

Eric Bausson

II. CHIMIE ET BIEN-ÊTRE

Parties des programmes de physique-chimie associées :

Programme de la spécialité physique-chimie de terminale générale :

- Partie « Constitution et transformations de la matière »

Programmes de première et de terminale ST2S

- Parties « Prévenir et sécuriser » et « Analyser et diagnostiquer »

MOTS-CLÉS :

nutriments, dépense énergétique, combustion, oxydo-réduction.

ANGLE CHOISI :

Le colloque « Chimie et sports » du 7 février 2024 et plus précisément la conférence de Mme Irène Margaritis ([Sport et nutrition : les suppléments, utiles ou pratique à risque ?](#)) a été un élément déclencheur de questionnements autour de l'alimentation.



Colloque Chimie et Sports en cette année Olympique et Paralympique. © Mediachimie

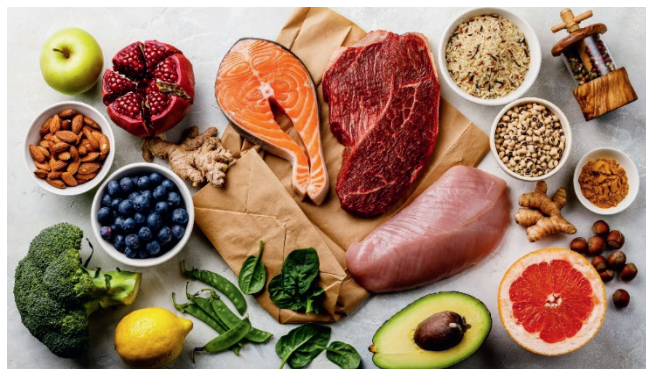
A. Introduction

Le colloque « [Chimie et sports en cette année olympique et paralympique](#) » du 7 février 2024 organisé par la [Fondation de la Maison de la Chimie](#) a mis en lumière quelques points clés sur la préparation des sportifs en quête de performances et de leurs équipements. Pour tout être humain, il est fortement recommandé d'appliquer bon nombre de ces principes au quotidien. L'alimentation en est un parfait exemple, car même si cela peut sembler évident, il est bon de rappeler que si elle est saine et équilibrée, elle ne peut que renforcer le bien-être d'une personne.

B. L'alimentation, source de bien-être

Les besoins en eau et en nutriments sont quotidiens pour tout être humain et ceux-ci sont bien entendu plus importants pour les sportifs de haut niveau en quête de performances.

Les nutriments sont regroupés en deux catégories les macronutriments (protides, glucides, lipides) et les micronutriments (vitamines, sels et oligoéléments). Les apports se font essentiellement avec notre alimentation.



Présentation d'aliments © Marmiton

Des aliments qui apportent des nutriments

Fruits frais
Fruits secs
Fruits transformés : compotes et fruits cuits
Oléagineux
Légumes
Pains et produits de panification raffinés
Pains et produits de panification complets
Féculeux raffinés
Féculeux complets
Produits transformés à base d'amidon sucrés/gras
Produits transformés à base d'amidon salés/gras
Légumineuses
Volaille
Viande hors volaille
Charcuterie
Œufs

Poissons gras
Autres poissons
Laits
Produits laitiers frais nature
Produits laitiers frais sucrés
Desserts sucrés lactés
Fromages
Beurre et beurres allégés
Huiles végétales riches en oméga 3 (ALA)
Huiles végétales et margarines
Sauces, crèmes fraîches et condiments
Produits sucrés ou sucrés/gras
Eau de boisson
Boissons sucrées de type soda
Jus de fruits
Sel

Que nous soyons sportifs ou non, il est utile d'avoir quelques points de repère pour se donner les moyens d'avoir une alimentation saine et équilibrée, comme les suivants.

Une base de repères valable pour tous

- Réduire considérablement la consommation de charcuterie (jambon, saucisson, saucisse, pâté...) < 25 g/j
- Maîtriser la consommation de viande hors volaille (bœuf, porc, agneau...) < 500 g/sem.
- Consommer moins de 1 verre /j de boissons sucrées (soda, jus de fruits)

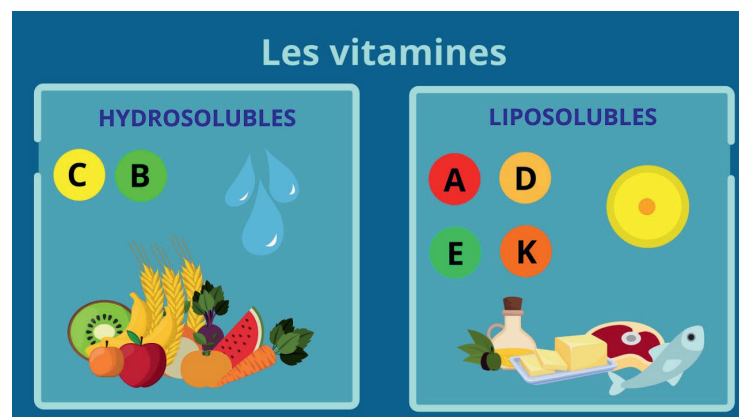


- Renforcer la consommation de fruits et légumes en privilégiant les légumes;
- Consommer 2 X/sem du poisson dont un poisson gras (Ex: sardine, maquereau);
- Consommer régulièrement des légumineuses (Ex: lentilles, fèves ou pois chiches);
- Privilégier les produits céréaliers complets (Ex: pain, pâtes et riz complets);
- Privilégier la consommation d'huiles végétales riches en acide alpha-linolénique (Ex: huiles de colza et de noix) et huile d'olive (riche en GMI).



AVIS et RAPPORT de l'Anses relatifs à l'Actualisation des repères du PNNS: Révision des repères de consommations alimentaires – Anses (2017)

Mais il faut être vigilant car il faut avoir en tête que des micronutriments, composés minéraux et organiques nécessaires aux réactions fondamentales du métabolisme cellulaire, ne sont pas tous synthétisés par le corps humain ou en quantité suffisante. Il faut donc qu'ils soient apportés par l'alimentation. Parmi eux, nous pouvons citer les vitamines hydrosolubles (B1, B6, B9, B12, C), liposolubles (A, E, D) et oligoéléments (fer, zinc, cuivre, sélénium).



Les vitamines hydrosolubles et liposolubles © AlphaAging

Mais tout n'est pas si simple : en effet, si une carence est bien sûr néfaste pour la performance, un excès peut être tout aussi dévastateur ! Les apports journaliers recommandés (AJR) et les limites de sécurité (LSS) sont des repères pour éviter l'apparition de carences ou d'excès en micronutriments.

Activité 1 : Qu'en est-il pour moi ?

Les dépenses énergétiques sont composées de trois facteurs :

- **La dépense énergétique minimale** (aussi appelée « métabolisme de base »). Il s'agit de la dépense minimum nécessaire à notre organisme pour faire fonctionner les organes au repos. Elle correspond aux deux tiers de la dépense énergétique quotidienne.
- **L'effet thermique des aliments**. C'est l'énergie nécessaire à la transformation des aliments (pour fabriquer du muscle par exemple). Cela correspond à 10 % de la dépense énergétique quotidienne.
- **Les dépenses liées à l'activité physique**. Elle est très variable d'un individu à l'autre.

La relation de Harris et Bénédic, améliorée en 1984 par Roza et Shizgal, permet de calculer la dépense énergétique quotidienne minimale, le métabolisme de base (MB), permettant aux organes d'un individu de fonctionner. Cette valeur MB est exprimée dans les formules ci-dessous en kilocalories (kcal).

Cette relation tient compte des facteurs influençant cette valeur, à savoir l'âge A en années, la masse M en kilogrammes, la taille T en mètre et le sexe de l'individu.

- Pour une femme : $MB_{\text{femme}} = 9,740M + 172,9 T - 4,737 A + 667,051$
- Pour un homme : $MB_{\text{homme}} = 13,707 M + 492,3 T - 6,673 A + 77,607$

Pour l'énergie, nous utilisons soit la calorie (cal), soit le joule (J) qui est l'unité officielle.

Pour passer de l'une à l'autre, voici les correspondances :

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J} \text{ et } 1000 \text{ J} = 239 \text{ cal,}$$

$$\text{sachant que } 1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal et } 1 \text{ kJ} = 1000 \text{ J.}$$

Suivant l'activité quotidienne de l'individu, sa dépense énergétique journalière se calcule en multipliant son métabolisme de base (MB) par un facteur, variant suivant l'intensité de l'activité physique.

	Facteur multiplicatif en tenant compte de l'intensité de l'activité physique			
	Nulle	Légère	Moyenne	Intense
Dépense énergétique journalière	1,3 MB	1,5 MB	1,7 MB	2,2 MB

- 1 Calculer votre dépense énergétique journalière lors d'une activité physique moyenne.

.....

.....

.....

.....

.....

C. Comment les besoins énergétiques de l'être humain sont-ils satisfaits ?

Nos aliments peuvent contenir des glucides (dont les sucres), des protéines (animales ou végétales), des lipides (huiles, beurre, etc.) et certains minéraux (ions calcium, magnésium, chlorure, etc.).

Rappel

A propos des glucides, seuls les glucides simples tels que glucose, fructose, galactose, saccharose, lactose et maltose sont des sucres. Les autres glucides, souvent appelés sucres lents, sont complexes et regroupent les céréales et produits céréaliers (pain, riz, pâtes, ..., pommes de terre, légumes secs (lentilles...)).

Nos aliments contiennent certains nutriments (glucides, lipides, protéines) qui, après combustion dans notre organisme, apportent l'énergie nécessaire à son bon fonctionnement. D'autres nutriments (ions, vitamines, etc.) sont indispensables mais ne sont pas énergétiques.

Suivant la nature du groupe alimentaire, l'énergie libérée après combustion dans notre organisme d'un gramme de celui-ci a pour valeur :

Groupe alimentaire	Énergie libérée (kJ)	Énergie libérée (kcal)
Glucides	17	4
Protéines	17	4
Lipides	38	9

Pour effectuer le calcul de l'énergie libérée par un aliment, il faut additionner les énergies libérées par la combustion dans notre organisme des groupes alimentaires (glucides, protéines, lipides) en tenant compte de leurs masses respectives. La lecture d'une étiquette alimentaire nous permet d'effectuer ce calcul.

Prenons l'exemple de pétales de blé complet, de riz, d'avoine complète et de chocolat noir :

$$E_{\text{totale}} = E_{\text{protéines}} \times m_{\text{protéines}} + E_{\text{glucides}} \times m_{\text{glucides}} + E_{\text{lipides}} \times m_{\text{lipides}}$$

$$E_{\text{totale}} = 17 \times 10 + 17 \times 71 + 38 \times 8,3$$

$$E_{\text{totale}} = 1\,700 \text{ kJ}$$

Cette valeur est très proche de celle affichée :

VALEURS NUTRITIONNELLES MOYENNES	Pour 100 g
Énergie	1751 kJ 416 kcal
Matières grasses	8,3 g
- dont acides gras saturés	4,3 g
Glucides	71 g
- dont sucres	12 g
Fibres alimentaires	8,4 g
Protéines	10 g
Sel	0,55 g
Magnésium	108 mg (29% des VNR [®])

D. Comment les transformations biochimiques des aliments produisent-elles de l'énergie ?

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 vingt et sont les constituants de base d'édifices moléculaires de dimensions plus importantes :

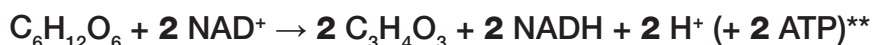
- les peptides sont constitués d'une dizaine d'acides aminés ;
- les protéines sont issues d'un assemblage complexe et ordonné d'un très grand nombre d'acides aminés.

Nos besoins en énergie dépendent de notre âge, de notre sexe, de notre masse corporelle et bien entendu de notre activité physique. Comme ordre de grandeur, nous retenons la valeur de 2000 kcal par jour.

Dans l'idéal, notre alimentation devrait nous apporter :

- 50 % de glucides (source d'énergie majoritaire utilisée par les cellules lors des efforts physiques) ;
- 33 % de lipides (source d'énergie minoritaire utilisée par les cellules lors des efforts physiques) ;
- 17 % de protides (source d'énergie pour la construction du corps).

Quelles que soient les conditions d'oxygénation des cellules, la première étape, la glycolyse, a toujours lieu car il s'agit d'une réaction d'oxydoréduction ne nécessitant pas de dioxygène. Cette transformation du glucose $C_6H_{12}O_6$ avec le coenzyme* NAD^+ forme deux molécules d'acide pyruvique $C_3H_4O_3$, suivant l'équation :



* Les coenzymes sont des molécules biologiques synthétisées uniquement par des cellules vivantes.

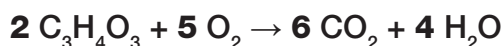
** L'ATP ou, adénosine triphosphate, est un nucléotide de la famille des purines servant à emmagasiner et à transporter de l'énergie. Il est constitué de l'adénine (une base azotée), du ribose (un sucre avec cinq atomes de carbone) et de trois groupes phosphates unis les uns aux autres par deux liaisons pyrophosphates à haut potentiel énergétique.

En filière aérobie, la combustion complète du glucose a donc pour équation, en combinant les trois transformations biochimiques (glycolyse – cycle de Krebs – chaîne respiratoire) :



Une mole de glucose libère donc 36 moles d'ATP.

Remarque : Une combustion est une réaction d'oxydoréduction mettant en jeu le dioxygène produisant du dioxyde de carbone et de l'eau. Prenons un autre exemple, celui de la combustion complète de l'acide pyruvique :



Si vous voulez en savoir (beaucoup) plus...

Visionner les conférences du colloque Chimie et sports en cette année Olympique et Paralympique du 7 février 2024, ici : www.mediachimie.org/ressource/chimie-et-sports-en-cette-année-olympique-et-paralympique-colloque-février-2024

Visionner également les deux vidéos :

- Quelle chimie dans le sport ? Épisode 1 : le métabolisme énergétique aérobie : www.mediachimie.org/ressource/quelle-chimie-dans-le-sport-episode-1-le-métabolisme-énergétique-aérobie
- Quelle chimie dans le sport ? épisode 2 : les métabolismes énergétiques anaérobies : www.mediachimie.org/ressource/quelle-chimie-dans-le-sport-episode-2-les-étabolismes-énergétiques-anaérobies

D'autres colloques « Chimie et ... » sont aussi sources d'informations en lien avec le bien-être.

Voici quelques liens vers trois conférences :

- [Le goût : de la molécule à la saveur](#) – Loïc Briand – Colloque « La chimie et les sens (22/02/2017) »
- [La chimie des sens ? Il y a tant de découvertes à faire !](#) – Hervé This – Colloque « La chimie et les sens (22/02/2017) »
- [Le microbiote, acteur et levier de santé](#) – Joël Doré – Colloque « Chimie et nouvelles thérapies (13/11/2019) »

N'hésitez pas à parcourir le site « Mediachimie », vaste source d'informations sur l'actualité chimique et sur l'orientation en lien avec la chimie.

En route vers le Grand Oral...

Parmi la multitude de questions que soulèvent ces documents du site Mediachimie, voici trois propositions de questions que vous pourriez aborder lors du Grand Oral accompagnées d'une proposition de mini plan. L'utilisation du moteur de recherche du site Mediachimie devrait vous permettre de recenser des ressources intéressantes en lien avec la question abordée.

Question 1 : Comment la chimie permet-elle d'optimiser l'alimentation d'un sportif ?

- A. Quels sont les besoins nutritionnels d'un sportif ?
- B. Que peut apporter la chimie dans l'alimentation d'un sportif ?
- C. Une alimentation équilibrée est-elle la clé de la performance de tout sportif ?
- D. Les compléments alimentaires, est-ce vraiment utile ?

Question 2 : Chimie et sport font-ils toujours bon ménage ?

- A. Comment les transformations biochimiques des aliments produisent-elles de l'énergie ?
- B. Le dopage chimique, qu'est-ce que c'est ?
- C. Quels sont les techniques d'analyse permettant de confondre les tricheurs à court ou moyen terme ?
- D. La performance à tout prix passe-t-elle par la prise en excès de produits dangereux pour la santé ?

Question 3 : La chimie est-elle une des clés de l'agriculture durable ?

Cette question a été traitée dans un précédent dossier du grand oral. Voici le [lien](#).

Activité 1

1. Voici quelques valeurs pour que vous puissiez vérifier si la vôtre est plausible...

Le métabolisme de base pour un homme de 20 ans, mesurant 1,80 m et pesant 70 kg est d'environ 1 500 kcal par jour. Celui d'une femme de 20 ans, mesurant 1,65 m et pesant 60 kg est d'environ 1 300 kcal par jour.

Il faut ensuite multiplier votre métabolisme de base par le facteur 1,7.

Activité 2

1. Pour chaque boisson de récupération, il faut déterminer le taux de protéines et constater s'il est supérieur ou non à 30 % au niveau de l'apport calorifique (énergie). Pour cela, il faut travailler dans la même unité (kcal ou kJ) pour les énergies totales et apportées uniquement pour les protéines.

Composition pour 100 g	Speed Récup Nutrisens®	Rego Rapid Recovery®
Protéines (g)	11,6	40
Énergie correspondante (kcal)	$11,6 \times 4 = 46$	$40 \times 4 = 160$
Énergie correspondante (kJ)	$88 \times 4,18 = 192$	$160 \times 4,18 = 669$
Énergie totale (kJ)	1456	1565
Énergie totale (kcal)	$1456 / 4,18 = 348$	$1565 / 4,18 = 374$
% énergie totale apportée par les protéines	$46 / 348$ ou $192 / 1456 = 13 \%$	$160 / 374$ ou $669 / 1565 = 43 \%$

Seule la boisson de récupération préparée à partir du Rego Rapid Recovery® convient car elle a un taux supérieur à 30 % en apport calorifique dû aux protéines.

Activité 3

1. Lors d'un effort musculaire de plus en plus intense, il faut donc qu'il y ait un apport de plus en plus important de glucose $C_6H_{12}O_6$ et de dioxygène O_2 .

La respiration doit donc être de plus en plus importante pour que le volume de dioxygène inhalé augmente et puisse passer dans le sang. Pour que le dioxygène et les nutriments, en majorité le glucose, parviennent le plus vite possible aux muscles, via le sang, pour répondre à la demande, il faut donc que la fréquence cardiaque augmente.

Les performances d'un sportif sont donc liées à sa puissance musculaire, à sa respiration et à son rythme cardiaque

II. ET APRÈS LE BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL, QUELLES ORIENTATIONS POSSIBLES DANS LE SECTEUR DE LA CHIMIE ?

Le domaine de l'alimentation fait appel à la fois aux agronomes, aux biologistes, aux chimistes, aux biochimistes, aux biotechnologistes...

Les experts de l'INRA, Institut national pour la recherche agronomique, et de l'AFSA, Agence française de sécurité sanitaire des aliments et les industriels de l'agroalimentaire, ont une préoccupation majeure : la sécurité des aliments, de leurs qualités nutritive et gustative et bien entendu de leur non-toxicité. Pour cela, des recherches sur les mécanismes biologiques de la nutrition, sur les effets des substances étrangères sur le métabolisme et donc sur la santé sont nécessaires. Il en est de même pour la mise en place de méthodes de surveillance formalisées et rigoureuses à tous les niveaux et pour tous les acteurs de la chaîne alimentaire.



© laboratoire Agroqual DR.

Pour ce qui est de l'alimentation des sportifs, la consommation de certains compléments alimentaires ou de médicaments peut conduire à du dopage. Il est donc indispensable que le sportif connaisse avec précision les compositions et la nature des produits qu'il consomme.

Dans la chaîne alimentaire, le chimiste est impliqué de l'amont à l'aval, dans la préparation, la séparation, la purification, la synthèse, de certains adjuvants, parfums, produits transformés... Tout au long de cette chaîne, les chimistes analystes mettent en œuvre leurs différentes méthodes physicochimiques d'analyses qualitatives et quantitatives nécessaires pour contribuer à la sécurité alimentaire.



Laboratoire contrôle de dopage © INRS

Un exemple bien connu de synthèse est celui de la vanilline, molécule naturelle qui donne son goût à la vanille. Dans de nombreuses préparations la vanilline utilisée est un produit de synthèse chimique. Pour d'autres exemples consulter la ressource [La chimie enrichit nos assiettes](#).

En matière sportive, les analystes contribuent avec les médecins et les biologistes au dépistage du dopage, que ce soit dans les urines, le sang, la salive...

Pour connaître les métiers associés à l'analyse, on consultera la fiche synthétique [Les chimistes dans : La traque de l'infiniment petit](#) et le domaine [Analyse laboratoire et Contrôle qualité](#) sur l'espace métiers de Mediachimie où trois métiers incontournables de ce domaine sont décrits :

- [Responsable de laboratoire d'analyses / contrôle qualité \(H/F\)](#)
- [Technicien d'analyse chimie / physico-chimie \(H/F\)](#)
- [Technicien chimiste \(H/F\)](#)

Dans le domaine de la synthèse et de la production on consultera les fiches métiers :

- [Responsable du développement des procédés chimiques et/ou biotechnologiques \(H/F\)](#)
- [Ingénieur chimiste Procédés \(H/F\)](#)
- [Technicien Génie des procédés / Génie chimique \(H/F\)](#)
- [Ingénieur production \(H/F\)](#)
- [Technicien de fabrication / production \(H/F\)](#)

Pour ce qui est de l'apport de la chimie dans l'alimentaire, on pourra consulter quelques exemples d'application parmi les ressources de Mediachimie :

- [Réglementation de l'évaluation des risques alimentaires : la place de la chimie](#) – V. Baduel
- [L'ingénierie des réactions chimiques dans l'élaboration des aliments](#) – G. Trys-tam et C. Bonazzi
- [La construction des aliments : une question de chimie](#) – M. Anton et M. Axelos
- [Alimentation : les différentes facettes de la qualité](#) – D'après la conférence de Xavier Leverage
- [La chimie au service du goût](#) – Patrick Etiévant

Partie orientation proposée et rédigée par Françoise Brénon
et Gérard Roussel (Maison de la Chimie)