De la nutrition

Prologue II

©Amanuensis

2024/08/25

Lien de publication de la version courante:

<http://www.lahri.org/public/Nutrition-humaine.pdf>

Textes et dessins, ©Amanuensis

Commentaires: [https:](https://forums.futura-sciences.com/biologie/951592-nutrition-prologue-ii.html)

[//forums.futura-sciences.com/biologie/951592-nutrition-prologue-ii.html](https://forums.futura-sciences.com/biologie/951592-nutrition-prologue-ii.html)

Contact avec l'auteur: amanuensis at lahari.org

Ma référence : Nutrition-humaine - v1.0

Sommaire

Introduction et rappels	2
Les bilatériens	3
Distinction entre la nutrition des cellules et la nutrition de l'organisme	4
Le système digestif	5
Deux processus de digestion	5
Conséquences pour la nutrition de l'organisme	6
Les énergivores	7
Résumé	7
Annexe : Le besoin en énergie	9
L'œuf	10
L'évolution vers le gaspillage énergétique	11

Introduction et rappels

Un essai précédent, portant sur la nutrition du vivant en général, a mis en perspective les êtres humains comme partageant du point de vue nutritionnel nombre des caractères de la plupart des animaux.

En tant qu'animaux vrais (eumétazoaires) ce sont des organismes multicellulaires, les cellules sont eucaryotes, différenciées avec des cellules et des organes spécialisés.

Les animaux sont des hétérotrophes, au sens où les besoins nutritifs sont quasi entièrement remplis par l'oxygène de l'air et de la matière d'origine vivante (leur nourriture). Cette matière fournit aussi bien la matière brute pour la croissance et la maintenance, que de la matière réductrice destinée à l'énergie. Le plus gros de leur énergie est obtenu par la combinaison de cette matière réductrice avec le dioxygène de l'air (combustion, oxydation par l'oxygène).

Les animaux sont incapables de survivre directement à partir de ressources indépendantes du vivant, comme l'énergie solaire, le CO_2 et le N_2 de l'air ou le minéral, qui sont pourtant les bases de la nutrition de la biosphère vue comme un tout. Les deux principaux atomes en dehors de ceux qu'amène l'eau, les atomes de carbone et d'azote, sont

obtenus « tout préparés », dans un état simplifiant leur usage (réduit), dans la matière organique constituant leur nourriture.

Les animaux sont, pour la plupart, plus précisément des biophages, trouvant la matière organique dont ils ont besoin dans de la matière vivante ou fraîchement tuée (êtres vivants ou portions d'êtres vivants), que ce soit par prédation, par broutage, parasitisme ou autre.

La nutrition des êtres humains a bien sûr quelques aspects spécifiques, propres à l'espèce ou à un clade les incluant. Mais c'est une variation sur une approche commune à la plupart des animaux, et surtout d'une partie d'entre eux, les bilatériens, un vaste groupe incluant en particulier les vertébrés, et donc les humains.

Les bilatériens

Au sein des lignées des bilatériens se sont développées des techniques avancées de prédation, permettant la recherche active d'êtres vivants comme nourriture, ainsi qu'une anatomie adaptée. Ces techniques incluent le repérage des proies via les sens, le déplacement volontaire et dirigé (muscles), et la coordination entre les sens et le mouvement volontaire, effectué par le système nerveux.

Les bilatériens sont, sauf exceptions, surtout particuliers par leur anatomie, qui est organisée autour d'un tube (le tube digestif) dans lequel de la matière organique (encore vivante ou pas) est introduite, gardée captive, déstructurée et dont sont extraits les nutriments (digestion). C'est l'équivalent multicellulaire de la phagocytose chez des unicellulaires.

Dans la conformation de base, le tube digestif détermine un avant et un arrière de l'organisme ; la pesanteur détermine un dessus et un dessous ; la symétrie restante est à l'origine du nom des bilatériens. Ce groupe inclut aussi bien les mammifères ou les poissons que des vers, les insectes ou les mollusques, etc., tout en excluant d'autres animaux comme les éponges ou les méduses, tout aussi biophages mais d'organisations différentes.

Les êtres humains ont une physiologie de bilatériens typiques, même si la symétrie est modifiée. La nutrition au sens étroit, celui utilisé couramment pour les humains et plus généralement les bilatériens, couvre seulement ce qui est ingéré et traité par le tube digestif.

En conclusion, on peut présenter le cas des bilatériens (dont la lignée humaine) dans la perspective générale de la nutrition du vivant. Ils sont totalement dépendants du reste du

vivant pour leur nutrition (hétérotrophes). Pour la plupart ¹ ils pratiquent la biophagie. Les bilatériens sont particulièrement adaptés à la prédation (ce qui inclut aussi bien la prédation d'autres animaux que de végétaux ou d'autres lignées du vivant).

Distinction entre la nutrition des cellules et la nutrition de l'organisme

Un être vivant unicellulaire ou une cellule vivante qui n'utilise pas directement l'énergie de la lumière, se nourrit en puisant dans son environnement *immédiat*, typiquement aqueux. Ce milieu est plus ou moins riche, et se nourrir demande des fonctions plus ou moins variées et complexes selon la richesse du milieu.

Dans le cas d'organismes multi-cellulaires, le milieu immédiat de la plupart des cellules est le liquide intercellulaire, et des mécanismes maintiennent ce milieu suffisamment riche en nutriments et en oxygène, compensant leur consommation

Chez les bilatériens les nutriments viennent du tube digestif, et sont distribués dans le milieu intercellulaire soit par diffusion, pour les petits organismes, ou par le système sanguin pour les plus gros. Dans les deux cas, le tube digestif et ses annexes sont dédiés au traitement de la nourriture brute. Comme son nom l'indique c'est un tube avec deux extrémités ouvertes, dans lequel la nourriture brute progresse de l'avant (bouche) à l'arrière, et dont la fonction est l'extraction des nutriments. Ces nutriments bien préparés sont ensuite distribués aux autres cellules de l'organisme.

On doit donc distinguer la nutrition des cellules, à partir du liquide intercellulaire, et la nutrition de l'organisme, consistant en l'ingestion de la nourriture brute et sa digestion.

La nutrition des cellules

Dans le cas des gros bilatériens, dont les vertébrés et donc les humains, la distribution des substances nutritives (et le dioxygène) est assurée par la circulation sanguine. Le sang assure la stationnarité de la composition du liquide intercellulaire alors que les cellules y prennent ce qui leur est utile et y rejettent leurs déchets. Cela est compensé par des traitements du sang par différents organes, comme le foie, les reins, etc., et in fine par les poumons et le système digestif.

1. Il y a de nombreuses exceptions, réelles—colibris, ou apparentes (dans bien des cas, la nourriture effective est les microorganismes et champignons faisant pourrir la nourriture ingérée, et non directement celle-ci) —lombrics, termites, ruminants.

Le sang

Le sang est l'interface entre la nutrition de l'organisme et la nutrition des cellules.

Du point de vue nutritionnel, cela concerne la composition du sang pour les substances suivantes:

- des réducteurs pour l'énergie (glucose, acides gras, ...);
- des acides aminés (amenant l'azote réduit);
- d'autres composés avec carbone réduit pour la construction/réparation;
- ions métalliques, phosphates, ...;
- d'autres substances utiles, vitamines, cholestérol,

On trouve là une division courante des nutriments: d'une part les macro-nutriments dont les protéines (qui amènent les acides aminés), et les réducteurs (glucides, lipides), et d'autres part les micro-nutriments.

Le système digestif

La nutrition des cellules, et donc ce qui passe par le sang est la finalité de la nutrition de l'organisme. Celle-ci est la fonction du tube digestif et ses annexes.

L'acquisition de la nourriture consiste à trouver les êtres vivants ou récemment tués, ou parties de ceux-ci, ou autres, à les introduire dans le tube digestif (les ingérer), les réduire en bouillie, à en tirer les substances nutritives par différents processus chimiques et enfin à faire passer les nutriments dans le sang.

C'est suffisamment connu pour que cet essai se limite à quelques aspects utiles à développer. Un premier point est la distinction entre deux processus de digestion, un étant par les moyens propres à l'organisme, l'autre étant l'assistance de micro-organismes hébergés dans une zone du tube digestif protégée de l'oxygène de l'air. Un deuxième point significatif est les fortes limitations du premier processus, l'extraction des substances utiles faite par l'intestin grêle. Un troisième point, quasi spécifique à l'espèce humaine, concerne les traitements avant ingestion (ce dernier point n'est pas développé dans cet essai).

Deux processus de digestion

Chez de nombreux bilatériens on peut distinguer deux types de processus pour extraire de la nourriture brute les substances nutritives. L'un (le premier chez les êtres humains) est une suite de traitements chimiques par ajout de produits sécrétés par les cellules

bordant la lumière du tube, comme des acides (dans l'estomac), des correcteurs d'acidité, des enzymes, des molécules émulsionnant (sels biliaires), /ldots.

Un point critique est que ces processus sont assez spécialisés dans l'extraction d'un nombre limité de familles de molécules, dont les acides aminés (obtenus à partir des protéines), les lipides, et quelques « sucres élémentaires » comme le glucose (obtenus à partir de certains glucides, qu'on dira digestibles).

Ce premier processus est très efficace pour les nutriments qu'il est capable d'extraire. Un second processus, de la « digestion assistée par microorganismes », opère sur une bien plus grande gamme de nourritures brutes.

Zone anaérobie

Ce second processus consiste à faire fermenter la bouillie par des micro-organismes.

Une particularité notable du principe du tube digestif est qu'il est au premier ordre hors oxygène. Les entrée et sortie sont telles que l'air ne peut pas passer en grande quantité. Cette propriété est exploitée de différentes manières par certaines espèces pour favoriser une fermentation anaérobie de la nourriture par des micro-organismes, des êtres vivants microscopiques hébergés dans le tube.

L'absence d'oxygène limite fortement l'énergie que ces microbes peuvent tirer de la matière organique. Les micro-organismes en question vont procéder à de la fermentation pour se nourrir, tout en rejetant directement, ou suite à leur mort, des substances exploitables par le cellules bordant le tube. Ces substances sont utilisées par ces cellules, ou passent dans la circulation sanguine, et toute leur énergie peut en être tirée en les oxydant par l'oxygène de l'air.

Chez certains animaux, la fermentation assistée par micro-organismes est la forme de digestion dominante. C'est le cas des ruminants (bovidés par exemple) ou des termites. Chez eux c'est une pré-fermentation, avant le passage dans l'intestin. Chez d'autres, dont les humains, cela se passe après la digestion propre, principalement dans le côlon.

Conséquences pour la nutrition de l'organisme

Le fonctionnement, capacités et limitations, du processus digestif affectent directement la nourriture recherchée. Cela inclut d'une part ce que le premier processus sait exploiter, et d'autre part ce qui est adapté pour amener aux microorganismes une nourriture adaptée.

C'est ce qui permet de définir les « fibres alimentaires », substances non digérées par le premier processus mais exploitées par les microorganismes.

Au total, la nourriture des humains est d'abord du vivant ou fraîchement tué, la nourriture des biophages, , avec un accent particulier sur les fibres alimentaires. Plus, dans le cas des humains et de pas mal d'autres lignées de bilatériens (comme les petits oiseaux), une quantité importante de molécules réductrices source d'énergie par oxydation à l'oxygène de l'air.

Dans les cas extrême (dont les humains) le besoin en molécules énergétiques (couvert essentiellement par les réserves d'autres êtres vivants) est telle qu'il domine la nutrition, et qu'on pourrait parler d'énergivores.

Les énergivores

Cette domination dans la nutrition humaine des nutriments destinés à l'énergie mérite qu'on s'y arrête.

En pratique, cela justifie que l'on mesure au premier ordre la nourriture en unité d'énergie (calories dans le temps, joules maintenant).

On devrait s'étonner de cet effarant besoin en énergie. Ces besoins hors norme (comparés au reste du vivant) sont partagés par les bilatériens, à différents degrés. On trouvera en annexe quelques réflexions sur ce que l'auteur entend par là, et sur l'origine de cet état de fait.

Résumé

En résumé, du point de vue nutritionnel, les êtres humains sont des animaux bilatériens d'anatomie typique, et à besoins énergétiques très élevés.

En tant qu'animaux, le plus gros de leur énergie est obtenu par la consommation de réducteurs d'origine biologique par le dioxygène de l'air. Ils sont strictement hétérotrophes, incapables d'utiliser la lumière comme source d'énergie, ni d'utiliser le CO^2 et le N^2 de l'air comme matériaux bruts.

la nutrition des êtres humains est essentiellement celle de biophages (leur nourriture est de la matière vivante ou fraîchement tuée, ce qui leurs amène, entre autres, les matériaux

azotés—protéines—nécessaires), avec une prédilection pour les réserves de réducteurs (lipides et glucides) pour satisfaire leurs besoins énergétiques.

En tant que bilatériens, leur anatomie est organisée autour d'un tube digestif. Ils trouvent leur nourriture grâce au triplet sens, système nerveux, muscles. Cette nourriture est ingérée et traitée par le système digestif (tube digestif et annexes) pour fournir au reste de l'organisme principalement les acides aminés et les réducteurs nécessaires, ainsi que toute une gamme de micro-nutriments.

Il y a deux processus de digestion, le premier adapté à récupérer les acides aminés, ainsi certaines molécules réductrices, des lipides et certains glucides ; le second une digestion indirecte, via des microorganismes hébergés à l'abri de l'oxygène et qui utilisent une vaste palette de substances organiques par fermentation, en rejetant des déchets utilisables, dont des molécules réductrices.

Parmi les bilatériens, les humains sont particulièrement performants quant au système nerveux, ce qui leur permet une recherche très efficace de la nourriture : et ils ont développé des processus de traitements pré-ingestion de la nourriture, comme la cuisson, ce qui élargit encore la palette de nourriture (d'êtres vivants ou de leurs réserves) exploitable.

Cela amène à analyser la nutrition par catégorie de nutriments:

Les macro-nutriments:

- protéines
- réducteurs (lipides et glucides digestibles)
- fibres (pour nourrir le microbiote)

et les micro-nutriments, incluant des substances nécessaires en petites quantités, comme les sels minéraux ou les vitamines.

Une série d'essais vont aller plus loin dans la biologie de la nutrition humaine, limités aux macro-nutriments. L'ébauche de plan suit:

Sucre et fructose : Explore l'usage du terme « sucre », et ce que l'organisme fait du fructose, pour conclure que la division pertinente parmi les glucides ingérés n'est pas celle entre « glucides, dont sucres », mais selon qu'un glucide amène du fructose (cas du « sucre de table » (saccharose) ou non (cas de l'amidon).

Fibres : Explore l'usage du terme « fibre », et ce que l'organisme fait des « fibres alimentaires », en particulier leur fermentation dans les intestins.

Glucides : Explore l'usage du terme « glucides » (et apparentés, genre carbohydrates, sucres, ...), et en particulier ce que l'organisme fait du glucose, et la glycémie.

Lipides : Explore l'usage des termes comme « lipides », matière grasse, acides gras, glycérides, ... , et en particulier « le traitement par l'organisme » des acides gras (transport, stockage à long terme de réducteurs). Une annexe concerne la molécule de cholestérol.

Le rapport glucides/lipides : Glucides et lipides sont les deux principales classes de molécules réductrices composant l'apport énergétique (apport calorique) de la nourriture. L'essai explore les effets du dosage entre les deux, à apport énergétique total fixé.

La nourriture industrielle

Annexe : Le besoin en énergie

L'économie nutritionnelle des êtres vivants couvre une vaste dynamique, de très efficace à carrément du gaspillage à grande échelle.

Déjà, de quoi parle-t-on? D'un côté on a la consommation en nutriments, en énergie, ou encore en matériaux de disponibilité limitée, ce qui est aisément mesurable. L'autre côté est plus difficile à cerner. Une notion essentielle pour le vivant est celle de grossir (donc acquérir des matériaux et de l'énergie) et se reproduire. Mieux, la notion de sélection naturelle, au centre de la théorie de l'évolution du vivant, il y a la capacité à se reproduire dans un environnement donné.

Il semble donc pertinent de comparer la consommation et la capacité de reproduction.

Qualitativement, cela paraît simple. À un extrême, on peut prendre comme exemple des unicellulaires, comme des bactéries, qui consacrent leur vie à trouver leur alimentation, à grossir (métabolisme) puis à se diviser quand la masse a atteint le double de la valeur d'origine. D'un côté on a les dépenses énergétiques faites pour trouver l'alimentation et la traiter, et de l'autre la masse structurée obtenue. L'efficacité de la reproduction vs. consommation se mesure alors (pour l'apport énergétique) comme le rapport entre la consommation énergétique totale entre la division à l'origine de la cellule et sa division consécutive au doublement de sa masse, et la masse initiale de la cellule (qui est aussi celle de chacune de ses deux descendantes).

Cela a un rapport étroit avec la productivité d'une population. Dans le cas d'une population stable, la création de masse structurée est équilibrée par les pertes, qui sont souvent dominées par la prédation, ce que consomme l'étage immédiatement supérieur de la chaîne trophique.

À l'autre extrême on va trouver les gaspilleurs, des êtres vivants qui consomment énormément au cours d'un cycle reproductif. On peut prendre comme exemples la plupart des oiseaux, ou pas mal des mammifères, dont évidemment l'espèce humaine.

Prenons le cas des oiseaux, pour ne pas trop froisser les lecteurs. Ils combinent diverses sources de besoins énergétiques qui ne sont pas directement liés à la croissance en masse ou à la reproduction:

- L'homéothermie ;
- le coût de la reproduction sexuée : les mâles ne participent pas à la création de la masse structurelle de descendants, mais ont des besoins nutritifs ;
- la durée entre le début d'un organisme (lors de la fécondation) et l'âge de reproduction (faut bien se nourrir pendant ce temps) ;
- une longue vie : le maintien d'une population demande, en procréation bi-parentale, un descendant femelle se reproduisant (fille) par femelle se reproduisant (mère), mais la consommation se poursuit dans les périodes non reproductives ; on peut citer les albatros.

Chacun de ces points mériterait un développement, mais l'idée générale est là : beaucoup de consommation pour peu de reproduction. Néanmoins, le taux de reproduction est suffisant pour maintenir ou augmenter les effectifs de la population (dans l'environnement adapté), donc suffisant pour être un succès au sens du vivant.

La plupart des ces points se retrouvent chez les mammifères, en particulier chez les plus gros n'ayant qu'un enfant à la fois et une grande longévité (comme les éléphants, ou les « grands singes » (Hominoïdes) au sens des primates brachiateurs, gibbons, chimpanzées et apparentés, dont l'espèce humaine).

La notion d'efficacité est moins simple que pour un unicellulaire. Pour chiffrer la consommation par exemple en énergie, prenons une population homogène stable (une espèce par exemple). Le décès d'un individu demande alors son remplacement. Cela correspond à la fabrication d'une certaine masse, par reproduction. L'individu a dépensé une certaine quantité d'énergie dans sa vie, que l'on peut chiffrer. En divisant l'un par l'autre on obtient une quantité en énergie par masse, par exemple en kilojoules par gramme, kJ/g.

L'œuf

L'œuf de poule peut être utilisé pour une estimation grossière de l'énergie requise pour structurer en matière vivante des produits bruts comparables à la nourriture d'un biophage. Un œuf contient un embryon vivant de masse négligeable et des matériaux élaborés non structurés, essentiellement des protéines et des lipides. Ainsi que de l'eau et bien

d'autres molécules. L'œuf n'a avec l'extérieur de la coquille que des échanges gazeux, dont la vapeur d'eau, le dioxygène et le CO².

Si on part de chiffres grossiers, on a au début 50 g, dont 12 g de matière sèche ; et à l'éclosion un poussin de 40 g. Le contenu initial inclut 6 g de protéines et 5 g de lipides. Si on considère par approximation que seuls les lipides servent de source d'énergie (de réducteurs à consumer avec du dioxygène) donnant 37 kJ par gramme, il faut faire la différence entre l'œuf et le poussin. Ce dernier contient 6% de lipides, soit 2,4 g. La différence serait de 2,6 g, soit en arrondissant, 100 kJ.

Cela donne un rapport énergie sur masse finale de 2,5 kJ par gramme.

On peut interpréter cela comme le coût de la structuration à partir de molécules telles qu'un biophage les trouve.

Il manque l'énergie consommée pour trouver la nourriture brute et la traiter.

Dans le cas de l'œuf de poule, on peut approcher cela à l'énergie consommée par la mère le temps de faire l'œuf, soit un jour. Approchons cela par le cas humain, 140 kJ par kg et par jour. Une poule de 4 kg consommerait alors 420 kJ, dont la moitié se retrouverait dans l'œuf. Peut-être optimiste, une recherche dans les analyses agricoles pourrait donner de meilleures données... Avec cette approximation, on arrive à 520 kJ pour le poussin, soit 13 kJ/g.

Notons que c'est pour le poussin à l'éclosion, et non la poule.

Prenons maintenant un humain, et voyons quel chiffre on peut comparer à cela. 60 kg, 80 ans, 8 MJ/jour : 3900 kJ/g, en gros un facteur 300 en incluant la consommation de la poule, et 1500 sans.

Ce calcul est très approximatif, mais semble donner une idée du gâchis énergétique que représentent une bonne partie des gros mammifères et des oiseaux.

L'évolution vers le gaspillage énergétique

On peut se demander comment l'évolution a pu amener à un tel gaspillage. L'idée forte de la théorie de Darwin n'est-elle pas de se reproduire autant que possible? Pourquoi utiliser de grandes quantités d'énergie et de matière (comme des protéines) à autre chose qu'augmenter la quantité de matière vivante?

Ce n'est pas une nécessité. On peut citer quelques lignées de mammifères ayant évolué

vers plus de sobriété, comme les paresseux ou les koalas. On peut aussi comparer avec de nombreux « reptiles ».

Le gaspillage en énergie est dû à la combinaison de trois facteurs:

- 1) L'énorme disponibilité de matière vivante, grâce à la captation de l'énergie solaire ;
- 2) la fatalité voulant que la matière vivante soit réductrice, et que sa fabrication à partir de l'eau et du CO² dégage de l'oxygène ;
- 3) l'efficacité énergétique du système sens/cerveau/muscles pour accaparer de la matière vivante.

Le premier facteur permet les biophages. Le deuxième permet d'obtenir plein d'énergie en « brûlant » la matière vivante. Le troisième facteur fait qu'il n'y a pas de limite à la consommation énergétique, pas de facteur limitant.

En conséquence des lignées peuvent évoluer en augmentant leurs fonctionnalités sensorielles, cérébrales et/ou musculaires sans que le coût énergétique de ces fonctions en limite l'évolution, parce qu'elles permettent d'acquérir toujours plus d'énergie. Pour les sens on peut citer la vue des oiseaux, pour les muscles on peut citer la taille des baleines, des orques, des bovidés. Et pour le cérébral, on peut citer les êtres humains!