

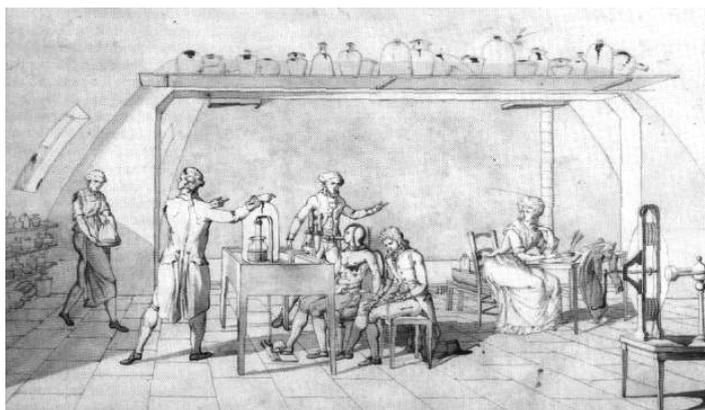
LES TRANSFORMATIONS CHIMIQUES

L'énergie nécessaire au sportif provient de la dégradation des aliments au cours d'un ensemble de transformations chimiques. Cette dégradation équivaut, pour un effort prolongé, à une combustion complète pour les glucides et les lipides, et à une oxydation incomplète pour les protides.

I. La respiration

La respiration est l'un des premiers phénomènes biologiques pour lesquels les transformations chimiques ont été mises en évidence.

Les deux textes ci-dessous retracent l'étude de ces transformations par Laplace et Lavoisier à la fin du XVIII^{ème} siècle.



Aquarelle de Madame Lavoisier (qui se représente à droite, assise près d'une petite table) : Expérience de Lavoisier sur la respiration humaine

Document 1 : Respiration et échanges gazeux

« La respiration est présente chez tous les êtres vivants, bactéries, plantes et animaux. Au XVIII^{ème} siècle, Antoine Lavoisier affirma que les gaz échangés lors de la respiration étaient de l'oxygène et de "l'air fixé" (gaz carbonique). Avec Pierre-Simon Laplace, il réalisa les premières mesures de ces échanges chez des animaux. Leur méthode, dite de confinement, consistait à placer un petit animal dans une enceinte étanche de volume interne connu et à analyser l'air en fin d'expérience, afin de déterminer la quantité d'oxygène consommé. Des mesures plus précises ont ensuite montré que l'air inspiré contient 21 % d'O₂ et 0,03 % de CO₂, tandis que l'air expiré, chez les mammifères, contient 16 % d'O₂ et 5 % de CO₂. La concentration de l'azote (78 % de l'air) et des autres gaz n'est pas modifiée par la respiration. Ces échanges gazeux entre un organisme et son milieu sont appelés respiration "externe". L'oxygène ainsi puisé est utilisé comme comburant par les cellules, au cours des réactions chimiques qui leur permettent de produire de l'énergie. »

D'après S. Etien, D. Isabey et P. Le Rouzic, « La respiration », La Recherche, septembre 2008.

1. a. Selon le texte, quelles sont les espèces chimiques présentes dans l'air inspiré ? Quelles sont celles présentes dans l'air expiré ?
b. Quelles sont les espèces qui réagissent au cours du phénomène de respiration ? Quels sont les produits formés par respiration ?
2. a. Rappelez le principe de la combustion en utilisant les termes de comburant et de combustible.
b. Quels sont les produits formés lors d'une combustion complète ?
Écrire l'équation de la combustion complète du méthane (CH₄) en présence de dioxygène.
c. Quel est le bilan énergétique d'une combustion ? Quelle conversion d'énergie a lieu ?
3. Quel point commun existe-t-il entre respiration et combustion ?

Document 2 : Respiration et alimentation

« La respiration n'est qu'une combustion lente de carbone et d'hydrogène, qui est semblable en tout à celle qui s'opère dans une lampe ou dans une bougie allumée, et que, sous ce point de vue, les animaux qui respirent sont de véritables corps combustibles qui brûlent et se consomment. Dans la respiration, comme dans la combustion, c'est l'air de l'atmosphère qui fournit l'oxygène [...] ; mais, comme dans la respiration c'est la substance même de l'animal, c'est le sang qui fournit le combustible, si les animaux ne réparaient pas habituellement par les aliments ce qu'ils perdent par la respiration, l'huile manquerait bientôt à la lampe, et l'animal périrait, comme une lampe s'éteint lorsqu'elle manque de nourriture. »

Extrait du Premier mémoire sur la respiration des animaux
Mémoires de l'Académie des sciences, MM. Lavoisier et Seguin (1789)

4. La respiration est une « combustion lente » pour Lavoisier : quel est alors le combustible ? le comburant ?
5. Expliquez la phrase : « si les animaux ne réparaient pas habituellement par les aliments ce qu'ils perdent par la respiration, l'huile manquerait bientôt à la lampe ».
6. Pourquoi les besoins alimentaires augmentent-ils lors d'une pratique sportive ?

II. Transformation et réaction chimique

On dispose d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre $\{ \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})} \}$ à $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ et d'une solution d'hydroxyde de sodium $\{ \text{Na}^{+}_{(\text{aq})} + \text{HO}^{-}_{(\text{aq})} \}$ à 1 mol.L^{-1} .

Expérience 1 :

Dans un premier tube à essais, verser environ 5 mL de solution de sulfate de cuivre et ajouter quelques gouttes de solution de soude. Observer.

Ajouter un peu de solution de sulfate de cuivre.

1. a. Y a-t-il eu transformation chimique ? Pourquoi ?
b. Quel est l'état physique de la nouvelle espèce formée ?

Cette nouvelle espèce est l'hydroxyde de cuivre(II) de formule $\text{Cu}(\text{HO})_2$.

2. Décrire l'état initial du système chimique.
3. Décrire l'état final du système chimique. Que permet de tester le deuxième ajout de sulfate de cuivre ?

Expérience 2 :

Dans un deuxième tube à essais, verser environ 5 mL de solution de sulfate de cuivre et ajouter environ 2 mL de solution de soude. Observer.

Filtrer le mélange obtenu.

4. Y a-t-il eu transformation chimique ? Pourquoi ?
5. Décrire l'état initial du système chimique.
6. Décrire l'état final du système chimique. Quel test supplémentaire pourrait-on faire ?

Interprétation :

7. Quels sont les réactifs, les produits et les espèces spectatrices de cette transformation ?
8. Écrire l'équation chimique de la réaction.
9. a. Quelle espèce chimique (appelée réactif limitant) a été totalement consommée dans chaque expérience ?
b. Pourquoi ce réactif totalement consommé n'est-il pas le même dans les deux expériences ?

III. Pyrotechnie...

Il est d'usage à la fin de certaines manifestations sportives de tirer un feu d'artifices.

Un apprenti chimiste veut faire exploser une charge pyrotechniques à distance au moyen d'une mèche constituée d'un mélange de fer (Fe) et de soufre (S).

Il a lu dans " Magie et Artifices " qu'une mèche de 5 cm de long enflammée au moyen d'un bec bunsen lui donnerait satisfaction pourvu que le mélange des poudres soit réalisé dans les proportions telles que la transformation exothermique formant le sulfure de fer (FeS) soit totale. En effet, la transformation peut se produire sans ces proportions, mais trop de soufre entraîne l'émission d'un gaz suffocant et lorsqu'il y en a trop peu, la mèche s'éteint. Peu rassuré, il se met à réfléchir...

Étudions un peu...

1. Expliquer l'expression "transformation exothermique".
2. Expliquer l'expression "gaz suffocant".
3. Expliquer l'expression "transformation totale".
4. La transformation chimique peut se traduire sous la forme d'une équation de réaction très simple. Proposer une façon d'écrire cette équation.
5. Interpréter à l'échelle microscopique (ou nanoscopique devrait-on dire !) cette écriture.

Entrons en scène...

Pour se rassurer un peu notre apprenti artificier se dit qu'il ferait bien de consulter un spécialiste. Il va trouver les préparatrices du laboratoire qui connaissent depuis des lustres la recette du mélange inflammable soufre/fer. Elles acceptent de lui préparer un échantillon de mélange pour pouvoir tester l'expérience.



Prélever environ 2g de mélange et les disposer sur une brique réfractaire. Enflammer une extrémité à l'aide d'un bec bunsen.

Attention aux projections

6. Y a-t-il eu transformation chimique ? Pourquoi ?
7. Décrire l'état initial et l'état final du système chimique.

Analysons un peu...

Comme tout apprenti chimiste qui se respecte, il veut comprendre ce qui se cache derrière cette recette qu'il ne croit pas " magique ". Les préparatrices du laboratoire, toujours très discrètes sur leurs recettes, lui ont soufflé sans plus de détails : " environ un tiers de soufre pour deux tiers de fer ".

Devant le manque de précision, et de plus en plus troublé, il se tourne vers son professeur de chimie, personnage extrêmement sympathique et rassurant. Celui-ci lui fait remarquer tout de même que d'après l'équation de réaction, il faut autant de fer que de soufre !

Désemparé devant la contradiction, il s'apprête à renoncer lorsque, soudain, il se souvient ...et s'interroge.

8. Quelle est la composition d'un atome de fer (Z=26 et A=56) ? Et d'un atome de soufre (Z=16 et A=32) ?
9. Sachant que la masse d'un nucléon vaut $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg.
Quelle est la masse d'un atome de fer ? Quelle est celle d'un atome de soufre ?
10. a. Sur ce mélange " atomique " quel est le pourcentage de fer ? Quel est celui de soufre ?
b. Qui du professeur de chimie ou des préparatrices du laboratoire avait raison ? À quelle échelle raisonnent-ils ?