trouvez-vous pas?


2 - Lavoisier fermente (10 pts)

21 - Le nom moderne de l'acide carbonique est le dioxyde de carbone, notre bon vieux CO_2 , produit lors de la fermentation. Le «ferment» dont parle Lavoisier est un être vivant, en l'occurrence une levure, capable de réaliser la «ferment-action».

22 - 221 - Votre schéma (Expérience réalisée par Lavoisier sur la fermentation) devrait ressembler à ceci:



222 Le raisonnement de Lavoisier se reconstitue facilement: il est basé sur la détermination des masses des différents produits (Lavoisier les «pèse»). Ainsi, Lavoisier montre que si il ajoute la masse du CO_2 qui s'est dégagé de la solution à la masse d'alcool produit après la fermentation, il retrouve la masse de sucre qu'il a lui-même mis dans la solution avant la fermentation. Cette égalité des masses: $m_{\text{sucre}} = m_{\text{alcool}} + m_{\text{CO}_2}$, a peu de chance d'être due au hasard. Pour l'expliquer, on doit faire l'hypothèse que le sucre a réellement été «dédoublé», c'est à dire découpé en alcool et en CO_2 .

 **Remarque:** Lavoisier ne trouve pas une égalité parfaite. Si vous réfléchissez à la manière dont il a mesuré le CO_2 dégagé, vous comprenez pourquoi (j'ai dit réfléchissez avant de lire la suite, fainasse!)

Vous avez trouvé ? Lavoisier n'a pas pris en compte le CO_2 qui est resté dissous dans l'eau... Cette imprécision ajoutée aux inévitables erreurs de mesure explique qu'il n'ai pas établi une stricte égalité dans ses résultats d'expérience, mais cela ne l'a pas empêché pour autant d'en interpréter correctement les résultats: en sciences, il faut aussi savoir tirer parti des nécessaires limitations des expériences réalisables!

3 - Matière, lumière et métabolisme (6 pts)

31 Les transformations chimiques décrites consistent dans la fabrication de molécules (pour grandir et se reproduire) à partir du CO_2 en utilisant l'énergie de la lumière et avec un rejet d' O_2 : tout cela correspond à la description de la photosynthèse.

32 Si la quantité de lumière ou de CO_2 dans l'environnement diminue, la fabrication de nouvelles molécules (de sucre, d'après le bilan de la réaction, utilisé ensuite de plusieurs façons par les

chlorelles) sera moins intense, et les chlorelles se développeront donc moins vite et se reproduiront moins.

33 On peut dire que le métabolisme des chlorelles est sous l'influence de leur environnement, car il existe un lien de cause à effet entre une variation dans l'environnement (plus ou moins de lumière ou de CO_2) et l'efficacité de la fabrication de nouvelles molécules utilisées pour la croissance et la reproduction de la cellule: le métabolisme de la croissance et de la reproduction est bien sous la dépendance des éléments extérieurs que sont la teneur du milieu en dioxyde de carbone ou la luminosité.

4 - Cheval mon ami (6 pts)

Une seule molécule d'hémoglobine (qui est une protéine) contient environ 600 atomes de carbone et toujours un atome de fer.

41 - L'hémoglobine donne sa couleur au sang, qui est rouge. Les cellules présentes dans le sang et qui sont rouges sont donc les... globules rouges! (cette question est un cadeau!)

42 - Les molécules carbonées que vous connaissez sont peu nombreuses: il y a le CO_2 et le méthane CH_4 . Ces molécules ne contiennent qu'un seul atome de carbone. L'hémoglobine est donc 600 fois plus «grande» que les molécules que vous connaissez.

43 - Si avec un modèle moléculaire, la représentation d'une molécule de CO_2 mesure 3 cm de long, la taille approximative d'un modèle d'une molécule d'hémoglobine à la même échelle sera de 600 fois cette taille, puisque qu'elle contient 600 fois plus de carbone. Cela nous donnerai alors une longueur de $600 \times 3 = 1800$ cm soit 18 m. Vous comprenez pourquoi vous n'avez pas de modèle de molécule d'hémoglobine dans les salles de sciences... (Attention, ce calcul est un calcul «à la louche» qui donne un ordre de grandeur, mais ne tient pas compte du repliement de la molécule sur elle-même. Il vous permet juste de vous faire une idée de la différence entre les molécules caractéristiques de la vie et les autres)

44 - N'écoutez que votre courage, vous voulez malgré tout construire un modèle moléculaire de l'hémoglobine ? Si on se limite aux modèles d'atomes de carbone nécessaires (sans même parler de O, H N....) il nous faut $600/30 = 20$ boîtes, ce qui va nous coûter $20 \times 120 = 2400$ euros...

45 - La différence principale entre les molécules caractérisant les êtres vivants et celles du monde minéral semble donc bien être la taille: les molécules du vivant sont immenses, gigantesques par rapport à celles que l'on trouve dans le monde minéral. Ces molécules géantes ont reçu un nom: on les appelle des macromolécules.

5 - Maneken piss

51 - Le papier coloré avec l'épice curcuma change de couleur en présence d'un changement de pH. Il joue le rôle du papier pH actuel. Ce papier au curcuma réagit en brunissant en quelques min au contact d'un milieu basique.

52 - Quelle est la nature du ferment retenu sur le papier ? Deux hypothèses sont possibles. Ce ferment agit en réalisant une transformation chimique. C'est donc, peut-être, un micro-organisme présent dans l'urine des malades, et dont le métabolisme réalise cette transformation. Mais ce «ferment» pourrait aussi être une enzyme provenant d'un micro-organisme qui est tué lors de la réparation du papier. Cette enzyme réalisera alors, seule et hors de tout organisme, la transformation chimique décrite par Musculus.

53 - Musculus précise, en fait, que plus l'urine est infectée et plus il va avoir de «ferment» sur son papier. Malheureusement, cette remarque conforte les deux hypothèses précédentes, et ne permet pas de choisir: si le ferment est un micro-organisme, alors il est logique que les résultats soient meilleurs si ce dernier est présent en grand nombre; mais il en est de même si ce ferment est une enzyme: davantage de micro-organismes aboutiront à la libération dans le papier de davantage d'enzyme...

En fait, une observation peut vous aider à choisir: Musculus précise que son papier conserve ses propriétés longtemps. Cette conservation s'accorde plus avec la présence d'enzymes dans le papier (ce sont de «simples» molécules) qu'avec la présence de micro-organismes qui devraient rester en vie durant cette période sans pouvoir se nourrir...

6 - Expériences et interprétation (4 pts)

Comment les inoffensives bactéries R sont-elles devenues de dangereuses bactéries S ? Dans son expérience; Griffith a mis en contact des bactéries S tuées par la chaleur avec des bactéries R. Ce mélange s'est produit avant l'injection, mais aussi dans la souris. Les bactéries R vivantes ont donc été mélangées à des débris de bactéries S. On doit faire l'hypothèse que des gènes des bactéries S, mortes, on put «passer» dans les bactéries R: il s'agit là d'une transgénèse spontanée. Vous savez maintenant qu'un gène est un morceau d'ADN. Parmi les débris des bactéries S, il y avait de l'ADN, forcément. Visiblement, ce dernier a réussi à pénétrer dans certaines bactéries R. Comme les bactéries n'ont pas de noyau, l'ADN «étranger», une fois dans le cytoplasme bactérien, a pu être traité comme l'ADN de la bactérie, et a ainsi été recopié lorsque la bactérie se reproduisait, mais a également donné à la bactérie receveuse et à toutes ses descendantes le caractère héréditaire «virulent» qui lui faisait défaut.

7 - Réflexions sur l'ADN

71 - Il y a plusieurs avantages à ce que l'information soit conservée en «double exemplaire» dans une molécule d'ADN:

- s'il y a une rupture d'un brin, le brin complémentaire peut servir à «reconstruire» celui qui lui fait face.
- Plus généralement, cette information en double limite les erreurs: si par exemple un nucléotide change pour une raison ou une autre (ces détails sont loin de votre programme!), il y a une erreur de nucléotide (A remplacé par un G, par exemple), alors le T qui est en face ne peut plus se lier à l'autre brin ce qui va permettre de signaler le lieu d'un problème et peut être de le corriger.
- Lorsque les chromosomes se recopient, les gènes se recopient, donc cela signifie que l'ADN se recopie.... cette information en double pourrait sécuriser cette copie (dans la réalité, ce n'est pas ainsi que les choses se passent, mais vous pouviez avoir légitimement cette idée)..

72 - Si les deux chaînes d'une molécule d'ADN se séparent. Chacune d'elle peut servir de modèle pour reconstruire une autre chaîne. Cela permet, si on est logique, d'obtenir deux molécules d'ADN identiques à partir d'une seule, chaque brin permettant d'assembler celui qui lui fait face... Cela permet donc la copie des gènes, donc, en fait, la préparation de la reproduction d'une cellule.



8 - R. Bacon

Un peu de réflexion sur le fonctionnement du monde scientifique! Pour savoir si les obstacles relevés par Bacon sont toujours d'actualité 8 siècles après lui, il suffit de rechercher des exemples s'accordant et illustrant chacun des obstacles envisagés.

1 - Des autorités incompetentes

Sans remonter jusqu'aux difficultés de Galilée, la difficile publication des découvertes de Miescher, ou plus près de nous les difficultés de Rosalind Franklin et de Martha Chase illustrent bien que les «autorités» modernes peuvent être aussi incompetentes que les anciennes...

2 - de vieilles habitudes, des coutumes

Nous avons vu que les biologistes avaient la «coutume», la «vieille habitude» de considérer que les gènes devaient absolument être faits de protéines. Avery, MacLeod et McCarty ne furent pas pris au sérieux lorsqu'ils montrèrent pourtant clairement que l'ADN des bactéries était fait d'ADN. En sciences, coutume et habitudes sont le plus souvent de mauvaises conseillères!

3 - une opinion publique ignorante

Ce point sera rapidement réglé: si, en plein moyen âge, l'opinion publique ne pouvait être informée, ne sachant pas lire, aujourd'hui que cette connaissance de base est acquise et que l'information est aisément disponible, la volonté manque souvent! D'où l'intérêt de l'enseignement des sciences à tout le monde (ce qui illustre le proverbe «prêcher pour sa paroisse, tient !). Ce point reste donc parfaitement valable, l'opinion publique ne se passionnant

toujours pas (ou exceptionnellement) pour les controverses scientifiques...

4 - La dissimulation de l'ignorance individuelle sous un étalage apparent de sagesse.

Voilà aussi un obstacle qui reste d'actualité, ne trouvez-vous pas? Dans le cadre scolaire, nul doute que vous trouverez abondamment matière à l'illustrer (avec des réponses d'élèves - ou des professeurs - qui, par exemple, préfèrent répondre «ce n'est pas important» que «je ne sais pas»....)

En conclusion, Roger Bacon avait bien identifié des obstacles au progrès scientifique qui restent d'actualité, ce qui prouve à la fois la pertinence de ses réflexions et l'évolution toute relative des sociétés humaines depuis le moyen âge sur ce plan...

Rules, Britannia

Traduisons la citation de J. Watson concernant Oswald Avery:

«Both Francis and I had no doubts that DNA was the gene. But most people did. And again, you might say, 'Why didn't Avery get the Nobel Prize ?' Because most people didn't take him seriously. Because you could always argue that his observations were limited to bacteria, or that [the transformation of Pneumococcus that he described was caused by] a protein resistant to proteases and that the DNA was just scaffolding.»

Une difficulté est qu'ici (comme c'est le cas généralement), on ne peut traduire mot à mot, mais il faut interpréter en français le sens des expressions et des phrases. Dans la traduction que je vous propose, j'ai coloré en vert ces «interprétations» indispensables (au bout de 4 années d'anglais, vous devriez comprendre cela).

Ce texte devient alors:

«Nous deux, Francis et moi, n'avions aucun doute que l'ADN était le gène. Mais la plupart des gens le pensaient aussi. Et de nouveau, vous pourriez dire: «Pourquoi Avery n'a pas obtenu le prix Nobel ?» Parce que la plupart des gens ne l'ont pas pris au sérieux. Parce que vous pouvez toujours faire valoir que ses observations ont été limitées aux bactéries, ou que c'était (la transformation du pneumocoque qu'il a décrite a été causée par) une protéine résistante aux protéases et que l'ADN était juste son support.»



Vous remarquerez peut être que certaines des justifications de Watson quant au manque d'intérêt pour les travaux d'Avery sont aussi valables pour eux de Hershey et Chase, bien que ces derniers aient emporté, en travaillant également sur des bactéries, la conviction de la communauté scientifique.... Il semble bien qu'en sciences, une idée suffisamment révolutionnaire, ou nouvelle, ne puisse être acceptée immédiatement, elle demande un certain temps de maturation, de généralisation, afin que les esprits se préparent au changement qui s'annonce... On peut dire que pour qu'une découverte soit reconnue, il est aussi nécessaire que le monde scientifique soit prêt à l'accueillir: la science reste une activité humaine, trop humaine...

Rappel de troisième : Tous les êtres vivants sont constitués de cellules organisées selon le même plan général (une membrane entoure du cytoplasme dans lequel on trouve un noyau, qui contient les chromosomes), mais dont l'aspect peut varier puisqu'il existe des cellules spécialisées qui ne possèdent ni la même forme, ni la même taille (un neurone, cellule du cerveau, ne ressemble pas à une cellule musculaire ou à une cellule de peau).