



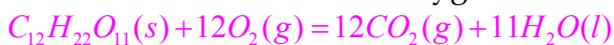
L'énergie du sportif

1 – Le corps : une usine à « brûler » les aliments

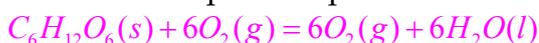
Pour vivre, marcher, penser, notre corps a besoin d'énergie. Celle-ci est apportée par la transformation de certains nutriments, en particulier les lipides (comme le cholestérol $C_{27}H_{46}O$) et les glucides (comme le glucose $C_6H_{12}O_6$). Ces transformations du système chimique sont des réactions chimiques qui nécessitent un second réactif : le dioxygène de l'air, apporté à nos cellules par le sang. Du dioxyde de carbone et de l'eau sont alors formés : ce sont les produits de la réaction. Ces réactions, qui se produisent à la température de notre corps ($37^\circ C$), libèrent de l'énergie. La transformation complète en dioxyde de carbone de chaque gramme de lipide apporte 37 kJ à l'organisme ; la même transformation pour 1 g de glucides libère 17 kJ.

Il est également possible de transformer le saccharose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) en dioxyde de carbone et en eau avec une expérience simple : il suffit d'enduire de cendres un morceau de sucre et de l'enflammer : il brûle en présence du dioxygène de l'air. Cette réaction de combustion complète s'accompagne d'un effet thermique qui permet de chauffer des objets.

1. Ecrire l'équation chimique de la combustion du saccharose dans le dioxygène.



2. Même question pour le cholestérol puis pour le glucose.



3. La réaction chimique effectuée dans un organe met-elle en jeu un effet thermique ? Quelle est la différence avec la combustion du saccharose réalisée au laboratoire ?



Comme toute transformation chimique, celle effectuée dans un organe met en jeu un effet thermique. Il s'agit toutefois d'une combustion « lente ». La combustion du saccharose au laboratoire est une combustion rapide ou brutale.

Chacun d'entre nous consomme plusieurs kilogrammes d'aliments par jour (boissons comprises) qui sont dégradés en nutriments avant d'être absorbés par la paroi intestinale. Une partie de ces nutriments subit des réactions chimiques grâce auxquelles notre corps maintient sa température, produit du travail pour se déplacer ou synthétise les constituants moléculaires qui assurent le renouvellement de nos cellules.

Examinons le rôle des espèces chimiques constituant les aliments.

L'espèce chimique la plus abondante de notre alimentation est l'eau ; dans notre corps, l'eau joue un rôle de solvant et, à ce titre, ne subit pratiquement pas de réaction chimique. Les nutriments sont classés en familles : glucides, lipides, protides ; les vitamines et les sels minéraux, par exemple, échappent à ce classement. Bien que les nutriments de ces trois familles soient susceptibles de subir une combustion lente pour jouer le rôle de combustible de notre organisme, les protides absorbés sont surtout transformés et utilisés pour renouveler nos propres protéines. D'autres espèces chimiques (glucides et protides) subissent une combustion lente – ce sont des combustibles, du point



de vue énergétique. Celles ingérées en excès sont en partie transformées pour être stockées sous forme de graisse.

Pour comprendre les choses

Comparer la stoechiométrie du dioxygène apparaissant dans l'équation de combustion d'un glucide comme le saccharose $C_{12}H_{22}O_{11}$ et celle de la combustion d'un lipide comme l'acide dodécanoïque $C_{12}H_{24}O_2$ (qu'on trouve dans l'huile de coprah, extraite de la noix de coco). Proposer une relation avec les différences d'effets thermiques entre glucides et lipides ; préciser, à votre avis, ce qui permet de comparer ces deux espèces chimiques.

Pour le glucide, $C_{12}H_{22}O_{11} + 12 O_2 = 12 CO_2 + 11 H_2O$

Pour le lipide, $C_{12}H_{24}O_2 + 17 O_2 = 12 CO_2 + 12 H_2O$

La molécule de lipide apporte moins d'oxygène que celle de glucide : l'apport d'oxygène supplémentaire est synonyme d'apport énergétique supplémentaire.

Les glucides

Parmi les glucides, on distingue habituellement

- **les sucres simples** : ils sont directement assimilables par l'organisme. Ils sont hydrolysés par les enzymes salivaires et digestives. C'est le cas notamment des *monosaccharides* comme le glucose, le fructose et le galactose mais aussi des *disaccharides*.

- **les sucres complexes** (*les polysaccharides*) : Ils vont subir une hydrolyse plus poussée. C'est le cas de l'amidon et du glycogène, lequel est fabriqué par notre organisme (glycogénèse) et est stocké au niveau du foie et des muscles. C'est le sucre de réserve de l'homme.

Remarque : le fructose est un sucre simple mais lent. Les sucres lents sont généralement des polysaccharides.

Les glucides ont un rôle énergétique et plastique.

Indispensables au fonctionnement des muscles et du cerveau, ils constituent la source d'énergie la plus rapidement utilisable par l'organisme et sont impliqués dans l'anabolisme des protéines. Les glucides ont donc **un rôle essentiellement énergétique**. Apportés par l'alimentation, ils sont dégradés en glucose lequel va se répartir dans l'organisme. Une partie est stockée sous forme de glycogène dans le foie et les muscles ce qui servira de **réserve**.

Certains glucides ont un rôle dit de "**constitution**". Ils rentrent dans la composition de tissus fondamentaux de l'organisme : les cartilages, les acides nucléiques, le mucus, les substances antigéniques .

Les lipides

Les matières grasses sont indispensables à notre métabolisme, et les consommateurs doivent en varier les origines. Entre autres, on distingue

- les acides gras saturés, qui ne possèdent pas de double liaison, et qu'on trouve dans les graisses animales (ces substances ont tendance à être solides à température ambiante)
- les mono- ou poly-insaturés possèdent une ou plusieurs doubles liaisons ; ce sont les constituants essentiels des huiles végétales.

Les lipides sont les nutriments les plus riches en énergie : **1 gramme de lipides produit 9 kcal**.

Une grande partie de l'énergie est stockée sous forme de réserves.

Les lipides complexes (phospholipides, lécithines, sphingoméline) sont les constituants essentiels des membranes biologiques. Par leur imperméabilité ils permettent de limiter les différents compartiments des cellules.



Certains lipides sont les précurseurs métaboliques des prostaglandines, acides gras cycliques à caractère hormonal.

Les protides

Sous le terme de protides, on regroupe à la fois les protéines, les peptides et les acides aminés.

- Les acides aminés sont au nombre de 20 et sont les constituants de base des protéines et des peptides.
- Les protéines sont un assemblage complexe et ordonné d'acides aminés. Les peptides sont constitués d'une dizaine d'acides aminés.
- Les protides jouent un rôle essentiellement plastique et énergétique.

Les protides jouent un essentiel rôle d'entretien et de renouvellement des tissus ; ils sont nécessaires pour la croissance et l'élaboration de l'os, de la peau, du muscle et des membranes des cellules ; ils sont indispensables au fonctionnement de notre organisme puisque constituants des hormones peptides, enzymes, neurotransmetteurs, fibres musculaires... ; ils ont même un rôle dans le transport de l'oxygène (l'hémoglobine est une protéine).

2 – La valeur énergétique des aliments

Aliments	Énergie apportée (kJ)	Famille de nutriments			Éléments chimiques minéraux				
		Glucides (g)	Protides (g)	Lipides (g)	Sodium (mg)	Magnésium (mg)	Potassium (mg)	Calcium (mg)	Phosphore (mg)
Abricot frais	209	11,2	0,8	0,2	2	62	278	16	-
Abricot sec	1 158	63,4	4,6	0,4	26	62	1 370	67	-
Amande sèche	2 592	17,0	20,0	54,0	4	254	800	254	-
Lait écrémé	145	5,0	3,2	0,5	47	12	160	112	90
Lait entier	272	5,0	3,2	3,5	47	12	150	112	95
Pastèque	104	5,3	0,4	0,2	4	8	158	5	-

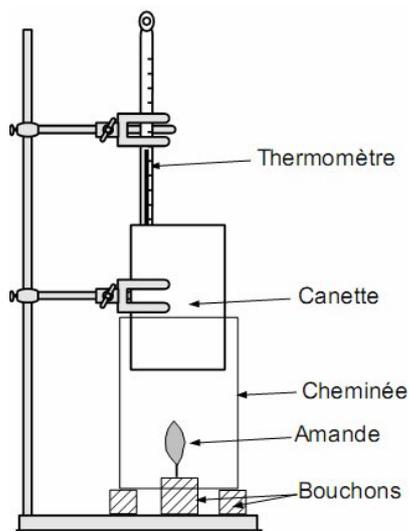
L'énergie se mesure en joules (symbole : J) en hommage au physicien britannique James Prescott Joule (1818 – 1889). On a parfois coutume, notamment en diététique, d'utiliser la calorie,

$$1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$$

ou, plus généralement, la Calorie,

$$1 \text{ Cal} = 1 \text{ kcal} = 4,184 \text{ kJ}$$

On peut évaluer l'apport énergétique d'un aliment en réalisant sa combustion et en essayant de récupérer toute la chaleur qu'elle est susceptible de produire. Le dispositif suivant, par exemple, permet une telle mesure au laboratoire, pour un fruit sec comme l'amande par exemple.



La canette contient de l'eau qui est chauffée par la combustion de l'amande. La cheminée en aluminium permet de limiter les pertes énergétiques. Lors d'un essai, on obtient les résultats suivants.

$$\begin{aligned} m_{\text{eau}} &= 200 \text{ g} \\ \theta_{\text{initiale}} &= 18^\circ\text{C} \\ \theta_{\text{finale}} &= 25^\circ\text{C} \\ m_{\text{amande, initiale}} &= 2,240 \text{ g} \\ m_{\text{amande, finale}} &= 2,015 \text{ g} \end{aligned}$$

La capacité thermique d'un corps mesure l'énergie qu'il faut apporter à 1 kg de ce corps pour en élever la température d'un degré. Pour l'eau, cette capacité est de $c_{\text{eau}} = 4,186 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$. Ainsi, une masse m_{eau} d'eau dont la température varie d'une température θ_i à θ_f reçoit/perd une énergie

$$\Delta E = m_{\text{eau}} \times c_{\text{eau}} \times \underbrace{(\theta_f - \theta_i)}_{\Delta\theta}$$

→ Utilisez ces données pour évaluer la valeur énergétique de 100 g d'amandes sèches. Commenter.

$$\Delta E = 200.10^{-3} \times 4,186 \times (25 - 18) = 5,9 \text{ kJ}$$

pour $2,240 - 2,015 = 0,225 \text{ g}$ d'amande, soit $\frac{100 \times 5,9}{0,225} = 2,6.10^3 \text{ kJ}$ pour 100 g. C'est le résultat que l'on retrouve dans le tableau ci-dessus.

Une ouverture : le cas des sodas

1 kg de sucre en morceaux n°4 comporte trois étages de 4 rangées de 14 morceaux.

Le « nombre de sucres » du tableau suivant est-il réaliste ?

Données : 1 mol de saccharose $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ apporte, par combustion, 1 350 Calories, soit 1 350 kcal ; la masse molaire du saccharose est de 342 g.mol^{-1} .

Pour une boisson apportant $x \text{ kcal}$ par litre, soit $4,184 \times \text{kJ}$ par litre, on peut déterminer la quantité de matière de saccharose, en moles,

$$n_{\text{sacch}} = \frac{x}{1350}$$

Et en déduire, par la masse molaire, la masse correspondante en grammes,

$$m_{\text{sacch}} = n_{\text{sacch}} \times M_{\text{sacch}} = \frac{x}{1350} \times 342$$

Puis le nombre de sucres N ,



$$N = \frac{m_{sacch}}{6} = \frac{x}{1350} \times \frac{342}{6}$$

A.N. pour le Coca, pour $x = 432 \text{ kcal/L}$,

$$N = \frac{432}{1350} \times \frac{342}{6} = 18$$

De faibles écarts

Moyenne :
17 morceaux de sucre par litre

Il y a peu de temps, nous n'aurions eu que quelques éléments dans cette famille : deux

grands noms qu'il n'est même plus la peine de citer, et leurs clones à la marque des grands distributeurs. Mais depuis quelques années, la catégorie s'est enrichie de nombreux "bébés colas". Le principal est Mecca Cola, qui revendique un engagement anti-américain avec le slogan « Ne buvez plus idiot, buvez engagé ». À ses

Les colas représentent la moitié des ventes de boissons sucrées. On constate peu de différences d'une marque à l'autre.

côtés, on trouve une flopée de versions identitaires comme le cola berbère Imazighen ou le breton Breizh Cola. La tendance régionale se retrouve aussi en Alsace, en Corse, dans le Nord, en pays catalan...

Les grands fabricants, eux, ont multiplié les parfums (citron, vanille, citron vert...) et promu les versions sans caféine ou allégés. Ces dernières progressent très fortement. Chez le leader Coca-cola, le light représente 21 % des ventes, contre 79 % pour le standard, mais au sein du groupe, on pense que les deux boissons seront sans doute à égalité d'ici cinq ans.

Marque	Apport calorique	Nombre de sucres
Dia	364 kcal/l	15,5/l
Carrefour	368 kcal/l	15,5/l
Champion	380 kcal/l	16/l
Mecca cola	380 kcal/l	16/l
Look	384 kcal/l	16/l
Hey cola	392 kcal/l	16,5/l
Coca cola	404 kcal/l	17/l
Zam Zam cola	408 kcal/l	17/l
Pepsi twist	416 kcal/l	17,5/l
Planet cola	420 kcal/l	17,5/l
Breizh cola	424 kcal/l	18/l
Pepsi cola	424 kcal/l	18/l
Jean's cola (E. Lecterc)	424 kcal/l	18/l
U	424 kcal/l	18/l
Freeway	428 kcal/l	18/l
Cora cola	432 kcal/l	18/l
Imazighen cola	432 kcal/l	18/l
Casino cola	448 kcal/l	19/l

Une alimentation équilibrée doit contenir du **sucré** (10 à 15% de matière sèche absorbée). Les produits édulcorants permettent de ne pas dépasser les quantités souhaitables, lorsqu'on absorbe par exemple des boissons à goût sucré, dans le but de se désaltérer et non dans le but de se nourrir.

Le **pouvoir sucrant** d'une substance (PS) a été défini en comparant le goût de cette substance en solution à celui d'un litre d'eau à 20 °C et à 30 g de sucre (saccharose). S'il faut plus de 30 g par litre pour obtenir la même intensité de goût sucré, son pouvoir sucrant est dit inférieur à 1; s'il en faut moins, il est supérieur à 1. Ainsi, puisque 23 g de fructose en solution donnent un goût aussi sucré que 30g de saccharose, le pouvoir sucrant du fructose est de $30/23 = 1,3...$

Pour avoir la masse d'édulcorant (en g) qui équivaut au pouvoir sucrant du domino classique de sucre n°4, il faut diviser celle du domino de sucre (6 g) par le pouvoir sucrant de l'édulcorant considéré.

Pour les édulcorants intenses, la masse équivalente, en pouvoir sucrant, au domino est toujours très faible; ainsi pour l'**aspartame** (PS = 190) , $6g/190 = 32 \text{ mg}$ suffiront à remplacer le goût du domino de sucre. À l'opposé, pour des édulcorants moins sucrants que le sucre, le **sorbitol** par exemple, il faudra une masse plus importante que celle du domino (en l'occurrence $6/0,55 = 11 \text{ g}$). Ces édulcorants peu sucrants - en général des **polyols** - sont d'ailleurs appelés « **agents de charge** », car ils apportent, à goût sucrant égal, beaucoup de matière.

Pour avoir la **valeur énergétique** (en joules) correspondant à ces masses d'édulcorant, il suffit de multiplier la masse par la valeur énergétique unitaire de l'édulcorant. Tous les édulcorants intenses seront ainsi peu énergétiques même si certains d'entre eux, comme l'aspartame ou l'**alitamé**, qui sont des protéines, sont aussi énergétiques par gramme que le sucre. Ainsi la « **sucrette** » (20 mg d'aspartame) n'apporte que $0,020 \times 4 = 0,33 \text{ joule}$ par son aspartame (la sucrette elle-même en apporte 0,1 à cause de l'excipient qui fait la matière du comprimé). À l'opposé, les polyols sont à peu près aussi énergétiques que le sucre (on les qualifie souvent d'édulcorants « nutritifs ») . En effet, il faut une masse égale ou supérieure à celle du sucre pour obtenir le même goût et, en plus, ils sont aussi énergétiques que le sucre (lorsqu'ils sont totalement assimilés) ou seulement moitié moins (pour les polyols partiellement assimilés).

Marie-Laure MOINET
" Le faux sucre contre le vrai . "
Science & Vie n° 862 , juillet 1989.

- 1) Un **édulcorant intense** a-t-il un **pouvoir sucrant** > ou < 1 ?
Un **édulcorant intense** a un **pouvoir sucrant** bien supérieur à 1.
- 2) Pourquoi dit-on que le **fructose** est-il moins énergétique que le **saccharose** (sucre ordinaire) ?
Pour le goût sucré de 30 g de saccharose, il ne faut que 23 g de fructose : on utilise moins de fructose que de saccharose pour obtenir le même goût, ce qui indique que le fructose est moins énergétique que le saccharose.
- 3) Pourquoi ne peut-on pas remplacer le sucre par un édulcorant tel que l'**aspartame** pour la fabrication des pâtisseries ?



Les propriétés chimiques de l'aspartame (protéine) ne sont pas les mêmes que celles du saccharose. La cuisine étant de la chimie, l'aspartame ne réagira pas de la même manière que le vrai sucre. Difficile, notamment, d'envisager la caramélisation de l'aspartame...

Par ailleurs, l'aspartame en tant que tel ne tient pas la cuisson : cette molécule se modifie avec la température, perd son pouvoir sucrant, et forme des composés qui ne sont pas nécessairement inoffensifs.

4) On utilise en biscuiterie du **sorbitol**, qui a un pouvoir sucrant inférieur à celui du sucre, comme **agent de charge**. Que veut dire cette expression ?

Pour un même goût sucré, il faut davantage de sorbitol que de saccharose : la masse du produit fini est donc plus importante, car « chargée » par le sorbitol qui apporte plus de matière que le saccharose.