



LES APORTS DANS L'ALIMENTATION

« *Fais de sorte que ton aliment
soit ton médicament* »

Hippocrate 380 a. J.



L'homme est extraordinairement complexe, doté d'un métabolisme très élaboré, aux multiples transformations chimiques qui font appel à de nombreuses molécules de structures variées : protéines, acides nucléiques, sucres, lipides, médiateurs chimiques...

Optimiser le métabolisme, et donc être en bonne santé, relève d'un équilibre soigneux et plus particulièrement alimentaire.

De fait, les apports alimentaires sont les garants de la production d'énergie pour bâtir, grandir, communiquer, voir, marcher, penser, respirer, jouer... bref exister !

L'homme et son métabolisme : une usine chimique



Métabolisme :
ensemble des
transformations

biochimiques qui
se produisent au sein
de la cellule ou
de l'organisme.

Le métabolisme humain : deux processus, l'anabolisme et le catabolisme

Le métabolisme est le résultat de deux processus : l'anabolisme et le catabolisme.

Au cours de l'anabolisme, l'organisme va, à partir de substances plus au moins simples ingérées par l'alimentation, construire des structures

plus complexes utiles pour son existence alors que pendant le catabolisme, il va dégrader ou modifier les structures complexes en des molécules parfois plus simples, recyclables et profitables à son équilibre ou alors éliminables dans les urines ou les fèces.

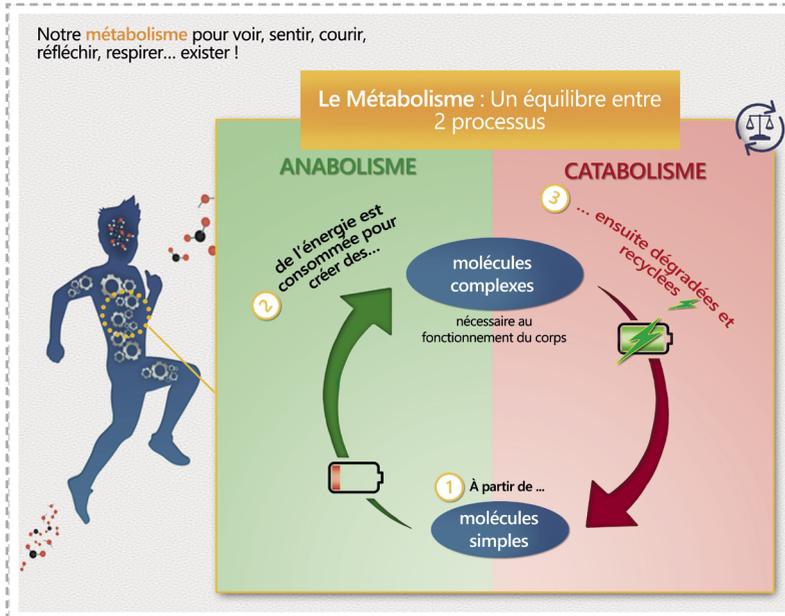


Figure 1

Le métabolisme humain.



Anabolisme :

(« ana » en grec « vers le haut »).

Ensemble des réactions qui assimilent les matières nutritives afin de produire de l'énergie, construire et renouveler les tissus vivants, promouvoir la communication...



Catabolisme :

(« cata » en grec « vers le bas »).

Phase au cours de laquelle les aliments assimilés sont transformés, éliminés ou recyclés

Le métabolisme du cholestérol

Il s'agit d'une molécule sophistiquée qui joue le rôle des briques de construction des parois de nos cellules en veillant sur leur perméabilité et leur souplesse.

Elle est synthétisée au niveau du foie à partir de l'acétate (communément le vinaigre) avec deux atomes de carbone, pour aboutir après 12 étapes de synthèse au cholestérol muni de 30 atomes de carbone ! Il s'agit de l'**anabolisme**.

Sa dégradation fait intervenir d'autres étapes chimiques, toujours au niveau du foie, pour produire des acides biliaires éliminables *via* la bile ou utilisables par recyclage pour la digestion. Il s'agit du **catabolisme**.



Énergie : stockage et production

Les réactions endothermiques et exothermiques

Pour assurer l'ensemble des fonctions vitales (maintien de la température interne à 37° C, la respiration, la digestion, l'activité des organes comme le cerveau et le cœur...), l'organisme humain consomme de l'énergie et pour la produire, plusieurs éléments sont indispensables : les glucides (glucose) et les lipides (gras) sont la source énergétique de choix.

En chimie comme dans la chimie du vivant (bio-chimie), il existe des réactions dites endothermiques, et des réactions dites exothermiques. Dans le premier cas, la réaction de transformations pour avoir lieu exige de l'énergie (endo = à l'intérieur), alors que dans le second cas, la réaction dégage de l'énergie (exo = à l'extérieur). Cette énergie le plus souvent est exprimée sous forme de chaleur ce qui explique le terme utilisé de « thermique » (thermico = chaud en grecque).

Les êtres vivants tirent leur énergie en utilisant d'abord des réactions exothermiques qui consistent à oxyder des nutriments comme les sucres et les acides gras.

Ceci est aussi vrai pour les plantes chlorophylliennes qui utilisent l'énergie des photons (Soleil) pour fabriquer, à partir de dioxyde de carbone, de la matière organique (sucres) qui pourra par la suite être oxydée.

Cependant, l'énergie dégagée par cette oxydation (par exemple, l'oxydation d'un gramme de glucides, « sucres », rapporte environ 4 kcals) n'est pas directement utilisée par les cellules.

En effet, il existe un relais moléculaire qui en jouant le rôle d'une pile ou batterie va accumuler l'ensemble de cette énergie dans sa structure chimique. Il s'agit de l'ATP (Adénosine TriPhosphate).



Dessin de la molécule D'ATP

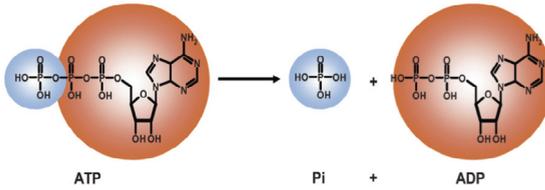


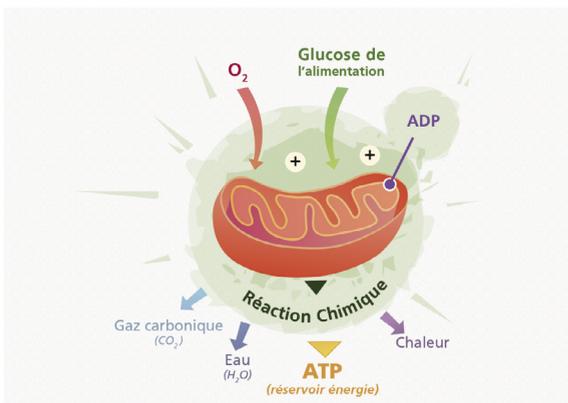
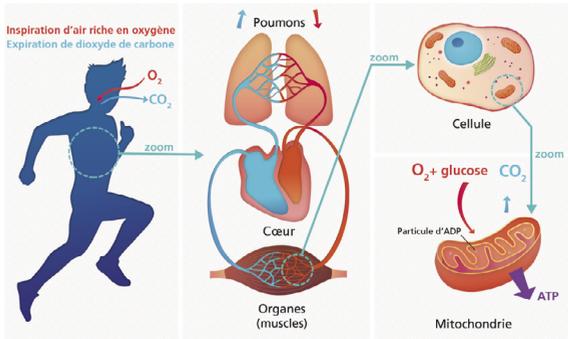
Figure 2

L'utilisation de l'énergie dans le fonctionnement des organes vitaux ou autres.

Comment cela fonctionne ?



Nous nous procurons cette énergie en respirant et en mangeant. Quand nous inspirons, l'oxygène de l'air est transporté par les globules rouges de notre sang, de nos poumons vers les milliards de cellules de notre corps et plus spécialement vers les **mitochondries** qui sont les « paumons » de nos cellules (*Figure ci-dessous*)





L'ATP dans le stockage et le transport de l'énergie

Il s'agit d'une molécule (*Fig. 2*) formée d'un sucre à cinq atomes de carbone, le désoxyribose, d'une base azotée, l'adénine, et d'une chaîne à trois acides phosphoriques.

La rupture de la liaison phosphodiester de l'ATP (voir *Fig. 2*) va alors procurer au moment demandé l'énergie nécessaire pour que les réactions métaboliques endothermiques puissent avoir lieu.

Le système de conversion est suffisamment intelligent, pour que le processus du transfert de l'énergie se passe sans déperdition de chaleur ; les molécules partenaires commencent d'abord à se « coller » l'une à l'autre.

Ainsi l'énergie dégagée se propage « de corps à corps ».

Le stock de l'ATP n'est pas élevé ; par conséquent, l'organisme doit être prêt à en fabriquer rapidement au fur et à mesure de la demande.



Voici un calcul, certes approximatif, qui donne un ordre d'idée numérique des événements énergétiques nécessaires à la vie d'un être humain.

La consommation énergétique moyenne d'un individu est environ de 2000 kcal/24 h.

Cette énergie contenue pour l'essentiel dans les glucides/lipides doit, après oxydation, servir à fabriquer de l'ATP. Le rendement de la conversion énergétique est d'environ 50 %, l'autre moitié sert à dégager de la chaleur pour le maintien de la température corporelle, il ne faut donc compter que sur 1000 kcal stockés sous forme d'ATP pour les besoins métaboliques.



Remarque

1000 kcal représentent l'équivalent de 1,2 kW d'une lampe LED (sans déperdition de chaleur).

Les 1000 kcal fournis aux cellules correspondent à l'hydrolyse d'environ 45 kg d'ATP.

Le stock en ATP étant de 50 g, il faut que l'organisme répète cette opération 450 fois/jour, soit une fois toutes les trois minutes !

Les protéines

Les protéines sont l'ultime solution pour la production d'énergie nécessaire aux besoins quotidiens. En période de jeûne, lorsque le glucose est épuisé, l'organisme va transférer les acides aminés résultant de la coupure des protéines des muscles vers le foie.

Le foie va alors procéder à la synthèse du glucose *via* la voie synthétique dite de néoglucogenèse, et le distribuer vers les cellules en commençant par les globules rouges dites gluco-dépendants car incapables de synthétiser du glucose par eux-mêmes.

Si ce processus était habituel, une « fonte » rapide du tissu musculaire en serait la conséquence visible.

La structure des protéines : les acides aminés

Les protéines sont constituées par un enchaînement de certaines, voire de plusieurs centaines d'acides aminés. Le code génétique humain compte vingt acides aminés (voir *figure 5* ci-dessous) ; certains peuvent être synthétisés par les cellules et d'autres, dits acides aminés essentiels, sont apportés par l'alimentation.

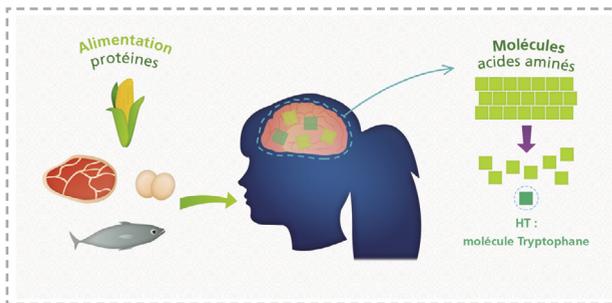


Figure 4

Les acides aminés essentiels fournis par l'alimentation.

Exemple : le tryptophane, la phénylalanine et l'histidine sont synthétisés par les plantes et les microorganismes.

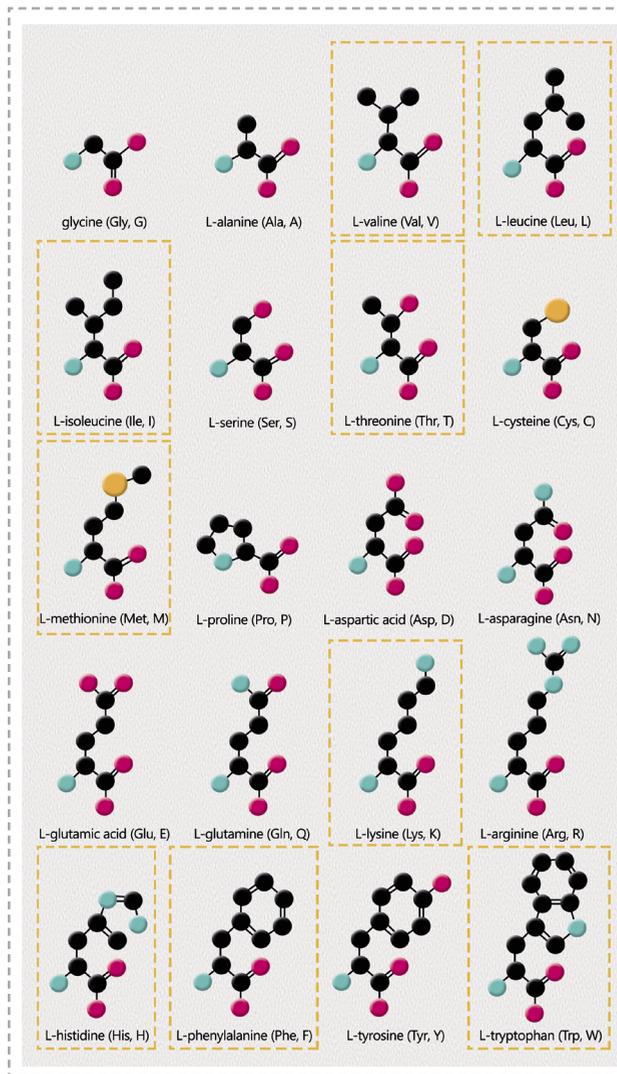


Figure 5

Les 20 acides aminés du code génétique humain.



Si la contribution directe des protéines à la génération d'énergie est inférieure à 10 %, leur contribution indirecte est décisive pour un métabolisme optimal.

Ainsi, au-delà des protéines de structure et de constitution des tissus (collagène, peau, kératine, cheveux et ongles...), nous trouvons toutes les protéines à activité biologique.

Protéines à activité biologique

Les enzymes

Il s'agit des protéines dotées de propriétés catalytiques, c'est-à-dire à des quantités infimes et non-stœchiométriques, sont capables de se complexer avec les réactifs (A et B) d'une réaction, d'abaisser l'énergie nécessaire à leur activation, et ainsi accélérer leur conversion en de nouveaux produits (C et D).



On estime que plus de 5 000 réactions différentes dans nos cellules ont besoin des enzymes qui assurent des opérations complexes comme celles de copier le matériel génétique (ADN), de décomposer les produits alimentaires (protéinases, galactosidases lipases... responsables du métabolisme des protéines, des glucides et des lipides), de fabriquer des molécules simples ou compliquées comme l'exemple du cholestérol que nous avons vu précédemment.

Les hormones

Ce sont des substances chimiques, le plus souvent de nature protéique, synthétisées par les glandes et secrétées dans le sang. Pendant leur circulation, elles interagissent avec des récepteurs des cellules pour transmettre un message chimique.

Elles assurent une mission de communication qui au contraire de celle assurée par les cellules nerveuses, est lente, continue et diffuse. Elle régule l'activité de plusieurs organes et modifie leur comportement. Il existe de nombreuses hormones qui agissent entre autres sur la croissance, la sexualité, la maternité, les humeurs...

Un exemple à l'origine de pathologies graves (hypo et hyper-glycémie) de diagnostic vital compromettant est l'insuline.



L'insuline

Elle est sécrétée par le pancréas et a un effet déterminant sur le métabolisme des glucides, lipides et protéines en favorisant l'absorption du glucose présent dans le sang par les cellules adipeuses, les cellules du foie, comme celles des muscles squelettiques.

Ainsi la libération du glucose par le foie dans le sang est très fortement limitée par le taux sanguin élevé en insuline.

Les protéines de transport

Ce sont des molécules « cargos », responsables du trafic des micro- ou macromolécules, à l'intérieur de la cellule comme entre les cellules. Elles sont indispensables pour notre édifice organique comme pour notre fonctionnement.

Reprenons l'exemple du cholestérol, tellement indispensable à l'édifice cellulaire.

Le cholestérol ne sait pas circuler dans l'eau, en effet, cette molécule a peur de l'eau et aussitôt précipite sous forme solide ; il s'agit d'une molécule dite hydrophobe.



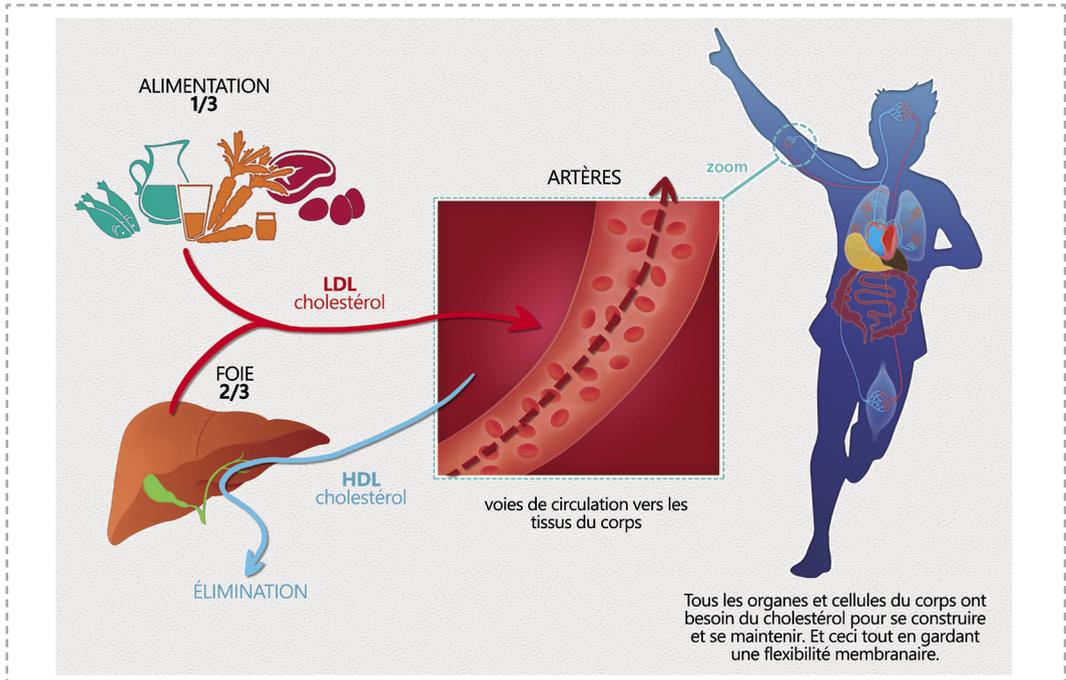
Hydrophobe :
qui évite l'eau.

Comme le milieu de notre sang est aqueux, il a fallu que l'organisme fabrique des molécules « cargos » spécifiques pour que le cholestérol puisse voyager à travers nos artères et veines et atteindre l'ensemble de nos organes et tissus. Il s'agit des protéines LDL et HDL (*Low/High Density Lipoproteines*).

Les LDL transportent le cholestérol du foie (usine de production et du stockage) vers les organes demandeurs à travers la circulation sanguine. Les HDL se chargent du rapatriement vers le foie de tout excès au niveau de la circulation. Ainsi, un équilibre s'installe entre l'offre et la demande, on parle de l'homéostasie.

D'autres exemples de protéines de transport ne manquent pas ; citons l'hémoglobine, protéine chargée, grâce au fer qu'elle porte en son sein, de véhiculer l'oxygène à l'ensemble de notre corps. L'oxygène libéré va servir de carburant de première intention pour les glucides et lipides, source d'énergie pour toutes nos cellules.

Il existe de nombreuses autres protéines à activité biologique que nous ne décrivons pas dans ce chapitre.



À titre d'exemple, n'oublions pas les protéines contractiles des muscles (myosine et actine), les protéines de réserve, les protéines impliquées dans notre défense telles que les immunoglobulines...

Figure 6

Les protéines de transport du cholestérol.

Les vitamines

Il s'agit de substances organiques, compléments alimentaires indispensables et nécessaires à faible quantité, au métabolisme d'un être vivant. Sauf pour de rares exceptions, par exemple la vitamine D, elles sont pour l'essentiel amenées par l'alimentation et ne sont pas synthétisées par l'organisme.

Elles sont classées suivant leur solubilité dans les graisses (liposolubles) ou dans l'eau (hydrosoluble), à savoir :

- vitamines liposolubles : A, E, D et K, elles sont fournies par les substances lipidiques (huile des poissons, beurre...);
- vitamines hydrosolubles : B1, 2 ... B12, C..., elles sont procurées pour l'essentiel par les fruits, les légumes, les céréales complètes...



Elles peuvent aussi être classées suivant leur mécanisme d'action :

- par leur action au niveau nucléaire (noyaux des cellules). Elles modifient la transcription du message génétique (ADN) en acides nucléiques messagers (ARN), et en conséquence le contenu en protéines. Exemple : vitamine A et D ;
- par leur action d'antioxydant en inactivant les radicaux libres, « la rouille du vivant », soit au niveau membranaire (vitamine E) soit au niveau circulant (vitamine C) ;
- par leur active participation au niveau métabolique, en particulier des acides aminés par le transfert des groupements chimiques tels que : le dioxyde de carbone (CO_2), le méthyle (CH_3) ou l'amine (NH_2), (vitamines du groupe B en général) ;
- par leur intervention au niveau du processus oxydatif par un transfert d'électrons efficace. On trouve le NAD (Nicotinamide-Adénine-Di nucléotide), l'acide ascorbique (vitamine C), la riboflavine (vitamine B2) et la vitamine K.

La vitamine C

Elle joue un rôle important dans les fonctions hormonales surrénaliennes et sexuelles, dans le métabolisme du fer en favorisant son absorption intestinale, le métabolisme des glucides, lipides et protéines. Enfin, elle favorise la biosynthèse du collagène qui intervient dans la tonicité de la peau.

Elle agit de plus sur :

- le métabolisme cérébral et musculaire ;
- les mécanismes d'ossification et de défenses immunitaires ;
- les mécanismes de défense contre l'oxydation par des radicaux libres.

La vitamine D

Elle est liposoluble et se trouve dans l'alimentation (la légende de l'huile de foie de morue) et est aussi synthétisée par l'organisme à partir de l'ergostérol, un dérivé du cholestérol.

Sa synthèse ne peut avoir lieu que grâce à l'action des UVB (rayonnement du Soleil), c'est pourquoi il est important d'exposer raisonnablement les enfants à la lumière du jour.

Elle va jouer un rôle primordial dans le processus d'ossification (minéralisation osseuse) du squelette, des articulations, comme dans la tonicité musculaire.



Figure 7

Les différentes vitamines.

Les oligoéléments

Les oligoéléments (les éléments en petites quantité, du grec oligo = peu), opposés aux macroéléments comme le calcium que l'on trouve dans l'organisme en quantités importantes, vont, pour l'essentiel, jouer un rôle primordial dans différentes fonctions de l'organisme, à savoir :

- la respiration et l'oxygénation des muscles ;
- l'apport en énergie indirect en synergie avec des enzymes du métabolisme humain ;
- la résistance contre les infections, le vieillissement cellulaire ;
- la régulation hormonale...



Quelques oligoéléments

L'**iode** : régulateur des hormones thyroïdiennes, il joue un rôle fondamental dans la stabilité pondérale.

Le **fer** : constituant de l'hémoglobine, fixateur de l'oxygène, joue le rôle primordial dans son transport vers tous les tissus afin d'assurer leur métabolisme et survie.

Le **sélénium** : indispensable pour le bon fonctionnement cérébral et l'équilibre psychique et par son action d'antioxydant, il protège le système cardiovasculaire.

Le **magnésium** : élément indispensable pour de nombreuses enzymes catalysant des réactions métaboliques.

Il a un rôle dans la régulation du système nerveux, psychique et émotionnel. Il est essentiel pour la décontraction des muscles et prévient les troubles du sommeil. En combinaison avec le **lithium**, il joue un rôle d'antistress.

Le cheminement des nutriments

Tout débute à la libération du nutriment de sa matrice alimentaire dans notre bouche ; c'est l'étape de la mastication qui va contribuer à la sensation du goût comme à certaines autres transformations au contact de la salive qui va grâce à certaines enzymes (par exemple les amylases) pré-digérer diverses substances telles que l'amidon en ses substances constitutives comme le glucose.

Après déglutition, le nutriment passe *via* l'œsophage à l'estomac où prend place un métabolisme important avec un premier brassage mécanique suivi d'un traitement chimique dû à la sécrétion des sucs gastriques (eau, acide chlorhydrique et enzymes comme la pepsine).

Arrivé au duodénum, il subira un autre traitement par les excréments biliaires (surtout pour les substances liposolubles) puis atteindra l'intestin grêle, lieu d'absorption de tout nutriment, qui après de nombreuses transformations, va « suivant sa carte d'identité » franchir la barrière, atteindre le foie qui va procéder à un dernier nettoyage avant de permettre aux différentes substances d'être transportées vers le système circulatoire et ainsi distribuées à l'ensemble des tissus.

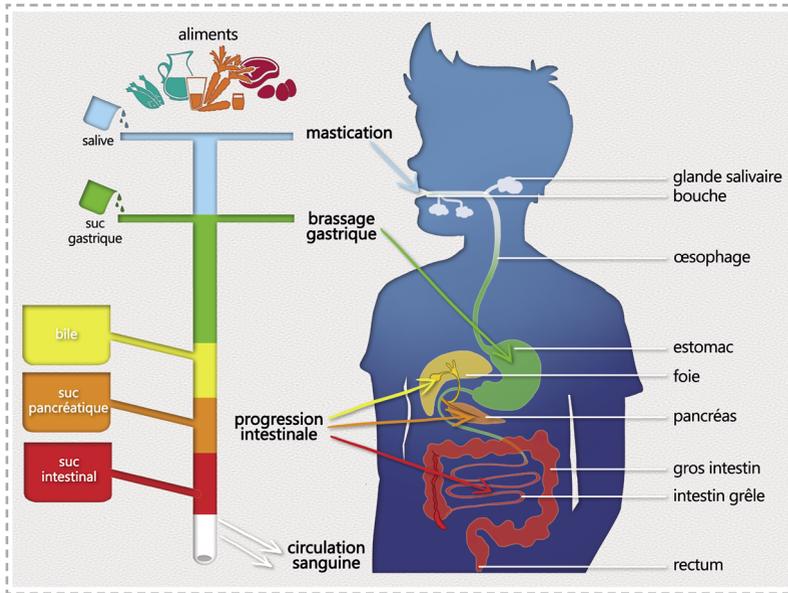


Figure 8

Le processus de la digestion.

Conclusion

Le consommateur attend d'un aliment des propriétés sensorielles, nutritives, sanitaires et écologiques contrôlées et maîtrisées.

Ceci exige une bonne connaissance de tous les paramètres qui gouvernent la construction de l'aliment, sa transformation dans l'organisme et les conséquences sur toutes ses propriétés.

Les progrès réalisés ont été notables dans toutes les étapes de cet ensemble complexe.

La chimie dans toutes ces approches joue un rôle majeur en interaction constante avec la biologie, la physique, la médecine, le génie des procédés, la biotechnologie...

La chimie n'est pas en opposition au naturel, une molécule chimique de formule déterminée est la même qu'elle soit naturelle ou de synthèse. L'additif E300 n'est autre que la vitamine C, présente dans de nombreux fruits.

Ainsi, les enjeux économiques et sociétaux laissent de nombreux défis à relever aux scientifiques. Les progrès réalisés en culture hydroponique (eau recyclable et sans terre) sont déjà très significatifs et laissent entrevoir des cultures riches sur les terrasses des immeubles en ville.

La biologie de synthèse qui consiste à diriger des microorganismes (bactéries, levures, microalgues...) afin de fabriquer puis produire des substances d'intérêt a déjà fait ses preuves dans un domaine tel que la santé (production des pénicillines, de l'insuline...) et est en plein essor pour impacter dans l'avenir le domaine de la production des matrices alimentaires.