

[www.tunisie-etudes.info](http://www.tunisie-etudes.info)

Ce document a été téléchargé depuis  
[www.tunisie-etudes.info](http://www.tunisie-etudes.info)

Des documents gratuits, devoirs, examens, cours, exercices, corrigés... Ainsi que toute une rubrique pour vous aider à trouver un emploi sans oublier les avis de concours en direct

Notre page Twitter :

<http://www.twitter.com/TunisieEtudes>

Notre page FaceBook :

<http://www.facebook.com/TunisieEtudes>

The screenshot shows the homepage of Tunisia-études.info. At the top, there is a navigation bar with the site name 'TUNISIE-ETUDES.INFO' and three menu items: 'Tous les documents', 'BAC', and 'Avis de co'. Below this is a 'Newsflash' section with a blue background and white text, stating: 'Tunisie-etudes.info vous aide dans votre préparation pour le concours de l'ENA. Documents de préparation pour le concours national tunisien de l'ENA'. A 'Home' button is visible below the newsflash. On the left side, there is a 'Main Menu' with a list of links: Home, News, Web Links, Documents, Primaire, Collège, Secondaire, and Supérieur. The main content area features a 'BIENVENUE SUR TUNISIE-ETUDES.INFO' section with a sub-heading 'Avis de concours', 'Écrit par Administrateur', and a date 'Mercredi, 20 Janvier 2010 08:47'. The text below reads: 'Accéder aux derniers avis de concours publier par les entreprises tunisiennes au jour le jour directement sur votre site' and includes a link 'Avis de concours en direct'. At the bottom of this section, there are links for 'Accès aux documents' and 'Retrouvez nous sur FaceBook'.

Merci d'avoir choisi [www.tunisie-etudes.info](http://www.tunisie-etudes.info)  
Bonne lecture et bon travail

[www.tunisie-etudes.info](http://www.tunisie-etudes.info) – [www.algointro.info](http://www.algointro.info)

# SVT : Biologie Animale

TunisieEtudes

# Contenus

## Articles

Biologie animale	1
Système gastro-intestinal	1
Nutrition	4
Digestion	11
Circulation sanguine	13
Appareil respiratoire	17
Respiration humaine	19
Nerf	20
Perception	22
Mouvement (anatomie)	29
Système reproducteur	30
Sexualité (reproduction)	31
Fécondation	36
Gamète	39
Gamétogenèse	41
Système endocrinien	42
Milieu intérieur	44
Système immunitaire	45
Antigène	50
Anticorps	53
Cellule immunitaire	59
Immunologie	60
Phagocyte	72

## Références

Sources et contributeurs de l'article	74
Source des images, licences et contributeurs	75

## Licence des articles

Licence	76
---------	----

# Biologie animale



Cet article est une ébauche concernant la biologie.

Vous pouvez partager vos connaissances en l’améliorant (**comment ?**) selon les recommandations des projets correspondants.

La **biologie animale** est la partie de la biologie qui s'intéresse plus particulièrement aux animaux et qui se distingue ainsi de la biologie végétale ou de la biologie cellulaire.

Elle comprend non seulement la zoologie, mais aussi la physiologie animale, les neurosciences, l'éthologie, la zootechnie etc... L'espèce humaine comptant parmi les animaux, on peut considérer également que la biologie humaine, voire la médecine, font partie intégrante de la biologie animale.

Voir l'article principal : Biologie

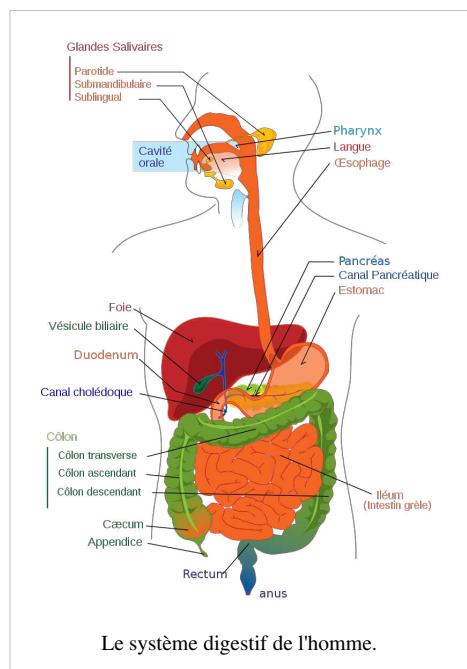
## Systeme gastro-intestinal



Cet article est une ébauche concernant la biologie.

Vous pouvez partager vos connaissances en l’améliorant (**comment ?**) selon les recommandations des projets correspondants.

La **digestion** est le processus au cours duquel un organisme vivant reçoit du milieu extérieur des aliments (eau, molécules organiques et minéraux), les modifie afin de les transformer en nutriments et sélectionne les éléments assimilables ou non. Par définition, la digestion est un processus présent chez tous les organismes hétérotrophes. Cette digestion se réalise dans un système digestif qui peut correspondre à une simple vacuole digestive d'une eubactérie, ou se spécialiser comme c'est le cas des mammifères ruminants (vache). Face à l'hétérogénéité du vivant vis-à-vis des stratégies de digestion, l'adoption du regroupement de ces stratégies en fonction du substrat organique digéré semble le plus commode.



## Digestion

Organe	Action(s) mécanique(s)	Action(s) chimique(s)	Ce qui entre	Ce qui sort
la <b>bouche</b> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les dents coupent, déchirent et broient.</li> <li>La langue mélange les aliments à la salive et malaxe les aliments. Elle joue le rôle d'une spatule naturelle.</li> </ul>	La salive commence la digestion de l'amidon, qui est hydrolysé (par l'amylase). Il y a aussi la lipase linguale qui va plus tard, lorsqu'elle sera activée par le HCl dans l'estomac, dégrader des triacylglycérol en deux acides gras et un glycérol	Les aliments.	Le bol alimentaire.
la <b>gorge</b> (pharynx).	<ul style="list-style-type: none"> <li>La déglutition.</li> <li>La trachée artère monte se fermer contre l'épiglotte, la langue et la luette se relèvent pour faire passer le bol et on le nomme aussi le carrefour car le système digestif et respiratoire se joint à cette place.</li> </ul>	Aucune.	Le bol alimentaire.	Le bol alimentaire (ou bolus).
l' <b>œsophage</b> .	Le péristaltisme (on peut manger la tête en bas ou en l'absence de gravité).	Continuité de l'action de la ptyaline (amylase salivaire) car le pH est toujours favorable.	Le bol alimentaire.	Le bol alimentaire.
l' <b>estomac</b> .	Le malaxage (mélange et mise en contact du bol alimentaire et des sucs gastrique). Le bol alimentaire prend huit secondes à se rendre de la bouche jusqu'à l'estomac. Le bol séjournera pendant environ quatre heures dans l'estomac avant de continuer sa route.	<ul style="list-style-type: none"> <li>De l'acide chlorhydrique (produit par les cellules pariétales) est présent pour faciliter la lyse des macromolécules en molécules plus simples. Il joue également un rôle d'antiseptique pour tuer les bactéries que l'on a avalées en même temps que la nourriture.</li> <li>L'acidité permet aussi l'activation des enzymes (la pepsine libérée sous forme inactive, pepsinogène) de la digestion.</li> <li>Le suc gastrique composé d'enzymes continue la digestion.</li> <li>La lipase gastrique va agir sur les TAG et les transformer en AG et glycérol.</li> <li>L'HCl agira aussi sur les protéines structurées (viandes) et la pepsine sur les non structurées (poissons)</li> </ul>	Le bol alimentaire.	Le chyme.
le <b>duodénum</b> .	Le <b>péristaltisme</b> .	La bile émulsionne les graisses. Le suc pancréatique continue la digestion. Il contient trois enzymes : la protéase (= enzyme attaquant les protéines), la lipase (= enzyme attaquant les lipides) et l'amylase (ou sucrase) (=enzymes attaquant amidon et sucre lent)	Le chyme.	Le chyle.
l' <b>intestin grêle</b> .	Le péristaltisme y est lent pour faciliter les échanges.	Le suc intestinal achève ou continue la digestion. <ul style="list-style-type: none"> <li>présence de deux alpha glucosidases: la glucamylase ( glucamylase+maltase) et la sucrase isomaltase (sucrase et alpha dextrinase)</li> </ul>	Le chyle.	Les nutriments vont dans le sang. Les graisses vont dans la lymphe.
le <b>gros intestin</b> (côlon).	Le péristaltisme.	<ul style="list-style-type: none"> <li>La flore intestinale condense les déchets et les modifie en s'y nourrissant.</li> <li>Le côlon est le siège de l'absorption de l'eau.</li> </ul>	Les déchets.	Les matières fécales via le rectum puis l'anus.

Les aliments liquides sont pour la plupart digérés et assimilés dans l'organisme par le gros intestin.

Source : Cours de Biologie, 2ème année Calvin, Genève Suisse

## Digestion d'aliments solides

Pour illustrer la digestion d'aliments solides l'exemple de la physiologie digestive humaine

### Le cas des champignons et végétaux

Le processus de la digestion n'est pas réservé aux animaux. Des plantes carnivores capturent d'autres organismes, le plus souvent des animaux invertébrés, et les digèrent chimiquement. Les champignons sont aussi en mesure de digérer de la matière organique.



### Les villosités

Elles se trouvent dans les parois de l'intestin grêle, elles servent à absorber les nutriments qui passeront ensuite dans le sang. C'est l'absorption intestinale. (leur surface totale est de 300m<sup>2</sup>)

## Notes et références

### Voir aussi

#### Liens externes

- **(fr)** Processus Digestion 0 (<http://biologie.fr.free.fr/digest.htm>)
- **(fr)** Processus Digestion 1 (<http://cours.cegep-st-jerome.qc.ca/101-902-m.f/bio903/Digestif/processusdigestion.htm>)
- **(fr)** Processus Digestion 2 (<http://www.letempledelaforme.com/article61.html>)
- **(en)** Human Physiology - Digestion (<http://www2.ufp.pt/~pedros/qfisio/digestion.htm>)
-  Portail de la biologie
-  Portail de la médecine

# Nutrition

Article connexe : nutrition végétale.

La **nutrition** (du latin *nutrire* : nourrir) désigne les processus par lesquels un être vivant transforme des aliments pour assurer son fonctionnement. La nutrition est également une science pluridisciplinaire, comportant deux grands axes. La physiologie de la nutrition traite de la façon dont l'organisme opère la transformation des aliments, c'est-à-dire des processus métaboliques. Ceci comporte l'étude du rôle des macronutriments et des micronutriments au niveau des mécanismes biochimiques cellulaires, et les conséquences sur les tissus d'un déséquilibre entre l'énergie absorbée et l'énergie dépensée par l'organisme. La psychologie de la nutrition analyse le comportement alimentaire de l'individu ou du groupe. Elle met l'accent sur des questions telles que « pourquoi mangeons-nous ? » ou « comment choisissons-nous nos aliments ? ». Chez l'homme, ces questions sont en rapport avec des facteurs environnementaux tels que l'environnement construit, les médias et politiques de santé, ainsi qu'avec ses particularités tels que ses revenus ou sa culture.



Aliments sources de magnésium.

## Définition d'aliments

La nutrition s'intéressant aux relations entre les organismes vivants et les aliments, il est nécessaire de définir ce qui est inclut comme aliment. Il existe deux définitions, selon l'approche physiologique ou psychologique. Dans la première, la nourriture englobe tout ce qui est nutritif, c'est-à-dire dont « l'ingestion est nécessaire pour la survie, la bonne santé et la croissance des jeunes »<sup>[1]</sup>. L'approche psychologique est plus restrictive, en considérant que « la substance la plus nutritive peut difficilement compter comme aliment si personne ne la mange [car] les gens ne pensent généralement pas à ce qu'ils mangent en termes de nutriments »<sup>[1]</sup>. Autrement dit, un aliment au sens de la vie courante dépend du contexte culturel : par exemple, des yeux de baleine sont nutritifs puisqu'ils contiennent des protéines et de la vitamine A<sup>[2]</sup>, mais un individu pourrait ne pas considérer cela comme une nourriture acceptable.

## Nutriments

Il existe de nombreux nutriments différents, divisés en deux catégories : les macro-nutriments et les micro-nutriments.

### Macronutriments

L'organisme puise son énergie dans les sucres (ou glucides), les corps gras (ou lipides) et les protéines. Ces trois nutriments énergétiques forment la classe des macronutriments. L'organisme peut également puiser son énergie dans l'alcool (ou *éthanol*) mais celui-ci n'entre pas nécessairement dans un régime recommandé, contrairement aux trois nutriments précédents. L'énergie se mesure en Joules ou calories, dont les symboles sont respectivement J et cal. La conversion est 1 kcal pour 4,186 kJ, ou 1 kJ pour 0,289 kcal. L'énergie est apportée à l'organisme par réaction avec l'oxygène, c'est-à-dire par oxydation, ce qui engendre 9,44 kcal par gramme de corps gras, 5,6 kcal par mL d'alcool, et varie selon le type de glucide : 4,18 kcal par gramme d'amidon, 3,94 kcal par gramme de saccharose et 3,72 kcal par gramme de glucose. L'énergie obtenue par oxydation d'un gramme de protéine est 5,6 kcal mais cela ne correspond pas à ce que le corps en retire, qui est 4,70 kcal pour ce cas particulier<sup>[3]</sup>. L'ensemble des organes

assurant l'extraction d'énergie est le système digestif, qui transforme les sucres en glucose (ou galactose), les protéines en acides aminés et les corps gras en acides gras. Chacune de ces transformations se divise en plusieurs blocs fonctionnels : par exemple, la transformation en glucose est constituée de la digestion, la régulation hormonale (c'est-à-dire les hormones présentes dans le plasma), l'utilisation et le stockage (dans le foie, le tissu adipeux et les muscles)<sup>[4]</sup>.

### Sucres (ou glucides)

Les glucides se trouvent dans des aliments tels que le riz (à hauteur de 79.95 g pour 100 g de riz blanc à long grain non cuit<sup>[2]</sup>) ou le pain. Selon la fondation britannique de nutrition, les trois principales sources sont les céréales à 45%, les pommes de terre et le grignotage salé à 12% puis les boissons à 10%<sup>[5]</sup>. Les glucides se divisent en catégories selon le nombre d'unités de sucre : **monosaccharide** (ou *ose*) pour une unité, **disaccharides** (ou *diholoside* tel le saccharose) pour deux, et **polysaccharides** (ou *glycanes*) au-delà. Une classification similaire est obtenue en considérant le degré de polymérisation DP : monosaccharide pour DP de 1 à 2, oligosaccharide pour DP à 3 à 9 et polysaccharide au-delà.



Le pain blanc industriel contient 50.61 g de glucides pour 100 g<sup>[2]</sup>.

Le lieu d'absorption de glucides dépend principalement de la catégorie, mais aussi d'autres facteurs liés au sujet ou à la quantité. Par exemple, les monosaccharides tels que le lactose sont normalement absorbés dans l'intestin grêle, mais si le sujet a une intolérance au lactose (glucide présent dans le lait) alors le lactose continuera sa course de l'intestin grêle vers le gros intestin où il est fermenté pour produire des acide gras volatil ; les gaz dégagés par ce processus engendrent entre autres des ballonnements, et servent au diagnostic de l'intolérance au lactose en testant la présence d'hydrogène. Environ 75% des adultes ont une intolérance au lactose, par exemple dans les populations asiatiques, et d'autres problèmes liés à l'absorption de sucres existent tels que la déficience en sucrase-isomaltase qui touche 10% des inuits du Groenland<sup>[6]</sup>.

Les glucides sont nécessaires pour le corps, et la concentration dans le sang (généralement entre 70 mg/dl et 100 mg/dl) doit être maintenu à un niveau assez élevé car le cerveau en dépend intégralement<sup>[4]</sup>. Selon la consommation moyenne nécessaire par le cerveau, un apport journalier de 130 g est recommandé chez les adultes. En pratique, cet apport est largement dépassé, la médiane étant de 220 g à 330 g chez les hommes et 180 g à 230 g chez les femmes<sup>[7]</sup>. Un des centres d'intérêts de la physiologie de la nutrition est de voir comment le corps s'adapte selon la quantité des nutriments fournis. Dans le cas du glucide, si la quantité est faible alors le corps tente de l'économiser en puisant davantage d'énergie à partir des corps gras ; dans le cas contraire, l'énergie peut être prise à partir des glucides, qui sont alors transférés du sang aux cellules par l'insuline, et les excédents peuvent être convertis par le foie via un processus appelé *de novo lipogenesis* (DNL). Les excédents sont stockés sous forme de gras et non comme glucides, une explication par l'évolution étant que la densité en énergie du gras est supérieure à celle des sucres, ce qui minimise ainsi le gain en poids afin de conserver la mobilité de l'organisme<sup>[4]</sup>.

### Corps gras (ou lipides)

La plupart des corps gras ne sont pas solubles dans l'eau, ce qui les distingue des glucides et des protéines. La classification des lipides de Bloor distingue quatre catégories. Les corps gras **simples** sont des acides gras unis par une liaison ester à des alcools. Par exemple, le triglycéride résulte d'une molécule de glycérol estérifiée à trois molécules d'acide gras, et il se trouve dans l'huile végétale et les graisses animales. Les corps gras **complexes** ont la même composition mais avec des molécules supplémentaires : en estérifiant le glycérol avec deux molécules d'acide gras *et* un phosphate, on obtient le complexe phosphoacylglycérol. Les **dérivés** sont obtenus par hydrolyse des deux précédents, et ce qui ne rentre dans aucune des trois catégories est **autre** (comme le squalène). La structure des acides gras est aussi classée selon la longueur de leur chaîne de carbone (court, moyen, long, très long) et la présence d'au moins une double liaison carbone-carbone (l'acide est alors insaturé et cette classe contient les acide gras trans).

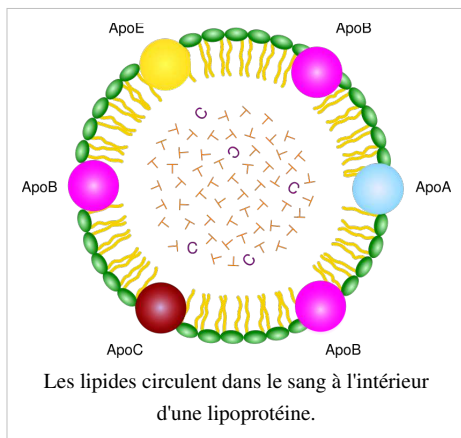
Il est considéré comme acceptable que 20 à 35% de l'énergie provienne de corps gras. Le rôle de tous les acides gras n'est pas encore bien compris, et il n'est donc pas possible de déterminer des niveaux appropriés quant à leur consommation *en général*. Cependant, des niveaux sont jugés adéquats (ce qui ne constitue pas une recommandation) pour certains acide gras essentiels : pour l'acide  $\alpha$ -linoléique, du groupe Oméga-3, il s'agit de 1.6 g par jour pour les jeunes hommes et 1.1 g pour les jeunes femmes, et pour l'acide  $\gamma$ -linoléique, du groupe Oméga-6, les quantités sont respectivement 17 g et 12 g par jour. Contrairement aux précédents, le groupe Oméga-9 ne comporte pas d'acides gras essentiels, mais plus de recherches sont nécessaire quant à des bénéfiques pour la santé<sup>[8]</sup>.

Lors de la digestion, les corps gras sont émulsifiés dans l'estomac. L'émulsifiant est la bile, produite par le foie et stockée dans la vésicule biliaire. L'émulsion passe ensuite dans l'intestin grêle où les lipides sont dégradés par un processus appelé lipolyse et associés à d'autres molécules au sein d'une lipoprotéine pour être transportés dans le sang<sup>[9]</sup>. Une lipoprotéine est montrée dans le schéma ci-contre : les lipides sont à l'intérieur, et l'extérieur est formé d'apolipoprotéines de différents types, notés *Apo*, et de phospholipides.

Il existe cinq classes de lipoprotéines, remplissant différentes fonctions. Par exemple, les lipoprotéines de haute densité notées HDL évitent que le cholestérol s'accumule dans les vaisseaux sanguins en l'amenant au foie qui l'élimine ; ces lipoprotéines sont appelées *bon cholestérol*, et celles faisant le chemin inverse sont le *mauvais cholestérol*, noté LDL. La concentration de LDL augmente avec la prise d'acides saturés ou d'acide gras trans, ce qui augmente également le risque de maladie cardio-vasculaire<sup>[8]</sup>. Enlever ces acides du régime peut nécessiter des changements profonds pouvant donner lieu à des carences, mais il est possible d'en réduire la quantité, par exemple dans le régime méditerranéen.



Le beurre contient 81.11 g de corps gras pour 100 g, dont 51.37 g d'acide gras saturé.



Les lipides circulent dans le sang à l'intérieur d'une lipoprotéine.

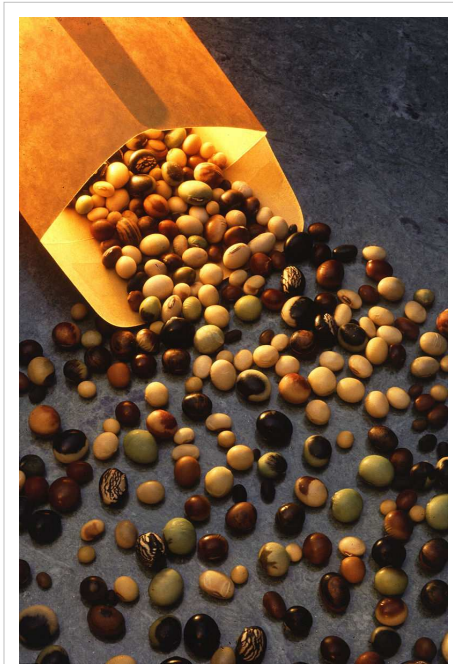
## Protéines

Les protéines d'origine animale sont la principale source en Amérique du Nord et Europe de l'ouest. L'origine animale inclut aussi bien la viande que ce qui est produit par les animaux, tel que les œufs (13.62 g de protéines pour 100 g d'œuf frit<sup>[2]</sup> ) ou le fromage (19.80 g de protéines dans 100 g de camembert<sup>[2]</sup> ). Les végétariens ne consommant pas de viandes, et les végétaliens rejetant l'ensemble des produits d'origine animale, leurs protéines doivent provenir des légumes et des céréales, qui sont également les deux principales sources en Afrique, Asie et Amérique Latine<sup>[10]</sup> .

Une protéine est formée d'acides aminés liés par des liaisons peptiques. Ces acides aminés sont séparés en deux catégories : **indispensables**, c'est-à-dire ceux que le corps ne peut synthétiser et qui doivent être apportés par l'alimentation, ou **non-indispensables**. Ce qui est indispensable dépend de l'organisme considéré : par exemple, l'arginine est nécessaire à la survie d'un chat mais pas pour l'homme passé le stade du nourrisson. Ces catégories sont affinées en considérant les acides aminés indispensables *sous conditions*. En effet, certains acides aminés peuvent être synthétisés mais avec des capacités limitées en général et variants selon les conditions du sujet : par exemple, la synthèse de proline est limitée chez les grands brûlés<sup>[10]</sup> .

Les protéines sont un composant essentiel du corps et remplissent un très grand nombre de rôles. Par exemple, un cheveu est composé de kératine, qui est une protéine ; elle est impliquée avec une autre protéine, le collagène, dans la force et l'élasticité de la peau. Des problèmes liés aux protéines peuvent aussi être associés à des pathologies, tel le glutamate qui est impliqué dans les crises de convulsion épileptique<sup>[11]</sup> . Un apport inapproprié en protéines peut donc avoir des conséquences fortes et variées sur le corps. La quantité conseillée de protéines est donnée de façon empirique pour 0.80 chaque jour par kilo de masse corporelle. Il est recommandé que le régime alimentaire ne dépasse pas 35% de protéines<sup>[12]</sup> .

Le PDCAAS (*protein digestibility corrected amino acid scoring pattern*) résume les quantités par acide aminé mais, en raison de controverses et d'évolutions techniques, les quantités conseillées par la FAO et l'OMS peuvent différer fortement selon les rapports. Ainsi, en 1985, il était conseillé de prendre chaque jour moins de 10 mg/kg de thréonine, puis presque 30 mg/kg en 1991 et environ 15 mg/kg en 2001<sup>[13]</sup> . Le rapport technique 935 FAO/OMS dresse un état des lieux en 2007<sup>[14]</sup> . La digestion des protéines se passe principalement dans l'intestin grêle et libère les acides aminés qui continuent vers d'autres organes. En cas de sous-alimentation, certains acides aminés peuvent être transformés en glucose par néoglucogenèse.



Les graines de soja, riches en protéines, permettent d'obtenir du lait de soja utilisé pour préparer le tofu.

## Micronutriments

### Minéraux

### Vitamines

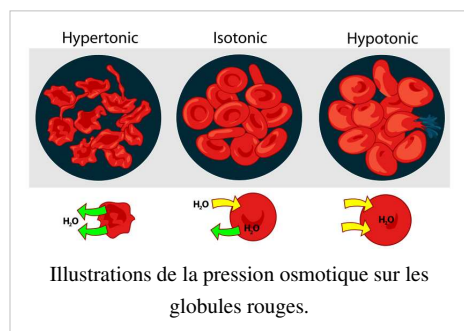
Une vitamine est un composé nécessaire au métabolisme d'un organisme, dans le sens où « un sujet en étant privé développera des maladies de carence et des signes d'un métabolisme anormal, et restaurer le composé manquant empêchera ou remédiera aux maladies et rendra le métabolisme normal »<sup>[15]</sup>. Le fait qu'une vitamine soit un composé la distingue par exemple des minéraux, et la nécessité signifie qu'elle ne peut pas être synthétisée. Les organismes étant capables de différentes synthèses, la dénomination de vitamine est relative à l'organisme considéré. Ainsi, la **vitamine C** peut-être synthétisée par la plupart des animaux à partir de glucose, et elle n'est donc considérée comme vitamine que pour les espèces incapables de cette synthèse telles que l'homme et autres espèces du taxon Haplorrhini, les chauves-souris ou les cochons d'inde<sup>[16]</sup>. La raison de cette déficience chez l'homme vient de l'inactivité du gène responsable de l'enzyme L-gulonolactone oxidase, nécessaire pour la synthèse à partir du glucose, sur le chromosome 8.

La vitamine C se trouve dans les légumes et les fruits, tels que le kiwi (105.4 mg pour 100 g) ou le cantaloup (36.7 mg pour 100 g)<sup>[2]</sup>. Les légumes et fruits frais et crus sont la meilleure source, puisque la teneur en vitamine C décroît très fortement avec le vieillissement ou la coupe, et fortement en cuisinant<sup>[15]</sup>.

## Sensations

### Soif

La sensation de soif se comprend en étudiant les mécanismes des globules rouges. L'intérieur d'un globule rouge, nommé *cytoplasme*, est séparé de l'extérieur par une membrane qui laisse passer l'eau, et est appelée pour cette raison semi-perméable. Une pression s'exerce entre l'intérieur de la cellule et l'extérieur, selon les concentrations respectives en solutés. Si la concentration à l'extérieur est moins élevée que dans la cellule, alors celle-ci se met à gonfler en raison du phénomène d'osmose et peut éventuellement exploser puisque sa membrane n'est pas extensible. L'extérieur, c'est-à-dire le plasma, est alors qualifié d'hypotonique. A l'inverse, il peut être hypertonique et la cellule essaye alors de rétablir la pression en laissant passer de l'eau vers l'extérieur. Ce second cas de figure se pose lorsqu'il n'y a pas assez d'eau dans l'organisme : moins d'eau signifie une concentration en solutés plus élevée à l'extérieur des cellules. Cette pression est un mécanisme extrêmement sensible pour déclencher des sensations de soif : une augmentation de 2 à 3% est suffisante pour ressentir un besoin fort de boire, aussi bien chez l'homme que le singe ou le rat. Cet effet est vérifiable en injectant une solution avec une concentration élevée en sel, et l'intensité de la soif est proportionnelle à la pression<sup>[1]</sup>.



Cependant, le corps a également ses mécanismes de régulation : la base du cerveau réagit en sécrétant une hormone antidiurétique qui agit sur les reins en conservant de l'eau par filtrage des urines. Cette pression augmente lorsqu'un individu mange, et cette action agit aussi sur les reins qui ont besoin de plus d'eau pour les déchets. Ainsi, boire avant ou pendant le repas contribue à l'équilibre. Par ailleurs, une autre réponse du corps à l'augmentation de pression est une bouche sèche due à une réduction de salive. Cependant, il ne peut être conclu qu'avoir une bouche sèche est un mécanisme du corps pour s'assurer que l'individu boive : un contre-exemple simple est que les individus ayant des glandes salivaires défaillantes boivent des quantités appropriées, et ainsi la sensation qu'ils éprouvent ne les pousse pas à boire<sup>[1]</sup>.

La compréhension de la pression osmotique offre un aperçu des mécanismes de base, mais de nombreux problèmes restent ouverts, tels que savoir comment un organisme détermine la quantité d'eau à boire.

## Alimentation

La nutrition se définit ici comme étant la science qui analyse les rapports entre la nourriture et la santé : étude de la composition des aliments, de leurs propriétés, et de leur utilisation par l'organisme. Ces études conduisent à la diététique. On prend également en compte, dans le cadre de la nutrition, les comportements alimentaires des individus, notamment lors des repas ou lors de grignotage.

Cependant, à partir de l'observation clinique de maladies dont l'origine était une carence alimentaire (par exemple, le scorbut), la nutrition concerne également aujourd'hui des maladies tels que les problèmes cardio-vasculaires et le cancer (avec la méthode Kousmine par exemple), l'ostéoporose et l'hypertension artérielle (excès de sel notamment), le diabète de type 2, l'obésité, les maladies auto-immunes, la maladie d'Alzheimer<sup>[17]</sup>.

La nutrition joue un rôle essentiel dans la prévention de nombreuses maladies. Par exemple plus de 100000 cas de cancers<sup>[18]</sup> pourraient être évités en France chaque année, en changeant simplement d'habitudes alimentaires.

Il faut également rappeler que l'état nutritionnel est un facteur pronostique dans l'évolution des cancers. Une personne sous alimentée sera plus à risque de complications qu'une personne bénéficiant d'une alimentation conforme aux besoins de l'organisme.

Les processus complexes auxquels les éléments nutritifs sont soumis — interactions entre les aliments, dégradation, transformation en énergie et libération de cette énergie, transport et utilisation des composés chimiques pour la construction (anabolisme = construction; catabolisme = élimination des déchets) des tissus spécialisés et le maintien d'une bonne santé globale — ne sont qu'en partie élucidés. Des choix nutritionnels importants doivent cependant être faits pour assurer la bonne santé des individus, comme les très jeunes enfants et les personnes âgées, et de populations entières qui souffrent de malnutrition.

L'adaptation des pratiques alimentaires à la satisfaction des besoins physiologiques est la diététique.

## Voir aussi

- Alimentation
- Diététique
- Lait maternel ~ Allaitement
- Nutriment
- Nutriment essentiel
- Nutrition végétale
- Oligo-élément

## Liens externes

- Nutrition sur ODP. <sup>[19]</sup>
- **(fr)** C@mpus de Nutrition <sup>[20]</sup> Site de Formation proposé par le Collège des Enseignants de Nutrition en Médecine
- **(fr)** Étude nationale nutrition santé, ENNS, 2006 <sup>[21]</sup> (Situation nutritionnelle en France, en 2006, indicateurs d'objectif et repères du Programme national nutrition santé (PNNS) - (INVS 2007/12/12)
- **(fr)** Réseau National Alimentation Cancer Recherche (Réseau NACRe) <sup>[22]</sup>, Site d'information sur la prévention nutritionnelle des cancers (Réseau NACRe 2010/03/12)
- **(fr)** Évolution des consommations alimentaires en France <sup>[23]</sup> (PowerPoint AFSSA du 12 décembre 2007)
- **(fr)** Base de donnée AFSSA/CIQUAL <sup>[24]</sup> (mise à jour aout 2008) sur la composition nutritionnelle de plus de 1300 aliments, avec teneurs en 42 constituants apportant des informations sur la teneur énergétique, les valeurs moyennes en nutriments majeurs, acides gras, vitamines (liposolubles et hydrosolubles, minéraux. Lorsque ces données sont disponibles, la base affiche aussi la valeur basse, valeur haute, le nombre d'échantillons, avec sources et degrés de confiance des données. Les données sur les métaux lourds, résidus de pesticides et autres indésirables sont à rechercher ailleurs.
- **(en)** Table de l'USDA <sup>[25]</sup> Consultation de la Table de composition des aliments du Ministère de l'Agriculture américain (USDA)
- **(en)** United States Department of Agriculture - Center for Nutrition Policy and Promotion, *Nutrient content of the US food supply, 2005* <sup>[26]</sup>, Home Economics Research Report, numéro 58, mars 2008.

## Notes et références

A - Macronutriments



B - Micronutriments

C -

Absorption

D - *En*

*cours*

-  Portail de l'alimentation et de la gastronomie
-  Portail de la médecine

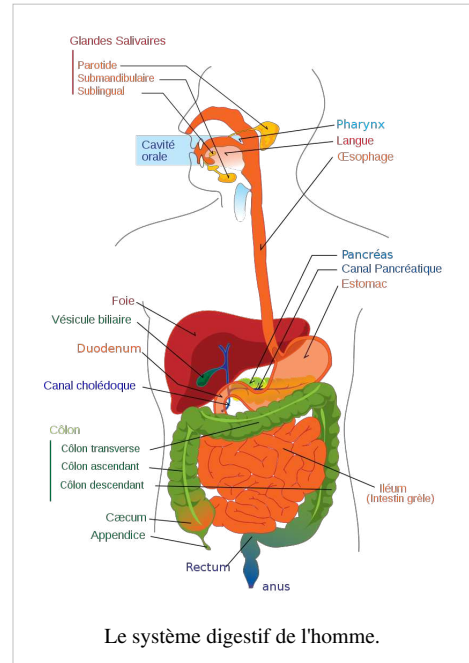
# Digestion



Cet article est une ébauche concernant la biologie.

Vous pouvez partager vos connaissances en l’améliorant (**comment ?**) selon les recommandations des projets correspondants.

La **digestion** est le processus au cours duquel un organisme vivant reçoit du milieu extérieur des aliments (eau, molécules organiques et minéraux), les modifie afin de les transformer en nutriments et sélectionne les éléments assimilables ou non. Par définition, la digestion est un processus présent chez tous les organismes hétérotrophes. Cette digestion se réalise dans un système digestif qui peut correspondre à une simple vacuole digestive d'une eubactérie, ou se spécialiser comme c'est le cas des mammifères ruminants (vache). Face à l'hétérogénéité du vivant vis-à-vis des stratégies de digestion, l'adoption du regroupement de ces stratégies en fonction du substrat organique digéré semble le plus commode.



## Digestion

Organe	Action(s) mécanique(s)	Action(s) chimique(s)	Ce qui entre	Ce qui sort
la <b>bouche</b> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les dents coupent, déchirent et broient.</li> <li>La langue mélange les aliments à la salive et malaxe les aliments. Elle joue le rôle d'une spatule naturelle.</li> </ul>	La salive commence la digestion de l'amidon, qui est hydrolysé (par l'amylase). Il y a aussi la lipase linguale qui va plus tard, lorsqu'elle sera activée par le HCl dans l'estomac, dégrader des triacylglycérol en deux acides gras et un glycérol	Les aliments.	Le bol alimentaire.
la <b>gorge</b> (pharynx).	<ul style="list-style-type: none"> <li>La déglutition.</li> <li>La trachée artère monte se fermer contre l'épiglotte, la langue et la luette se relèvent pour faire passer le bol et on le nomme aussi le carrefour car le système digestif et respiratoire se joint à cette place.</li> </ul>	Aucune.	Le bol alimentaire.	Le bol alimentaire (ou bolus).
l' <b>œsophage</b> .	Le péristaltisme (on peut manger la tête en bas ou en l'absence de gravité).	Continuité de l'action de la ptyaline (amylase salivaire) car le pH est toujours favorable.	Le bol alimentaire.	Le bol alimentaire.

<p><b>l'estomac.</b></p>	<p>Le malaxage (mélange et mise en contact du bol alimentaire et des sucs gastrique). Le bol alimentaire prend huit secondes à se rendre de la bouche jusqu'à l'estomac. Le bol séjournera pendant environ quatre heures dans l'estomac avant de continuer sa route.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De l'acide chlorhydrique (produit par les cellules pariétales) est présent pour faciliter la lyse des macromolécules en molécules plus simples. Il joue également un rôle d'antiseptique pour tuer les bactéries que l'on a avalées en même temps que la nourriture.</li> <li>• L'acidité permet aussi l'activation des enzymes (la pepsine libérée sous forme inactive, pepsinogène) de la digestion.</li> <li>• Le suc gastrique composé d'enzymes continue la digestion.</li> <li>• La lipase gastrique va agir sur les TAG et les transformer en AG et glycérol.</li> <li>• l'HCl agira aussi sur les protéines structurées (viandes) et la pepsine sur les non structurées (poissons)</li> </ul>	<p>Le bol alimentaire.</p>	<p>Le chyme.</p>
<p>le <b>duodénum.</b></p>	<p>Le <b>péristaltisme.</b></p>	<p>La bile émulsionne les graisses. Le suc pancréatique continue la digestion. Il contient trois enzymes : la protéase (= enzyme attaquant les protéines), la lipase (= enzyme attaquant les lipides) et l'amylase (ou sucrase) (=enzymes attaquant amidon et sucre lent)</p>	<p>Le chyme.</p>	<p>Le chyle.</p>
<p><b>l'intestin grêle.</b></p>	<p>Le péristaltisme y est lent pour faciliter les échanges.</p>	<p>Le suc intestinal achève ou continue la digestion.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• présence de deux alpha glucosidases: la glucamylase ( glucamylase+maltase) et la sucrase isomaltase (sucrase et alpha dextrinase)</li> </ul>	<p>Le chyle.</p>	<p>Les nutriments vont dans le sang. Les graisses vont dans la lymphe.</p>
<p>le <b>gros intestin</b> (côlon).</p>	<p>Le péristaltisme.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La flore intestinale condense les déchets et les modifie en s'y nourrissant.</li> <li>• Le côlon est le siège de l'absorption de l'eau.</li> </ul>	<p>Les déchets.</p>	<p>Les matières fécales via le rectum puis l'anus.</p>

Les aliments liquides sont pour la plupart digérés et assimilés dans l'organisme par le gros intestin.

Source : Cours de Biologie, 2ème année Calvin, Genève Suisse

## Digestion d'aliments solides

Pour illustrer la digestion d'aliments solides l'exemple de la physiologie digestive humaine

### Le cas des champignons et végétaux

Le processus de la digestion n'est pas réservé aux animaux. Des plantes carnivores capturent d'autres organismes, le plus souvent des animaux invertébrés, et les digèrent chimiquement. Les champignons sont aussi en mesure de digérer de la matière organique.

### Les villosités


Elles se trouvent dans les parois de l'intestin grêle, elles servent à absorber les nutriments qui passeront ensuite dans le sang. C'est l'absorption intestinale. (leur surface totale est de 300m<sup>2</sup>)


## Notes et références

### Voir aussi

#### Liens externes

- **(fr)** Processus Digestion 0 (<http://biologie.fr.free.fr/digest.htm>)
- **(fr)** Processus Digestion 1 (<http://cours.cegep-st-jerome.qc.ca/101-902-m.f/bio903/Digestif/processusdigestion.htm>)
- **(fr)** Processus Digestion 2 (<http://www.letempledelafirme.com/article61.html>)
- **(en)** Human Physiology - Digestion (<http://www2.ufp.pt/~pedros/qfisio/digestion.htm>)

-  Portail de la biologie

-  Portail de la médecine

## Circulation sanguine

La **circulation sanguine** est un type de système circulatoire en circuit fermé qui assure le transport du sang. La circulation du sang permet le transport et l'échange interne des ressources (notamment les nutriments et le dioxygène) vers les cellules de l'organisme ainsi que la collecte des déchets métaboliques (comme le dioxyde de carbone et l'urée) qui quittent les cellules.

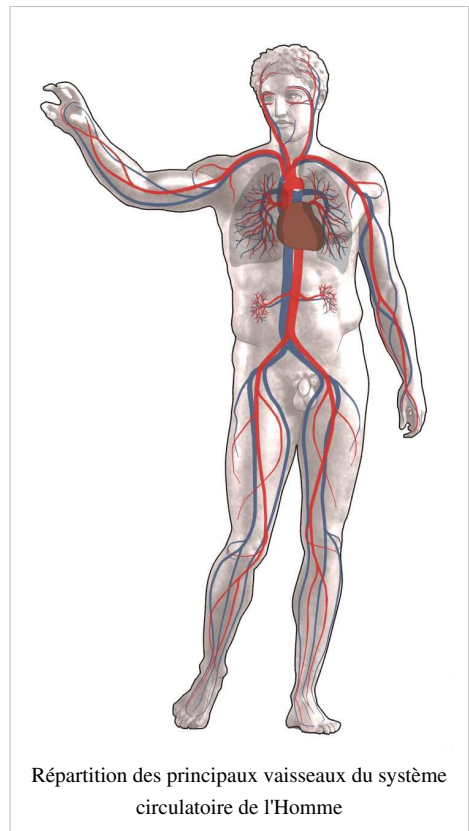
### Historique de sa découverte <sup>[1]</sup>

La relation entre le saignement et la mort a sans doute été mise en évidence très tôt dans l'histoire de l'humanité. Les Égyptiens avaient identifié le sang comme source de vie et siège de l'âme.

Les dissections pratiquées par les médecins grecs de Cos au V<sup>e</sup> siècle av. J.-C., dans la lignée d'Hippocrate, sur des animaux égorgés induisent des erreurs de représentation : les artères sont retrouvées vides, on pense donc qu'elles transportent de l'air, tandis que le foie et la rate sont gorgés de sang, ces deux organes sont donc considérés comme des éléments importants du transport du sang. Hérophile, médecin d'Alexandrie du IV<sup>e</sup> siècle av. J.-C., décrit le premier la palpation du pouls. C'est à Erasistrate de Keos (320–250 av. J.-C.) que l'on doit la première description des valves veineuses.

Galien (131-201) fait une description précise du réseau de veines et d'artères à partir de dissection de porcs, mais interprète faussement le rôle des organes. Selon lui, le sang est créé dans le foie à partir des aliments, il circule par les veines et va d'une part vers les poumons pour se mélanger à de l'air, d'autre part passe du ventricule droit au ventricule gauche par la paroi poreuse où il prélève la chaleur qu'il redistribue dans le corps ; arrivé aux extrémités du corps, le sang est consommé et ressort sous forme de transpiration.

Les médecins musulmans traduisent les traités de médecine égyptiens découverts lors de l'invasion de l'Égypte au VII<sup>e</sup> siècle, dont le traité de Galien sur la circulation (traduit par Averroès). À partir du X<sup>e</sup> siècle, ils décrivent de nombreuses maladies cardiovasculaires (thrombose et collapsus pour Avicenne, péricardite pour Avenzoar). Ibn Al-Nafis, le père de la physiologie fait partie des autres précurseurs de la dissection humaine. En 1242 il a été le



premier à décrire la circulation pulmonaire, les artères coronaires et la circulation capillaire qui forment la base du système circulatoire.

Au XVI<sup>e</sup> siècle, Michel Servet (espagnol) décrit la circulation pulmonaire ; on suppose qu'il connaissait les travaux d'Ibn Al-Nafis *via* leur traduction d'André Alpago en 1527. L'italien Realdo Colombo est le premier à décrire parfaitement la circulation pulmonaire.

C'est Andrea Cesalpino (1519-1603) qui utilise le premier le terme de « circulation » et qui en attribue le rôle au cœur, alors que l'on pensait jusqu'ici que c'était le foie qui créait le mouvement. C'est William Harvey (1578-1657), élève de Fabrice d'Acquapendente (1537-1619), qui fait la première description complète du système circulatoire, dans son ouvrage *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in animalibus* de 1628. Il décrit notamment le sens de circulation et le rôle exact des valvules veineuses, et établit que la circulation est importante (plusieurs litres par minute) alors qu'on la croyait au goutte-à-goutte. L'idée première en reviendrait à Walter Warner<sup>[2]</sup>. Marcello Malpighi identifie pour la première fois les capillaires au microscope en 1661.

L'œuvre d'Ibn Al-Nafis reste ignorée jusqu'en 1924 où Al Taoui, un médecin égyptien, retrouve la traduction d'André Alpago dans la Librairie nationale de Berlin.

L'idée du cœur comme pompe et moteur de la circulation sanguine a encore été mise en doute à l'époque contemporaine, notamment par le cardiologue Leon Manteuffel-Szoegé<sup>[3]</sup>.

## Principes

### Veines et artères

Le cœur doit maintenir un débit sanguin continu au sein de l'appareil circulatoire. Ce dernier doit assurer à tous les tissus de l'organisme un apport continu de dioxygène et de nutriments, mais également se charger de l'élimination du dioxyde de carbone et de tous les déchets. Ce système est composé de veines et d'artères, chacune remplissant des rôles différents. On distingue la circulation systémique (grande circulation), dont le rôle est de recharger les muscles et organes en dioxygène et en nutriments et la circulation pulmonaire (petite circulation) dont le rôle est d'assurer la ré-oxygénation du sang par les poumons et l'élimination par ceux-ci du dioxyde de carbone.

Par définition, une artère est un vaisseau contenant le sang allant du cœur aux tissus alors qu'une veine est un vaisseau contenant le sang allant des tissus vers le cœur. Par conséquent, dans la circulation systémique, les artères apportent du sang oxygéné aux tissus et les veines ramènent du sang appauvri en oxygène vers le cœur. Dans la circulation pulmonaire, le sang appauvri en oxygène est amené aux poumons par les artères pulmonaires, il y est oxygéné, puis il retourne au cœur par les veines pulmonaires. Dans la circulation pulmonaire, les artères transportent donc du sang pauvre en oxygène et les veines pulmonaires, du sang oxygéné.

### Retour veineux

Les veines profondes et superficielles sont équipées de valvules. Ces « clapets », disposés tous les quatre à cinq centimètres, imposent un sens unique de circulation du sang, et empêchent le reflux.

L'aspiration du sang des pieds vers le cœur est le résultat de plusieurs mécanismes. Ainsi, la compression de la voûte plantaire, la contraction des muscles des mollets et des cuisses chassent le sang vers le haut. Les mouvements respiratoires facilitent également le travail en diminuant la pression au sein du thorax lors de chaque inspiration. C'est pourquoi la marche et l'exercice physique permettent de limiter les risques d'insuffisance veineuse.

## Invertébrés

### Les Spongiaires

Les éponges, qui appartiennent à l'embranchement des spongiaires ou porifères, n'ont pas de véritables tissus et ni d'organes, elles sont également dépourvu de système vasculaire. Le corps d'une éponge ressemble à un sac percé de pores d'où le nom "porifera" qui veut dire en latin " qui porte de pores". Grâce à ces pores inhalants, l'eau peut pénétrer à l'intérieur d'une cavité centrale nommé **spongocoèle**. L'eau ressort ensuite par une ouverture plus grande appelée **oscule**. Les éponges sont caractérisées par la présence des *choanocytes*. Le choanocyte est une cellule qui est dotée d'une collerette et d'un flagelle qui assure la circulation de l'eau et l'absorption des particules nutritives dans la cavité centrale des spongiaires.

### Les cnidaires

Les cnidaires sont dépourvus de système vasculaire. Ils ont l'aspect d'un sac renfermant un compartiment digestif central appelé la cavité **gastrovasculaire** (qui a rapport aux vaisseau et à l'estomac). La cavité gastrovasculaire est une innovation évolutive par rapport aux éponges. Cette cavité a une seule ouverture servant à la fois de bouche et d'anus. En fait les cnidaires dépendent principalement de la diffusion pour obtenir l'oxygène dont ils ont besoin, car leurs corps est formés de deux couches de cellules, l'une étant à l'extérieur appelé **épiderme** et l'autre étant enveloppé sur la cavité gastrovasculaire appelé **gastroderme**. Le contenu de la cavité gastrovasculaire doit être renouvelé en gaz et en nutriments. Pour ce faire l'organisme va "aspirer" les éléments puis les "recraché" à travers la membrane.

### Les plathelminthes ou vers plats

Les plathelminthes sont dépourvus de système circulatoire. Contrairement aux animaux radiaires, les vers plats et les autres bilatériens sont triploblastiques. L'un des feuillet embryonnaire, le mésoderme permet la formation d'organes plus complexes, de systèmes d'organes et de vrais muscles. Cependant ils n'ont pas de cavité générale interne, autrement dit de coelome. Les échanges se font par diffusion. Cette diffusion se fait grâce aux déplacements de l'animal qui agite les fluides interstitiels. Par contre, il existe des cellules spécialisées qui forment l'appareil excréteur.

### Les Nématelminthes ou vers rond

Le corps cylindrique des nématelminthes n'est pas segmenté. Les vers ronds sont revêtus d'un exosquelette appelé **cuticule**. Ils possèdent un tube digestif complet mais pas de système cardiovasculaire. Le liquide qui circule dans leur pseudocoelome (cavité corporelle recouvert de mésoderme) apporte des nutriments à toutes les cellules du corps. La respiration se fait par diffusion au travers de pores qui percent la cuticule imperméable.

### Les Mollusques

Le corps des mollusques se compose en trois parties essentielles: **Un pieds musculeux** servant habituellement au mouvement. **Une masse viscérale** contenant la plupart des organes internes. **Un manteau** qui secrète la coquille et recouvre la masse viscérale. Le prolongement de ce manteau forme un compartiment rempli d'eau appelé cavité **palléale**, dans lequel se trouve les branchies, l'anus et les pores excréteurs. La cavité palléale a un rôle important: la circulation permanente de l'eau. Cette circulation permet d'apporter de l'oxygène aux branchies et d'éliminer tous les déchets. Quand l'eau transporte l'oxygène et la nourriture, l'eau pénètre dans la cavité palléale par une ouverture appelé **siphon inhalant**.Après être passée au-dessus des branchies, l'eau transporte maintenant le gaz carbonique et les déchets qui cette fois-ci ressorte par le **siphon exhalant**.

## Vertébrés

### Poissons

Le cœur des poissons est constitué d'une oreillette et d'un ventricule disposés en série. Le sang traverse 2 lits capillaires. Un dans les branchies pour échanger les gaz (capillaires bronchiaux) et l'autre dans le restant du corps (capillaires systémiques) <sup>[4]</sup>

### Amphibiens

La circulation sanguine des amphibiens est close, avec un cœur possédant deux oreillettes et un ventricule. Ainsi, il y a tout de même un mélange entre le sang oxygéné et le sang désoxygéné.

### Reptiles

La circulation sanguine des reptiles est double, composée d'un petit circuit capturant l'oxygène au niveau pulmonaire, puis d'un grand circuit le distribuant à l'ensemble des organes. Elle est incomplète, le cœur n'étant pas totalement cloisonné, permet un mélange entre le sang artériel oxygéné et le sang veineux riche en dioxyde de carbone, sauf chez les crocodiles qui possèdent une circulation complète <sup>[5]</sup>.

### Mammifères et oiseaux

La circulation sanguine chez l'oiseau et les mammifères (dont l'homme) implique un cœur ayant deux oreillettes et deux ventricules, ce qui permet alors une séparation entre le sang oxygéné et le sang désoxygéné. La circulation des mammifères est identique à celle de l'homme.

## Maladies et accidents

- Vascularite

## Notes et références

[1] *L'hypertension artérielle aujourd'hui*, Elie Arié, éd. Les Asclépiades, coll. Docteur, dites-moi tout !

[2] Thomas Hearne ; ,John Aubrey : Letters written by eminent persons in the seventeenth and eighteenth publiées chez Longman, Hurst, Rees, Orme, and Brown, (1813 ) page 578 ([http://books.google.com/books?id=jkQUAAAAYAAJ&pg=RA1-PA578&lpg=RA1-PA578&dq=John+Aubrey+Pell+blood+warner&source=bl&ots=CSW6eiP6yQ&sig=F7pgeAXyWBMZI723vAfKg3SfCfA&hl=fr&ei=36s4S-GQC4iu4Qa49\\_mpCA&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=2&ved=0CA0Q6AEwAQ#v=onepage&q=&f=false](http://books.google.com/books?id=jkQUAAAAYAAJ&pg=RA1-PA578&lpg=RA1-PA578&dq=John+Aubrey+Pell+blood+warner&source=bl&ots=CSW6eiP6yQ&sig=F7pgeAXyWBMZI723vAfKg3SfCfA&hl=fr&ei=36s4S-GQC4iu4Qa49_mpCA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CA0Q6AEwAQ#v=onepage&q=&f=false))

[3] Leon Manteuffel-Szoega, *Über die Bewegung des Blutes*, Freies Geistesleben, 1977, ISBN 3772501133 et ISBN 978-3772501135

[4] *'Biologie'*, Reece et Campbell

[5] Simone Bertrand-Renaud, S. Bertrand, J. Mols, Je construis mes apprentissages en sciences: au premier degré, De Boeck Education, 2004, 384 p. (ISBN 2804137813) [ lire en ligne ([http://books.google.fr/books?id=2fACObwW004C&pg=PA322&lpg=PA322&dq=reptile+circulation+sanguine&source=bl&ots=f4tdER10cl&sig=-6gF5r39rKThxSM5YURaOHjySrE&hl=fr&ei=SkrdSbK\\_K6OqjAf45sCcDg&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=5#PPA322,M1](http://books.google.fr/books?id=2fACObwW004C&pg=PA322&lpg=PA322&dq=reptile+circulation+sanguine&source=bl&ots=f4tdER10cl&sig=-6gF5r39rKThxSM5YURaOHjySrE&hl=fr&ei=SkrdSbK_K6OqjAf45sCcDg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=5#PPA322,M1))]


François Boustani "La Circulation du sang: entre Orient et Occident : l'histoire d'une découverte" Philippe Rey, 2007

## Voir aussi


### Articles connexes


- Pression artérielle
- Veine
- Artère
- Veinule
- Artériole
- Capillaire
- Infarctus
- Cœur
- Arrêt cardio-circulatoire
- Hémorragie
- Cholestérol
- Tension artérielle

### Liens externes

- Modélisation (<http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0008-2>) de la circulation sanguine générale et lymphatique (animation flash).
- Visualisation (<http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0009-2>) de la circulation du sang et de sa teneur en O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> (animation flash).
-  Portail de la médecine

# Appareil respiratoire

 Pour les articles homonymes, voir appareil.

 Pour l'appareil de protection de la respiration, voir appareil respiratoire isolant.



Cet article est une ébauche concernant la médecine.

Vous pouvez partager vos connaissances en l’améliorant (**comment** ?) selon les recommandations des projets correspondants.

L'**appareil respiratoire** permet un échange gazeux entre le sang des veines et l'air atmosphérique. Il fournit du dioxygène au sang et expulse du corps les déchets gazeux, comme le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Cet échange a lieu dans les poumons, plus particulièrement au niveau des alvéoles pulmonaires.

## Système respiratoire des êtres humains

Le mot « respiration » désigne en fait deux phénomènes :

La respiration est du à l'**ensemble des mécanismes inspiratoires et expiratoires** qui ont pour but :

- de fournir de l'oxygène à l'organisme ;
- d'éliminer le dioxyde de carbone.

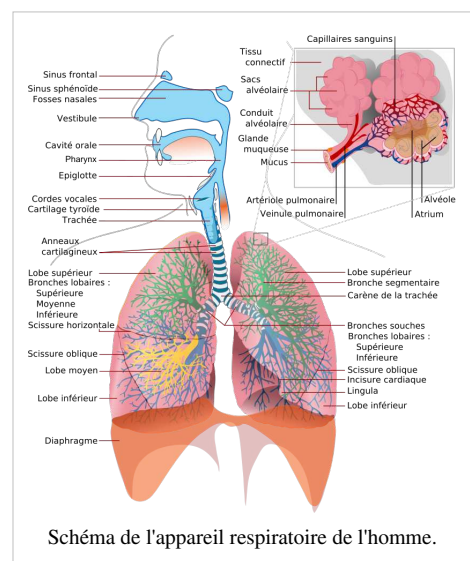


Schéma de l'appareil respiratoire de l'homme.

Ces échanges gazeux se font par jeux de pressions aux niveau des alvéoles pulmonaires, les gaz diffusent dès qu'ils sont plus concentrés d'un côté que de l'autre de la paroi alvéolaire. L'O<sub>2</sub> est transporté dans le sang principalement grâce à l'hémoglobine, contenu dans les hématies.

La respiration définit aussi **l'ensemble des réactions chimiques oxydatives** (qui consomment de l'oxygène pour dégrader des matières organiques comme le glucose ou les lipides) à l'intérieur des cellules de l'organisme. Ce sont ces réactions qui produisent du CO<sub>2</sub>. C'est en fait *la respiration* ; le mouvement d'inspiration-expiration n'est qu'une *ventilation* du sang. La vie commence par une inspiration, le besoin d'éliminer le CO<sub>2</sub> (déchet toxique pour l'organisme) est plus important que le besoin de réoxygénation du sang.

Ce sont les échanges gazeux dans les poumons qui permettent la respiration cellulaire :

- les cellules absorbent le O<sub>2</sub> dissout dans le sang ;
- les cellules rejettent le CO<sub>2</sub> dans le sang.


## Système respiratoire des insectes

Les insectes possèdent un système respiratoire constitué de trachées : des tubes qui s'ouvrent à l'extérieur et qui se ramifient à l'intérieur du corps pour distribuer directement le dioxygène aux organes. Grâce à ce système, les insectes se passent de système circulatoire, ils n'ont pas de vaisseaux sanguins assurant le transport des gaz.

## Système respiratoire des oiseaux

Article détaillé : Système respiratoire des oiseaux.

## Liens externes

- Voir un schéma détaillé sur l'appareil respiratoire <sup>[1]</sup>
-  Portail de la médecine

## Références

[1] [http://www.infovisual.info/03/059\\_fr.html](http://www.infovisual.info/03/059_fr.html)

# Respiration humaine

---



Cet article est une ébauche concernant la médecine.

Vous pouvez partager vos connaissances en l’améliorant (**comment** ?) selon les recommandations des projets correspondants.

La respiration chez l'Homme consiste en des échanges entre l'atmosphère et les alvéoles pulmonaires qui sont assurées par la ventilation pulmonaire dans l'état gazeux. Il existe également une méthode de respiration basée sur les fluides respiratoires. Les échanges alvéoles pulmonaires ↔ sang s'effectuent par diffusion alvéolo-capillaire dans l'état dissous.

Lors de l'inspiration, l'air pénètre dans les poumons ; le dioxygène ( $O_2$ ) passe au travers des parois des alvéoles et se fixe sur les hématies (globules rouges), tandis que le dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) dissous dans le plasma sanguin passe lui dans l'air pulmonaire, et est expulsé à l'expiration.

Le sang oxygéné est transporté par les artères grâce à l'action du cœur (circulation sanguine) et est acheminé vers les différents organes. Là se produit la respiration cellulaire : le dioxygène est utilisé pour une réaction d'oxydo-réduction qui dégage de l'énergie, énergie stockée sous forme d'adénosine triphosphate pour être utilisée par la cellule. Cette réaction produit du dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) qui se dissout dans le plasma et est acheminé vers les poumons *via* les veines.

À chaque inspiration normale, 0,5 litre d'air entre dans les poumons, soit environ 8 000 litres par jour ou à peu près 10 kg (sachant qu'un litre équivaut à 1,29 g). Le volume d'air qui pénètre « en plus » au cours d'une inspiration forcée est de 2,5 à 3 litres.


En fin d'expiration normale, on peut encore « chasser en plus » 1 litre d'air : on effectue alors une expiration forcée.

En fin d'expiration forcée, il reste encore 1,5 litre d'air dans les poumons ; on ne peut donc jamais les vider complètement.

Volume d'air inhalé (en litre par minute) en phase de :

- repos : 6
- marche : 15
- promenade à bicyclette : 15
- marche rapide : 30
- montée d'escalier : 30 à 40
- vélo intensif ou en côte : 60 à 100
- course d'endurance : 60 à 100

## Voir aussi

- Intensité respiratoire
- Ventilation pulmonaire
- Ventilation artificielle
- Ventilation mécanique
-  Portail de la médecine

# Nerf

---

*Pour le sens en mathématiques, lire nerf d'un recouvrement*

En neuroanatomie, au sein du système nerveux, périphérique et central, un **nerf** désigne un regroupement d'axones, myélinisés ou non, issus de cellules nerveuses ou neurones. La myélinisation est assurée par les cellules de Schwann pour le système nerveux périphérique et par les oligodendrocytes pour le système nerveux central.

On distingue 12 paires de nerfs crâniens au niveau encéphaliques, et 31 paires de nerfs rachidiens au niveau de la moelle épinière. Ces nerfs transmettent des signaux sensoriels ou moteurs de manière centripète et centrifuge.

Les nerfs véhiculent des signaux électriques appelés potentiel d'actions qui correspondent à des mouvements ioniques (sodium et potassium) transmembranaires par des canaux ioniques enchassés dans la membrane plasmique. Ces potentiels se déplacent de proche en proche sur les axones non myélinisés, ou de nœuds de Ranvier en nœuds de Ranvier sur les fibres myélinisées.

## Fonctions

Les nerfs sont les seuls liens de connexions entre le cerveau et le reste du corps humain. En cela, un vaste réseau part du cerveau (situé dans la boîte crânienne) et descend dans tout le corps grâce à la moelle épinière passant par les vertèbres de la colonne vertébrale, sur laquelle sont reliées tous les nerfs. Ces nerfs sont ensuite connectés aux différents organes, muscles, glandes et récepteurs sensoriel (pour les nerfs sensitifs) et ainsi peuvent soit transmettre des informations au cerveau (cas des nerfs sensitifs) soit à l'inverse, le cerveau envoie des informations (cas des nerfs moteurs responsables par exemple de la mise en mouvement volontaire d'une articulation comme le bras).

## Nerf sensitif et nerf moteur

On distingue deux catégories de nerfs suivant le type d'information qu'ils convoient :

- les nerfs sensitifs (ou voie afférente) font remonter les informations depuis les récepteurs sensoriels somatiques (situés dans la peau, les muscles, etc.) et viscéraux jusqu'au Système Nerveux Central ;
- les nerfs moteurs (ou voie efférente) transportent la commande motrice depuis le système nerveux central vers les effecteurs (principalement les muscles, mais aussi les glandes) des systèmes somatiques ou autonomes (contrôlant le cœur, les muscles de la cage thoracique, l'estomac et les intestins, le foie, les reins et la vessie).

Les nerfs contenant des voies afférentes et efférentes sont dits mixtes.

## Anatomie générale

Les fibres efférentes nerveuses motrices naissent au niveau des centres cérébraux moteurs, appelés cortex moteur (ou *aires motrices*), où se situent les motoneurones. Elles cheminent ensuite dans la corona radiata et la capsule interne (qui sont des éléments de la substance blanche du cerveau), puis dans le tronc cérébral, et enfin dans la moelle épinière, jusqu'à la corne antérieure où elle passe le relai à un nouveau groupe de motoneurones. Ce nouveau groupe laisse ses axones former la racine rachidienne antérieure motrice. Il existe deux faisceaux moteurs : le faisceau pyramidal direct et croisé. De là, les fibres nerveuses se regroupent en nerfs selon leur fonction, émergent de la moelle, et rejoignent leur muscle de destination sur lequel elles vont agir *via* la plaque motrice et la voie extrapyramidale chargée des mouvements semi-automatiques.

Les fibres sensitives afférentes possèdent une terminaison dendritique dans l'organe cible (par exemple la peau), mais le corps cellulaire du neurone sensitif se trouve dans le ganglion rachidien, renflement de la racine rachidienne postérieure. L'axone de ce neurone sensitif chemine ensuite dans la moelle épinière, au sein d'un faisceau sensitif (faisceau cordonal postérieur ou faisceau spinothalamique).

---

La plupart des nerfs sont des nerfs mixtes, c'est-à-dire qu'ils sont composés à la fois de fibres sensitives et de fibres motrices.

## **Anatomie détaillée**

### **Le nerf périphérique**

Le nerf, s'il est périphérique (c'est-à-dire s'il appartient au système nerveux périphérique), est composé d'un assemblage très particulier de prolongement cellulaire (ici, axone). Plusieurs fibres nerveuses s'associent en fascicules par le biais d'un tissu conjonctif nommé endonèvre (tissu conjonctif lâche contenant de nombreuses microfibrilles de collagène). Plusieurs fascicules s'associent autour d'un autre tissu, le périnèvre (constitué d'une dizaine de cellules aplaties revêtues par une lame basale), formant ainsi un "groupe de fascicules". Enfin, plusieurs "groupes de fascicules" s'associent par le biais de l'épinèvre (tissu conjonctif dense contenant des adipocytes et des vaisseaux sanguins), donnant le nerf en tant qu'unité anatomique.

## **Fibres nerveuses du système nerveux autonome et fibres nerveuses qui font intervenir la conscience**

Le système nerveux autonome est la partie du système nerveux responsable des fonctions automatiques telles que la digestion, la sudation... ces fibres ont un rôle dans le maintien de l'équilibre du milieu intérieur, ou homéostasie, implique des interactions complexes entre des aspects physiologiques et comportementaux. Il peut y avoir des nerfs afférents et efférents.

On y oppose les neurones contrôlant volontairement ou consciemment des fonctions telles que le mouvement d'un membre.

## **Liste de nerfs chez l'homme**

### **Rachis et crâne**

- Nerf crânien
- Nerf spinal (ou nerf rachidien)



### **Membre supérieur**

- Plexus brachial
  - Nerf médian
  - Nerf musculocutané
  - Nerf ulnaire
  - Nerf axillaire
  - Nerf radial
-

## Membre inférieur

- Plexus lombo-sacré
- Nerf obturateur
- Nerf glutéal inférieur
- Nerf glutéal supérieur
- Nerf fémoral
- Nerf ischiatique
- Nerf cutané postérieur de la cuisse
- Nerf tibial
- Nerf fibulaire superficiel
- Nerf fibulaire profond
- Nerf cutané latéral de la cuisse

## Lien externe


- Voir un schéma qui détaille les nerfs originant de la colonne vertébrale <sup>[1]</sup>
-  Portail des neurosciences
-  Portail de la médecine

## Références

[1] [http://www.infovisual.info/03/039\\_fr.html](http://www.infovisual.info/03/039_fr.html)

# Perception

---

 Pour les articles homonymes, voir Perception (homonymie).

La **perception** est une faculté bio-physique ou le phénomène physio-psychologique et culturel qui relie l'action du vivant aux mondes et à l'environnement par l'intermédiaire des sens et des idéologies individuels ou collectifs. Chez l'espèce humaine, la perception est aussi liée aux mécanismes de cognition par l'abstraction inhérent à l'idée et aux notions apprises dans la pensée.

Le mot perception désigne donc, soit la capacité sensitive (l'instinct par exemple), soit le processus de recueil et de traitement de l'information sensorielle ou sensible (en psychologie cognitive par exemple), soit la prise de conscience qui en résulte.<sup>[1]</sup>

En psychologie expérimentale, chez l'être humain, on distingue des échelles de la perception consciente et la perception inconsciente, dite aussi implicite ou subliminale. Cette distinction a été étendue aux autres animaux dans la mesure où celle-ci est reconnue ou, dans une autre mesure, peuvent être entraînés et conditionnés à indiquer ou pas s'ils ont perçu ou non un stimulus.

La perception d'une situation fait appel à la fois aux sens, à l'esprit, aux idées, à l'instant et au temps.

## Perception sensorielle

La perception sensorielle est la perception "immédiate" que nos sens nous livrent, comme des informations directes. Le terme de "sensation" est parfois utilisé dans un sens plus large (recouvrant aussi les émotions) ; on ne peut donc le retenir pour dénommer cette forme de perception. Chez l'humain, on distingue cinq sens délivrant cette information :

En psychologie cognitive, la perception est définie comme la réaction du sujet à une stimulation extérieure qui se manifeste par des phénomènes chimiques, neurologiques au niveau des organes des sens et au niveau du système nerveux central, ainsi que par divers mécanismes qui tendent à confondre cette réaction à son objet par des processus tels que la représentation de l'objet, la différenciation de cet objet par rapport à d'autres objets.

## Mesure de la perception sensorielle

Les phénomènes perceptifs ne possèdent pas d'échelle de mesure continue. Ce sont avant tout des phénomènes temporels, c'est-à-dire que leur mesure n'est pas constante pour tous les instants (t). Chez l'humain, l'ouïe et la vue sont les deux sens qui nous transmettent des informations les plus importantes sur le temps et sur l'espace ; mais l'inégalité entre les rayonnements sonores et les rayonnements lumineux est pour beaucoup à l'origine d'une flagrante inégalité entre ces sens. Le seuil de perception d'un son par l'oreille est situé à  $10^{-16}$  W, quand le seuil de perception d'une source lumineuse ponctuelle (à l'œil nu) est situé à  $10^{-18}$  W. La vue est donc un sens réservé à l'immédiat. L'ouïe, en véhiculant des indications d'un autre ordre, nous renseigne beaucoup plus sur ce qui est du domaine de l'émotion, des sentiments : par exemple, outre qu'elle peut porter plus d'informations, la voix au téléphone nous en dit plus sur l'état «psychologique» de l'interlocuteur qu'une photo.

## Mesure de la sensation

Les quantités mesurables nous apprennent peu de choses sur les phénomènes perçus, comme en attestent les illusions d'optique où, par exemple, un même objet peut nous apparaître plus clair ou plus foncé suivant la luminance des objets qui l'entourent. La psychologie de la perception cherche donc à établir le lien qui existe entre l'objet physique et la perception qu'on en a.

Les théories physicalistes du XIX<sup>e</sup> siècle ont tenté de relier, de façon bilatérale et univoque, sensations et grandeurs physiques. Le pragmatisme de ces recherches cherchait à exprimer des grandeurs affectives en fonction de données empiriques (degrés de hiérarchie des perceptions, comparaison de leur somme et de leur différence), des attributs sensibles en fonction de mesures physiques (définissables a priori). L'approche psychophysique a, par la suite, entrepris de mesurer précisément notre sensibilité à différents paramètres physiques (comme la couleur ou l'intensité sonore) afin de déterminer ce qui seraient les lois générales de la perception, comme la loi de Weber-Fechner. Selon une autre approche, les courants inspirés de la psychologie de la forme (Gestalt) ont cherché à comprendre comment se structurait la perception autour de principes généraux. Par exemple, selon le principe de clôture, une forme sera plus facilement perçue si elle est fermée que si elle est ouverte ; on retrouve une illustration de ce principe dans le triangle de Kanizsa où l'on perçoit spontanément un triangle blanc alors que seuls trois disques noirs sont dessinés. Les illusions visuelles fournissent une explication potentielle aux illusions de jugements ou illusions cognitives. À titre d'exemples, on peut citer les dessins bien connus de W.E. Hill (ma femme et ma belle-mère ainsi que le dessin de l'homme barbu). Les gestaltistes ont beaucoup travaillé sur ces équilibres visuels : premier plan et arrière plan, zones claires et zones sombres, contours convexes et concaves. Une fois que l'expérience a permis de comprendre la dualité de l'image, les limitations dans la perception ou dans le jugement peuvent être facilement vaincues. Comme l'affirmait Goethe, nous ne voyons que ce que nous savons. Et, "la découverte consiste à voir ce que tout le monde a déjà vu et à penser ce que personne n'a encore pensé".

On peut aussi mentionner les approches physiologiques qui cherchent à comprendre quels sont les mécanismes qui permettent la perception aussi bien au niveau des organes des sens que des neurones du système nerveux.

## Perception visuelle

L'œil ne fonctionne pas comme un capteur photographique d'appareil numérique, l'œil comprend deux systèmes complètement différents : Le système fovéal donne la possibilité d'examiner des points d'environ 2 degrés d'angle 3 à 4 fois par seconde. C'est un système très lent avec une excellente résolution un bon rendement des couleurs. Le système de la rétine périphérique rend jusqu'à 90 images comprimées par seconde - d'un angle d'environ 180 degrés, avec une pauvre résolution. Il sert à comprimer l'impression globale de la situation. Ces deux systèmes relient le monde extérieur avec sa représentation intérieure. La perception visuelle est donc un système d'identification. Il permet d'identifier p. ex. une personne par la comparaison de quelques points critiques et l'impression globale avec les images internes. Pour percevoir un objet il faut en avoir vu des objet similaires.

La perception des visages fonctionne depuis la naissance. Mais la discrimination de plusieurs visages est une capacité qui s'apprend.

## Perception auditive

La branche de la psychologie qui étudie la façon dont nous percevons les sons est la psychoacoustique.

### Mécanisme de l'audition

La chaîne de l'audition est complexe. Ses mécanismes sont développés dans l'article *Ouïe*. Les sons transmis par l'air sont captés et amplifiés par le pavillon qui les focalise vers le conduit auditif jusqu'au tympan, membrane qui entre alors en vibration. La chaîne des osselets transmet et amplifie ces vibrations (conduction mécanique) et elles sont transmises à l'oreille interne. Elles provoquent des ondes de pression correspondant aux ondes sonores. Ces ondes de pression permettent de communiquer les vibrations à la partie la plus délicate et la plus interne de l'oreille humaine, la cochlée. Les ondes mécaniques font bouger les cils de l'oreille interne, ce qui active la production d'influx nerveux chargés de transmettre l'information au nerf auditif, jusqu'au cortex auditif.

## Perception olfactive

La perception olfactive est relativement délaissée par beaucoup d'humains, et beaucoup plus utilisée par certains animaux. On l'utilise cependant souvent sans s'en rendre compte. Il participe, avec la perception gustative, à la sensation du goût

Mécanisme de l'odorat : voir le Nez.

## Perception tactile

La perception tactile est la perception par l'homme ou l'animal de sensations par le toucher transmise par l'intermédiaire de la peau. Elle inclut non seulement la perception tactile au sens étroit (reconnaissance de textures, d'élasticité, lecture en braille, etc. ) mais aussi la perception thermique (sensation de chaud ou le froid), et même des perceptions émotionnelles, telles la douleur ou la sensualité.

Mécanisme du toucher : voir toucher (sens), peau et nerfs.

## Perception gustative

C'est la perception du goût.

Mécanisme du goût : voir aussi la langue (anatomie) et le palais (anatomie).

## Perception temporelle

Si nous possédons des yeux pour voir, des oreilles pour entendre et un nez pour sentir, nous n'avons pas de récepteurs sensoriels spécifiques dédiés à la perception du temps. Or nous sommes pourtant capables de percevoir l'écoulement du temps. L'étude de la perception du temps se confronte donc à un paradoxe qui renvoie à la nature même du temps où se rencontrent les expériences psychologiques, les réflexions philosophiques, notre compréhension du fonctionnement du cerveau et nos connaissances des cycles circadiens.

La perception temporelle a fait l'objet de nombreux travaux depuis les premières études psychophysiques au XIX<sup>e</sup> siècle jusqu'aux explorations en imagerie cérébrale. Les expérimentateurs se sont attelés à distinguer différents types de phénomènes qui relèvent tous de la perception du temps :

- la perception des durées
- la perception et la production de rythmes
- la perception de l'ordre temporel et de la simultanéité

La question reste posée de savoir si ces différents domaines de la perception temporelle procèdent des mêmes mécanismes ou non, en particulier d'autres distinctions ont été introduites sur la base de l'échelle de temps considérée. Ainsi selon le psychologue français Paul Fraisse, il convient de distinguer la perception (pour des durées relativement brèves jusqu'à quelques secondes), de l'estimation temporelle, qui, elle, désigne l'appréhension de durées longues (supérieures à plusieurs secondes jusqu'à des heures ou davantage).

## Perception de l'espace

De même que la durée, les distances entre les objets peuvent faire l'objet d'une perception. Ainsi, il est possible de dire si tel objet est plus proche de nous que tel autre ou encore qu'un tel est plus grand qu'un autre. L'argument pour isoler une perception de l'espace à côté des sens physiologiques (tels la vision ou l'audition) repose sur l'observation que l'information spatiale que l'on extrait de l'environnement semble être supra-modale, c'est-à-dire partagée entre les différentes modalités sensorielles de localisation. Ainsi il est possible de dire si un son provient d'un objet visuel. Le lobe pariétal du cerveau joue un rôle important dans la perception de l'espace.

*Voir aussi : Localisation auditive*

## Perception et audiovisuel

La perception par l'œil ou par l'oreille des phénomènes qui nous entourent sont limités par les récepteurs mis en jeu. L'oreille humaine ne capte les signaux sonores que dans une gamme de 20 à 20 000 hertz en moyenne. L'œil, pour sa part, est limité aux longueurs d'ondes comprises entre 400 nm et 700 nm ; c'est la lumière visible.

De plus, il semblerait que l'interprétation par le cerveau des images transmises par l'œil ne puisse être considérée comme copie conforme de la réalité, mais plutôt comme des références à des images (ou à des portions d'images) déjà imprégnées dans la mémoire de l'individu. Grâce à cela, on reconnaît un petit morceau d'assiette cassée alors qu'un ordinateur, lui, en sera complètement incapable.

Sans parler des phénomènes de persistance rétinienne, on utilise en audiovisuel les carences de nos perceptions pour manipuler les sons et les images pour qu'elles deviennent plus petites en termes d'espace occupé sans pour autant qu'elles ne perdent leur qualité intrinsèques de transport d'informations. On parle alors de codage, de compression du média.

Les codecs les plus évolués prennent en compte de manière très fine les imperfections de nos perceptions pour atteindre des compressions inconnues avant les travaux des scientifiques sur la perception de nos cinq sens et

l'interprétation faite par notre cerveau des données reçues.

## Loi de Weber-Fechner

Pierre Bouguer (1760), puis Ernst Weber (1831) ont cherché à déterminer la plus petite variation physique perceptible d'un stimulus. La loi de Bouguer-Weber stipulait que le seuil différentiel (plus petite différence perceptible entre deux valeurs de stimuli) augmentait linéairement avec la valeur du stimulus étalon. Le médecin Gustav Fechner (inventeur du terme *psychophysique*) a modifié cette loi, pour la rendre valide aux valeurs extrêmes de stimuli : «la sensation varie comme le logarithme de l'excitation». Cette distanciation de la somme des causes et des transformations linéaires et affines procurant le résultat, l'effet, n'a été rendue possible que lorsque Fechner eut introduit vers 1860 la notion de seuil de perception et précisé certaines méthodes d'investigation et d'observation qui permettaient de les repérer.

## Intensif - extensif

Rappelons que l'on doit à Bergson d'avoir dénoncé dans son «Essai sur les données immédiates de la conscience» ce qu'il appelle l'«illusion» consistant à confondre «l'intensif et l'extensif». Des valeurs intensives, terme un peu désuet aujourd'hui, sont des valeurs qui augmentent par degrés, mais que l'on ne peut ni rattacher à un nombre, ni rattacher à une étendue ; par opposition, l'extensif se rapporte, lui, à une étendue. Pour Bergson, nous associons inconsciemment ce que nous ressentons à la cause de notre impression ; nous ressentons une certaine quantité, définie par le contraste, la nuance, et nous cherchons un peu abusivement à la définir par une grandeur en objectivant une donnée qui appartient en propre à la conscience subjective. Or, «la sensation est un fait psychologique qui échappe à toute mesure.» Bergson ne nie pas la mesure des seuils différentiels de Weber qui juge de l'excitation, donc de la cause. Mais il critique l'amalgame de Fechner qui met la cause dans l'effet. Il prône donc une radicalisation de la pensée qui mette plus en valeur les états subjectifs. Il faut, nous apprend-il, rétablir la vérité des «données immédiates de la conscience». On le sait aujourd'hui, la pseudo-loi de Weber-Fechner reste très approximative : elle n'est à peu près exacte que dans la zone des valeurs moyennes. Ces théories physicalistes opéraient en fait une appréciation psychophysique trop radicale du lien qui unit le monde subjectif du perçu et une ou plusieurs grandeurs mesurables.

## Perception au sens philosophique

Dans un environnement complexe, la perception d'une situation fait appel à une intelligence globale. La perception de ce qui est, correspond au sens philosophique, à accorder une faculté à la perception. La perception du réel se modifie à chaque instant. La perception d'une situation complexe peut être entravée par des biais cognitifs comme la pensée, l'ignorance et les croyances. Le phénomène qui peut entraver la perception juste d'une situation est particulier à la mémoire et à l'illusion. Ce peut être aussi d'autres formes de biais cognitifs (dissonances cognitives) ou des sophismes, de la part des personnes qui échangent leur point de vue sur une situation - ce qui correspond plus à des opinions qu'à une perception.

Pour se prémunir contre tous ces risques, s'il en est, il est important de croiser les sources d'information, et de croiser les interprétations de ces sources. Ainsi, les situations du monde réel qui apparaissent complexes demandent une attention pour qu'une qualification plus coordonnée des informations, dans laquelle interviennent différentes opinions offre une prise dans la réalité.

Chez les humains de diverses cultures, le partage des informations et leur qualification, dans une collectivité ou une entreprise, font appel à des méthodes et à des sciences cognitives.

Plusieurs philosophes se sont penchés sur le phénomène de la perception.

Baruch Spinoza, dans le *traité de la réforme de l'entendement* (1661-1677), distingue quatre modes de perception :

- la perception par les sens (cf ci-dessus),
- la perception par l'expérience,

- la perception par le raisonnement déductif,
- la perception par l'intuition.

La perception par l'expérience est un processus empirique, qui fait aujourd'hui appel à des méthodes expérimentales sophistiquées.

Autant les deux premiers types de perception (perception par les sens et par l'expérience) sont individuels, autant le raisonnement, et aussi l'intuition ont des implications collectives : c'est à ce stade que l'intelligence (inter-ligere, en latin, signifie lier entre) de l'individu, face à une situation, nécessite des communautés que les perceptions des uns et des autres interagissent pour aboutir à une vision structurée d'un ensemble à un moment particulier. En gestion des connaissances, on parle de communautés de pratique.

Pour donner un point de vue sur une situation globale, l'intuition peut nous amener à faire des généralisations de cas singuliers, c'est-à-dire procéder par induction. La généralisation peut être inappropriée, car les cas singuliers choisis ne sont pas nécessairement représentatifs, et même ils peuvent être choisis intentionnellement pour arriver à une conclusion prédéterminée, ce qui est une logique fallacieuse. À cette réserve près, l'induction est parfois un complément indispensable du raisonnement déductif pour percevoir une situation complexe.

Henri Bergson (*données immédiates de la conscience*) s'est inspiré de Spinoza sur la question de l'intuition.

Maurice Merleau-Ponty a également étudié le phénomène de la perception. La perception a, selon lui, une dimension active en tant qu'ouverture primordiale au monde vécu (au *Lebenswelt*)<sup>[2]</sup>. Contrairement à la conception cartésienne de la pensée, Merleau-Ponty estime que le corps n'est pas qu'un objet potentiel d'étude pour la science. Il souligne qu'il y a une inhérence de la conscience et du corps dont l'analyse de la perception doit tenir compte. Le primat de la perception signifie un primat de l'expérience, dans la mesure où la perception revêt une dimension active et constitutive<sup>[3]</sup>.

## Bibliographie

- Baruch Spinoza, *Traité de la réforme de l'entendement humain*, 1661-1677
- Platon, *Théétète*
- Aristote, *De l'âme*,
- Long et Sedley, *Les philosophes hellénistiques*, Tome II, les Stoïciens,
- Kant, *Critique de la raison pure*,
- Bonnet C. (1986). Manuel pratique de psychophysique, Armand Collin.
- Fechner G.T. (1860). Element der Psychophysik, Leipzig, Breitkopf and Härtel.
- Hans-Werner Hunziker, *Im Auge des Lesers, foveale und periphere Wahrnehmung: vom Buchstabieren zur Lesefreude*. ISBN 978-3-7266-0068-6
- Jérôme Dokic, *Qu'est-ce que la perception ?*, Vrin, coll. Chemins philosophiques, 2004

La perception dans la phénoménologie

- Husserl, (1907) *Chose et espace*, PUF, coll. Epiméthé
- Husserl, (1913) *Idées directrices pour une phénoménologie*, Gallimard, TEL, trad. P. Ricoeur
- Merleau-Ponty (1945). *Phénoménologie de la perception*,
- Merleau-Ponty, *Le primat de la perception et ses conséquences philosophiques*, Éditions Verdier, 1996
- Henry, *Généalogie de la psychanalyse*, PUF, coll. Epiméthé
- Barbaras, *La perception, essai sur le sensible*, Vrin, 2009

## Référence



- [1] Définition lexicale (<http://www.cnrtl.fr/definition/perception>) (centre nationale des ressources textuelles)
- [2] Maurice Merleau-Ponty, *La structure du comportement*, Paris, Presses Universitaires de France, collection « Quadrige », 1990, pages 235-236 ; et Maurice Merleau-Ponty, *Phénoménologie de la perception*, Paris, Éditions Gallimard, collection « Tel », 1976, pages II-III et p. 240, et p. 348 ; et Maurice Merleau-Ponty, *Le primat de la perception et ses conséquences philosophiques*, Éditions Verdier, 1996, page 67.
- [3] Principalement dans Maurice Merleau-Ponty, *Phénoménologie de la perception*, Paris, Éditions Gallimard, collection « Tel », 1976, aux chapitres IV, V et VI

## Voir aussi

### Articles connexes


- Psychophysique
- Illusion
- Intuition
- Psychologie sociale, Psychologie du raisonnement,
- Attention
- Biais cognitif
- Substitution sensorielle
- Conscience | Jugement | Cognition | Connaissance | Esthétique | Image
- Pour une étude de la perception dans le bouddhisme, voir samjñā

### Liens externes

- Laboratoire de Physiologie de la Perception et de l'Action du Collège de France (<http://www.college-de-france.fr/chaires/chaire8/presentation.htm>) (travaille sur les bases neurales de la perception, de l'action, mais aussi d'autres fonctions cognitives comme l'attention et la mémoire)
-  Portail des neurosciences
-  Portail de la psychologie

# Mouvement (anatomie)

---

 Pour les articles homonymes, voir Mouvement.



Cet article est une ébauche concernant la médecine.

Vous pouvez partager vos connaissances en l’améliorant (**comment ?**) selon les recommandations des projets correspondants.

Cet article décrit les différents **mouvements** que peuvent avoir les articulations. Un mouvement est un geste produit par un être humain en possession de muscles. C'est aussi grâce aux articulations que les hommes (et la plupart des animaux) peuvent bouger : doigts, jambes, épaules, tout ça est relié par ces articulations qui nous donnent des possibilités de mouvements.

## Mécanisme du mouvement

Le mouvement se fait par l'action des muscles sur les os, *via* les tendons. Il est possible grâce à la constitution de l'articulation qui laisse un certain nombre de degrés de liberté aux os, notamment grâce au caractère élastique des ligaments.

L'énergie nécessaire au mouvement suit le métabolisme classique : elle est produite par les mitochondries.

## Dénomination des mouvements

Les mouvements sont décrits en utilisant les 3 plans de référence (perpendiculaires entre eux) suivants :

1. le plan sagittal ou médian: sépare la gauche de la droite.
2. le plan frontal : sépare l'avant de l'arrière.
3. le plan horizontal: sépare le haut du bas.

Les mouvements de flexion et d'extension se déroulent parallèlement à un plan sagittal ou sont contenus dans un plan sagittal.

Les mouvements d'abduction et d'adduction se déroulent parallèlement à un plan frontal ou sont contenus dans un plan frontal (parallèle au front).

Les mouvements de rotation (interne ou externe, vers la droite ou la gauche) se déroulent dans un plan horizontal.

Grosso modo, on peut retenir que :

- Lors de la **flexion**, l'angle qui est formé par les os qui participent à l'articulation, **diminue**.
- Lors de l'**extension**, cet angle **augmente**.
- Lors des mouvements d'**abduction**, l'extrémité distale du membre mobilisé s'écarte du plan sagittal ou médian.
- Lors de l'**adduction**, elle s'en rapproche.
- Pour la **rotation interne**, c'est la face antérieure du membre qui pivote **vers l'intérieur**.
- Pour la **rotation externe**, la face antérieure du membre mobilisé pivote **vers l'extérieur**.
- Les mouvements de **flexion/extension** de la colonne vertébrale se produisent dans le plan sagittal (l'axe est perpendiculaire au plan) ; la **flexion** est le mouvement vers l'avant (postéro-antérieur), l'**extension** est le mouvement vers l'arrière (antéro-postérieur).
- Pour une articulation rattachée au tronc (épaule, hanche), on parle d'**élévation** lorsque l'extrémité du membre va vers le haut, et d'**abaissement** lorsqu'elle va vers le bas.

Rotation dans l'axe de la partie de référence :


- pour *la colonne vertébrale*, on parle simplement de **rotation axiale** pour désigner le fait de pivoter/regarder vers la gauche ou vers la droite ;

- pour *la main et le pied*, on parle de **pronation-supination** ;
  - pour la main, la pronation consiste, lorsque l'avant-bras est horizontal, à mettre la paume vers le bas, comme pour « prendre » ; la supination consiste à mettre la paume vers le haut, comme pour « supplier » Le mot "supination" provient du mot latin *supinare* qui signifie renverser sur le dos.
  - pour le pied : l'inversion consiste à soulever le bord médial de la plante du pied, lors de l'éversion, le bord latéral de la plante du pied se soulève.

Rotation par rapport au troisième axe (perpendiculaire aux deux autres) :

- **Inflexion latérale** : pour la colonne vertébrale, c'est l'inclinaison, le mouvement dans le plan de la colonne vertébrale contenant les épaules, la rotation par rapport à l'axe arrière-avant
- pour les articulations rattachées au tronc (hanche, épaule), on parle d'**adduction** (vers le "dedans") lorsque le membre se rapproche du tronc, et d'**abduction** (comme "byebye") lorsqu'il s'en éloigne ;
- pour les doigts, le mouvement selon l'axe perpendiculaire à la paume s'appelle l'**écartement** ou le **rapprochement** ; le pouce a également un mouvement d'adduction-abduction (rapprochement-éloignement de la paume)

## Voir aussi

- muscle fléchisseur - muscle extenseur
- muscle pronateur - muscle supinateur
- muscle adducteur - muscle abducteur
-  Portail de la médecine

# Systeme reproducteur

---

Le **système reproducteur** d'un organisme est le système corporel constitué de toutes les parties affectées aux fins de reproduction. Chez les organismes sexués, on parle des **organes sexuels** ou des **organes génitaux**, ou encore des **caractères sexuels primaires**. Ils incluent les fonctions de l'insémination et de la fécondation ; chez les hauts vertébrés, on y ajoute la gestation et la parturition (naissance, mise bas ou ponte).

## Systeme reproducteur humain

Article détaillé : Appareil reproducteur.

Chez l'être humain, la représentation et la figuration des organes génitaux internes, de la femme notamment, a beaucoup évolué au gré des connaissances sur la fécondation<sup>[1]</sup>. Les organes jouant un rôle sexuel sont nombreux, incluant le système hormonal, le cerveau et les zones érogènes, dont le fonctionnement et les inter-relations sont encore mal compris.

## Autres vertébrés

Article connexe : appareil reproducteur (oiseau).

Le système reproducteur est centré sur les gonades, qui produisent les gamètes, ou cellules sexuelles. Chez les animaux sexués, on parle d'ovaire pour la gonade femelle et de testicule pour la gonade mâle.

## Fonctions du système reproducteur

**La fonction génitale de l'homme** est de produire les gamètes mâles spermatozoïdes et les introduire pas l'intermédiaire du pénis, dans les voies génitales de la femme où la fécondation a lieu.


**La fonction génitale de la femme** est de produire les gamètes femelles ovules et soutenir le développement d'un embryon en voie de développement pendant 9 mois.

## Articles connexes

- Appareil reproducteur
- (en)** Système reproducteur, sur la Wikipédia anglophone

## Notes et références

[1] Esquisse d'une topographie des organes génitaux féminins : grandeur et décadence des trompes (XVIIe-[[XIXe siècle|XIX<sup>e</sup> siècle (http://clio.revues.org/document590.html)]s)] (Article de Anne Carol pour la revue Clio, 2003) **(fr)**

-  Portail de la biologie

# Sexualité (reproduction)



**Cet article est une ébauche concernant la biologie.**

Vous pouvez partager vos connaissances en l’améliorant (**comment** ?) selon les recommandations des projets correspondants.

 Pour les articles homonymes, voir sexualité (homonymie).

La sexualité, en biologie, se rapporte à la reproduction sexuée et concerne les animaux, mais aussi des végétaux, des champignons, et d'autres espèces de l'embranchement Eukaryota.

C'est un mode de reproduction qui permet d'obtenir des individus toujours uniques grâce au brassage du patrimoine génétique (donc de l'ADN contenu dans les cellules en particulier sous forme de chromosomes).

L'origine de l'apparition de la sexualité est théorisée dans le cadre de la biologie de l'évolution. Elle « est apparue, vraisemblablement avec les premiers eucaryotes voici environ 1.5 milliard d'années »<sup>[1]</sup>. elle serait donc liée à l'apparition du noyau de la cellule qui abrite alors cet ADN et donc de l'embranchement des eucaryotes. Les deux hypothèses principales des causes biologiques sont l'évolution des mécanismes parasitaires et celui de la réparation de l'ADN.<sup>[1]</sup>.



Les Fleurs sont les organes de la reproduction sexuée des Angiospermes

## Fonctionnement biologique de la sexualité

### Distinction de la reproduction asexuée

La sexualité peut se définir par opposition à la multiplication asexuée, qui permet à un "parent" de se multiplier seul.

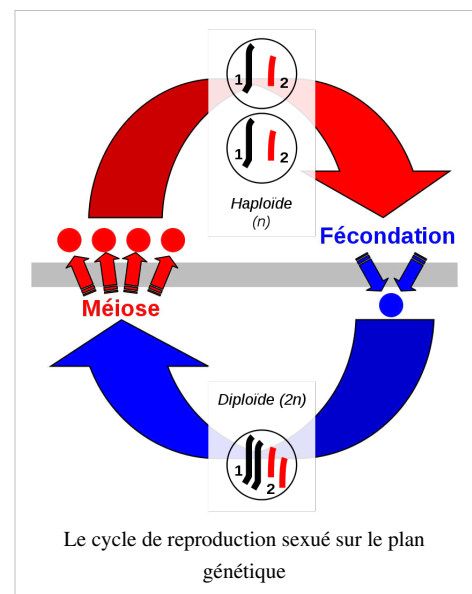
- Soit à l'identique par la multiplication végétative, qui génère donc des clones (le matériel génétique du nouvel individu est le même que celui du "parent")
- soit par la parthénogenèse, le développement spontané d'ovules non fécondés (le matériel génétique du nouvel individu est la moitié de celui du "parent". Par exemples chez les abeilles, les ouvrières non sexuées sont produites ainsi).

Chez les procaryotes, unicellulaires sans noyau assimilés aux bactéries, les échanges de matériel génétique par (l'intermédiaire de plasmide par exemple) ne sont pas sexués car ils n'impliquent pas la reproduction qui se fait distinctement et de façon asexuée par scissiparité.

### Le cycle de reproduction sexué

Le mécanisme de la reproduction sexuée est rattaché aux eucaryotes et à la présence d'un noyau. Il est caractérisé par l'alternance de deux phases, une diploïde, une haploïde, séparées par la méiose et la fécondation, formant ainsi un cycle de vie sexué (qui peut coexister dans certain cas avec cycle de reproduction asexué) :

- Une phase haploïde, la ou les cellules concernées possèdent un exemplaire de chaque chromosomes (en quelque sorte un patrimoine génétique simple).
- La fécondation, la fusion de deux cellules haploïdes en une cellule diploïde.
- Une phase diploïde, la ou les cellules concernées possèdent deux exemplaires de chaque chromosome. Pour chaque gène codant un caractère précis, il existe deux versions appelées allèles, c'est le cas entre autres des être humains. (le patrimoine génétique est comme doublé).
- La méiose, la fission, la séparation d'une cellule dont le matériel génétique est en double en cellules qui n'ont plus qu'un exemplaire de chaque chromosome. Elle correspond à la gamétogénèse (création des gamètes). Pendant cette phase les paires de chromosomes se mélangent entre elles, elles échangent des parties d'ADN et donc des gènes, et elles sont ensuite séparées au hasard.



On parle de brassage génétique de la reproduction sexuée qui induit l'unicité de chaque individu d'une espèce, ce qui permet d'affronter plus efficacement la sélection naturelle. Ainsi selon certains « C'est la sexualité qui a permis d'accélérer et d'amplifier le phénomène évolutif chez les plantes et les animaux qui se diversifient en multiples phylums. »<sup>[2]</sup>

Chez l'humain, comme chez la plupart des êtres vivants, le cycle diploïde est le plus développé, et le cycle haploïde ne concerne que les gamètes qui transmettent le code génétique, mais le contraire est possible (c'est le cas des mousses), ou encore de situations plus complexes (les abeilles peuvent se développer dans les deux cas).

## Type sexuel

Il est question de types sexuels à partir du moment où il peut exister une complémentarité génétique, donc l'existence d'une cellule vivante qui peut fusionner avec une autre qui lui serait complémentaire, une différenciation des individus en types sexuels « empêchant la combinaison entre cellules du même clone. »<sup>[3]</sup>

S'il existe des espèces chez qui on a dénombré de nombreux types sexuels (4 ou 8 chez certain paramécies, mais « Le meilleur, c'est *Stylonichia* : il s'offre 48 types sexuels différent »<sup>[4]</sup>), dans la plupart des cas on distingue deux sexes. Quand les gamètes sont différents (on parle d'anisogamie) par convention on nomme mâle les organismes qui produisent des gamètes plus petits et plus mobiles, et femelle, ceux qui produisent des gamètes plus volumineux, contenant généralement les organites nécessaire au fonctionnement cellulaire et au développement après la fécondation.<sup>[5]</sup>

Ces types peuvent dans certains cas coexister chez un même individu, simultanément (chez l'escargot notamment), ou alternativement, ils sont hermaphrodites permanents ou séquentiels.

Cette distinction des sexes est liée à une distinction génétique. On distingue les chromosomes sexuels, notés X et Y chez les mammifères (XY masculin, et XX féminin), et W et Z chez les oiseaux (ZZ pour le masculin, et ZW pour la femelle).

## Le rôle de la sexualité

### L'espèce

Ce qui caractérise le monde vivant et végétal en général c'est que chaque espèce, de l'organisme unicellulaire aux vertébrés évolués se comporte de telle façon qu'elle manifeste ce qui peut apparaitre comme une volonté de survivre *en tant qu'espèce*, alors que les individus sont amenés individuellement à disparaître.

Alors que les organismes unicellulaires se reproduisent par fission avec un niveau d'échange génétique très restreint, on ne peut parler de sexualité que chez les organismes pluricellulaires car c'est avec eux qu'une partie des cellules se spécialise en s'orientant vers la reproduction. Cette spécialisation augmente considérablement le niveau des échanges entre les individus et donc les possibilités d'évolution ou de mutation par le brassage du matériel génétique résultant de ces échanges.

Au fur et à mesure que l'on progresse sur l'échelle du monde vivant, il semble apparaître ce que l'on pourrait appeler une *liberté de choix* de plus en plus grande des individus. En effet, chez les organismes les plus simples du monde vivant, les échanges sexuels semblent soumis à une *programmation* qui ne laisse que très peu de place aux comportements individuels, alors que chez les mammifères les plus évolués, des possibilités d'initiatives plus grandes semblent lui donner l'occasion d'échapper en partie au déterminisme.

Avec l'Homme, dont les capacités cérébrales lui ont permis d'élaborer la dimension du symbolique et sa corrélation, l'imaginaire, la part du déterminisme semble encore plus restreinte. Mais ce serait sans doute une erreur de penser qu'elle a totalement disparu et certaines interrogations "naïves" sur ce qui pousse l'Homme à se reproduire dans un monde tellement hostile, feraient bien de prendre en compte cette part de notre héritage biologique.



### Reproduction et programmation

Les études éthologiques montrent que la reproduction des insectes, des poissons et des oiseaux semble se ramener à un échange de stimulus-réaction. Ceci signifie en pratique que les individus dans une espèce donnée s'échangent des signaux codés et programmés pour chaque espèce. Les signaux employés par chaque espèce sont fondés sur des couleurs, des postures, des mouvements de certaines parties du corps. Ceci est vérifiable expérimentalement à l'aide de leurres qui peuvent se réduire, par exemple pour certains oiseaux, à une silhouette qui, présentée dans la bonne orientation, va déclencher une réponse appropriée, marquant l'acceptation de l'acte sexuel.



Il s'agit là d'une imprégnation qui s'opère dès les premiers jours de l'existence de ces animaux. Konrad Lorenz a ainsi pu montrer que certains oiseaux privés dès l'éclosion de leur mère et élevés par des humains, répondaient par des postures typiques d'acceptation de la copulation lorsque certains mouvements de la main étaient produits par l'expérimentateur. Il ne s'agit pas alors, pour ces espèces animales, d'une rencontre entre individus, au sens où l'autre serait perçu en tant que tel, mais simplement du développement d'un programme adapté déclenché par un signal spécifique.

Ceci nous explique pourquoi Lorenz peut affirmer que : « La formation d'un acte instinctif ressemble à un organe. » (*Sur la formation du concept d'instinct*). On peut le dire autrement : l'instinct pour une espèce donnée est un programme qui se développe quand certaines conditions sont remplies.

Chez les **mammifères inférieurs** la copulation est encore dépendante de façon étroite d'un échange de signaux innés ou appris, même si ceux-ci sont plus variés et font notamment entrer une dimension sensorielle.

Mais chez les **anthropoïdes**, il semble bien que l'on accède à quelque chose de nouveau qui permet un certain accès à l'individuation. Les documentaires animaliers nous ont habitués à regarder et à reconnaître un certain *érotisme* chez les singes supérieurs : cérémonie de l'épouillage mutuel, jeux buccaux, jeux sociaux en tout genre. Il y a là l'amorce d'une prise en compte de l'individu, une rencontre qui peut nous sembler une ébauche par rapport à nos comportements humains, mais qui traduit un véritable saut qualitatif.

## Sexualité chez les mammifères

Chez les mammifères supérieurs, ce qui apparaît particulièrement frappant c'est la complexité plus grande du phénomène sexuel qui fait apparaître la coexistence de deux grandes caractéristiques :

1. **La périodicité** qui apparaît comme une règle générale du monde animal. Les primates, comme la très grande majorité des espèces animales, ne s'accouplent qu'à des périodes données de l'année. Il a été établi que ces périodes sont conditionnées par des facteurs climatiques, comme les variations de température, la luminosité qui stimulent l'hypothalamus qui à son tour donne un signal à l'hypophyse pour enclencher le cycle de formation des gonades. Ceci reste vrai chez les singes et les anthropoïdes, pour qui la femelle n'est attirante sexuellement qu'à certaines périodes de l'année.

2. **La dimension sociale** qui reste une caractéristique des singes et des anthropoïdes. Des expériences d'asocialisation ont été menées auprès de certains singes : ils sont isolés, privés des relations sociales qu'ils auraient entretenues avec leurs congénères pendant la période de leur développement. Arrivés à maturité sexuelle et mis en présence les uns des autres, il apparaît qu'il leur manque quelque chose d'essentiel qui favorise la rencontre sexuelle. Les mâles se comportent comme s'ils ne savaient comment pratiquer l'intromission ; la femelle de son côté ne prend pas la posture adéquate. Le comportement de ces sujets traduit un trouble auquel ils ne savent pas donner la réponse appropriée.



Bien plus, les rares couples qui parviennent au coït se comportent ensuite de façon tout à fait inhabituelle quand la femelle a mis bas ses petits. Elle ne s'en occupe pas, se montre rejetante et n'arrive pas à établir les règles sociales qui sont celles de son espèce.

En dehors de toute expérimentation, l'observation de babouins en liberté a montré que les jeunes mâles qui sont arrivés à maturité sexuelle à l'âge de cinq ans ne peuvent accéder au coït avant l'âge de dix ou onze ans, c'est-à-dire à un moment où ils ont acquis un statut social suffisant dans leur groupe social. Entre cinq et dix ou onze ans, non seulement ils se voient découragés dans leurs tentatives par les autres mâles dominants, mais les femelles les repoussent.

Tous ces éléments montrent que la sexualité des singes n'est pas uniquement dépendante de la maturation physiologique : les jeunes singes *apprennent* par la socialisation, leur maturation dépend de l'exercice précoce des règles de socialisation de leur groupe.

## Notes et références

- [1] Laurent Excoffier *L'évolution de la sexualité*, (1998), Laboratoire de Génétique et Biométrie, Département d'Anthropologie, Université de Genève ( source Web (<http://lgb.unige.ch/evolution/EvolSex.htm>))
- [2] José Javier Alvaro, *La vie au précambrien*, web (<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosevol/decouv/articles/chap2/alvaro.html>source)
- [3] Wenher Gehring, *biologie et physiologie animales* p.167, 1995 (ISBN 2-7445-0009-7)
- [4] <http://www.les-mares.com/html/plancton/plancton2.php>
- [5] <http://lgb.unige.ch/evolution/Glossaire.htm#Genres%20sexuels>

## Voir aussi

- Reproduction dans le règne animal
- Cycle de vie (biologie)
- Reproduction asexuée
- ♂ Portail de la sexualité et de la sexologie

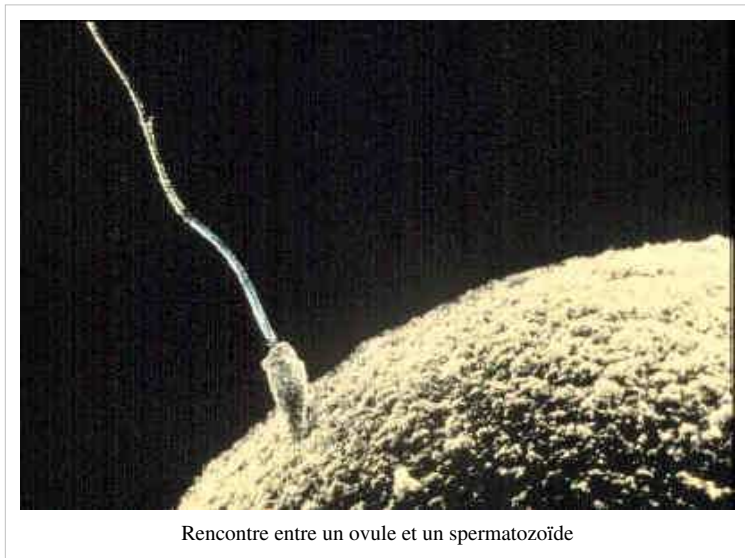
## Fécondation

La **fécondation**, pour les êtres vivants organisés, est le stade de la reproduction sexuée consistant en une *fusion* des gamètes mâle et femelle en une cellule unique nommée zygote. Elle a été observée et décrite pour la première fois par Gustave Adolphe Thuret en 1854 chez l'algue brune *Fucus*.

La fécondation permet le passage de deux cellules **haploïdes**, c'est-à-dire les gamètes, en une cellule **diploïde** qui est le **zygote**.

### Fécondation chez les végétaux

Le processus complet de la fécondation est encore mal compris. Ce n'est que récemment qu'on a compris la manière dont les tubes polliniques étaient chimiquement guidés vers l'ovule <sup>[1]</sup> en s'enfonçant dans les tissus de reproduction féminin avant de cesser sa croissance, se casser pour libérer deux spermatozoïdes, l'un fécondant l'ovule et l'autre fusionnant avec une cellule femelle pour générer l'endosperme, le tissu de nutrition de l'embryon végétal. Ce n'est que récemment qu'on a identifié le mode de signalisation permettant aux cellules mâles et femelles de se reconnaître et produire l'embryon. Au début des années 2000, Thomas Dresselhaus et ses collègues, à l'Université de Ratisbonne (Allemagne) trouvaient quatre protéines défensives exclusivement exprimée dans le sac embryonnaire, ce type de protéines étant habituellement sont impliqués dans le système immunitaire des végétaux, mais aussi d'insectes et d'autres animaux <sup>[2]</sup>. Elles auraient pu être destinées à tuer d'éventuels microbes qui auraient pénétré l'ovaire, mais via d'autres études d'expression des gènes et la création de plantes knock-down, on a montré que l'une de ces quatre protéines (la Défensine-like, ZmES4) est rejetée par le sac embryonnaire au cours du processus de fécondation et provoque la rupture du tube pollinique qui peut alors libérer les spermatozoïdes. La fonction de cette protéine n'était pas la défense, mais la rupture de l'extrémité du tube pollinique ; il pourrait s'agir d'un détournement de fonction



Rencontre entre un ovule et un spermatozoïde

originellement de protection immunitaire. La protéine cible du tube pollinique est celle des canaux potassiques. Quand elle est contactée par ZmES4, un flux d'ions potassium et d'eau est brusquement apporté dans les canaux potassiques, rompant l'équilibre osmotique et provoquant une mini-explosion qui libère également les deux spermatozoïdes. La protéine n'agit ainsi que sur le tube de sa propre espèce (La fécondation a même été retardée de 30 mn dans le tube pollinique était celui d'une sous-espèce proche de maïs, *Tripsacum dactyloides*)<sup>[2]</sup>. Certains généticiens souhaitent mieux comprendre ces mécanismes pour créer des outils biotechnologiques permettant de nouvelles fertilisation croisée voire la création de chimères (ce qui demanderait aussi de résoudre des problèmes d'incompatibilités génomiques). Des outils ou tests de sélection pourraient aussi dériver de cette découverte <sup>[2]</sup>.

Dans le domaine des végétaux, la fécondation se réalise selon deux modalités :

- **l'autofécondation** (autogamie), ou fécondation par son propre pollen (cas général chez le pêcher). Ce mode de fécondation favorise un taux élevé d'homozygotie. ;
- **l'interfécondation** (allogamie), ou fécondation croisée (cas général chez le pommier et le poirier), les insectes et particulièrement les abeilles assurant fréquemment la pollinisation. Ce mode de fécondation favorise un taux élevé d'hétérozygotie.

## Double fécondation

Chez les Angiospermes et les Gnétophytes la fécondation est double:

Le grain de pollen produit deux cellules germinales.

- l'une des deux cellules germinales mâle s'associe à l'oosphère. Ceci mène à la formation du **zygote-plantule**, ou embryon de plante, à l'origine d'une nouvelle plante. Ce zygote est diploïde.
- l'autre fusionne avec les deux noyaux de la cellule centrale et constituent le **zygote-albumen**, servant de réserve pour la plantule lors de la germination. Ce zygote est triploïde.

## Fécondation artificielle

Elle permet de réunir sur un seul individu les qualités possédées par plusieurs. Les soins préalables consistent à enlever, avant la fécondation, tous les anthères des fleurs qu'on veut féconder puis, quand le stigmate est bien développé, à apporter sur ces fleurs castrées, du pollen d'une variété dont on veut reproduire les caractères.

L'hybride ne sera pas le fruit obtenu mais le fruit issu du semis des graines du fruit obtenu.

Ce n'est **que** pour les végétaux...

## Fécondation chez les animaux

Deux types de fécondation existent chez les animaux: la fécondation interne et la fécondation externe.

## Fécondation chez l'être humain

Article détaillé : Fécondation humaine.

Chez les humains, comme chez la plupart des animaux, la fécondation est une des étapes de la reproduction. Elle consiste en la rencontre du gamète mâle, le spermatozoïde avec le gamète femelle, un ovocyte II. La fécondation se déroule en 4 phases bien distinctes :

- **Reconnaissance spécifique** : le spermatozoïde et l'ovocyte se reconnaissent comme compatibles, de la même espèce. Cette reconnaissance est effectuée entre les protéines composant la zone pellucide (enveloppant l'ovocyte pendant sa maturation) et des récepteurs présents sur la membrane du spermatozoïde. Le spermatozoïde ne subit pas de phénomène de rejet comme corps étranger car il produit à sa surface des cytokines polypeptidiques, des **Transforming Growth Factor-bêta** (TGFβ2 et TGFβ3) qui agissent comme éléments anti-rejet. Il se produit alors une réaction acrosomique, qui va "dissoudre" la zone pellucide et permettre le passage du gamète mâle,

jusqu'à la membrane plasmique de l'ovocyte. Chez l'humain et autres mammifères à fécondation interne, il n'y a *a priori* pas de problème de reconnaissance, deux espèces différentes ne s'accouplant que rarement ensemble. Les expériences ont tout de même montré qu'une fécondation entre deux espèces différentes n'était pas possible, du fait de la différence des génomes entre les espèces. Ce mécanisme de reconnaissance spécifique est surtout utile pour les animaux à fécondation externe, comme certains poissons ou batraciens : la femelle pond ses œufs dans le milieu, et le mâle vient y déposer son sperme.

- **Fusion du spermatozoïde et de l'ovocyte** : afin de garder une quantité  $2n$  de matériel génétique chez le zygote, un seul spermatozoïde doit féconder l'ovocyte : c'est la monospermie. Cette monospermie est permise grâce au réveil ovocytaire qu'entraîne la fusion des gamètes; ainsi les granules corticaux (lysosomes synthétisés durant la croissance de l'ovocyte) vont être exocytés et leurs contenus enzymatiques modifieront les glycoprotéines de la zone pellucide qui deviendra "imperméable" à d'autres spermatozoïdes.
- **Reprise de la méiose pour l'ovocyte** : celui-ci était bloqué en métaphase II avant la fécondation. Il finit donc sa deuxième division de méiose et expulse son deuxième globule polaire. Une fois cette étape terminée, on trouve dans l'ovocyte deux noyaux, appelés *pronuclei* : la pronucleus femelle et le pronucleus mâle (provenant du spermatozoïde). On peut alors parler d'ovule et non plus d'ovocyte.
- **Amphimixie et déclenchement du développement embryonnaire** : il s'agit de la fusion des deux pronuclei. En réalité, les deux pronuclei ne se fusionnent pas à proprement parler, comme on pourrait l'imaginer, mais le matériel génétique se rassemble sur la plaque équatoriale au moment de la métaphase de la toute première division cellulaire du nouveau zygote.

### Fécondation *in vitro*.

Jusqu'au  $XX^e$  siècle, la fécondation, la fusion des gamètes, avait nécessairement lieu dans le corps de la femme. Mais en 1978, naît le premier bébé obtenu par fécondation *in vitro*, donc par une fécondation hors du corps de la femme.

Le principe de base est simple : un prélèvement de sperme de l'homme et un ovocyte II de la femme sont mis en contact dans une éprouvette, et un œuf se forme. L'embryon obtenu est alors transféré dans l'utérus de la femme.

En fait, pour augmenter les chances d'avoir un embryon, il faut employer plusieurs ovules. Les ovaires de la femme sont sur-stimulés pour obtenir une dizaine d'ovules. Le sperme de l'homme est mis en contact avec tous ces ovules, ce qui permet d'obtenir 5 ou 6 embryons. Deux ou trois d'entre eux sont transférés dans le corps de la femme, alors que les autres sont congelés si la division cellulaire le permet. Ils pourront être utilisés pour une autre tentative, si les parents le désirent, ou bien être détruits.




## Histoire

Les Grecs utilisaient la fécondation artificielle du dattier au  $V^e$  siècle av. J.-C..

## Notes et références

- [1] Identification de deux protéines clés dans le processus de fécondation des plantes à fleur (<http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/59105.htm>) (Source : Ambassade de France au Japon/ ADIT, BE Japon 501 du 18/05/2009)
- [2] News de Megan Scudellari, à propos de S. Amien et al. *Defensin-Like ZmES4 Mediates Pollen Tube Burst in Maize via Opening of the Potassium Channel KZM1* ; PLoS Biol 8(6): e1000388 (<http://www.the-scientist.com/blog/display/57483/>)

## Articles connexes

- Caryogamie
-  Portail de la médecine
-  Portail de la biologie
-  Portail de la sexualité et de la sexologie

# Gamète

☞ Pour le genre de coléoptère de la famille des Cetoniidae, voir Gametis.

Un **gamète** est une cellule reproductrice mature capable de fusionner avec un autre gamète, du type complémentaire, pour engendrer une nouvelle génération d'un être vivant eucaryote. Les gamètes sont des cellules spécialisées dont la fonction est d'assurer la reproduction sexuée.

Le mot « gamète » a été inventé à partir des noms « *γαμέτης* » et « *γαμέτις* » qui en grec ancien désignent respectivement l'époux et l'épouse.

Les gamètes sont des cellules haploïdes, c'est-à-dire qu'elles contiennent une collection complète de  $n$  chromosomes, en un seul exemplaire chacun. Il existe quelques rares exceptions particulières qui sont liées à certains types de polyploïdies.

Le processus qui conduit à la formation des gamètes est appelé la gamétogenèse. La réduction à  $n$  du nombre de chromosomes implique l'existence d'une division cellulaire particulière, la méiose, qui survient avant ou pendant la gamétogenèse.

Le processus qui réalise la fusion de deux gamètes est appelé la fécondation. Celle-ci produit une nouvelle cellule unique, appelée zygote, dont le nombre de chromosomes a ainsi doublé à  $2n$ . Le développement du zygote donne ensuite un organisme nouveau de type diploïde.

Chez certaines espèces, par exemple plusieurs algues vertes de la classe des *Ulvophyceae*, les gamètes sont d'apparence et de taille identiques : la fécondation est dite isogame. Chez de nombreuses espèces, en revanche, il existe deux types de gamètes qui sont différenciables par la taille et éventuellement par l'apparence : la fécondation est alors dite anisogame. Les petits gamètes, ou microgamètes, définissent l'individu qui les produit comme étant de sexe mâle, les gros gamètes, ou macrogamètes, de sexe femelle. La différence de taille peut être tenue comme chez certaines algues vertes, elle peut être considérable avec comme exemple extrême celui de l'autruche puisque son œuf avant fécondation est pour l'essentiel un gamète femelle.

Selon les groupes phylogénétiques auxquels les espèces appartiennent, les gamètes peuvent être mobiles ou non. Lorsque pour une espèce, seul un des deux types est mobile, c'est toujours le gamète mâle, et celui-ci prend alors le nom de spermatozoïde. C'est ainsi le cas chez tous les animaux métazoaires où le gamète femelle est quant à lui un ovocyte. L'espèce humaine en fait partie. Chez les plantes à fleurs au contraire, il n'y a plus aucun gamète mobile et le rapprochement des gamètes est assuré par une dissémination passive du pollen puis une germination dans les tissus de la fleur.

Pour certaines espèces, il existe une paire de chromosomes particuliers, appelés hétérosomes, porteurs de la différenciation sexuelle, qui sont dissemblables ou non selon le sexe, qui vont alors se répartir de manière différente entre les gamètes. C'est notamment le cas chez l'être humain : les ovocytes sont tous porteurs de 22 chromosomes somatiques et d'un hétérosome X, les spermatozoïdes sont porteurs de 22 chromosomes somatiques et soit d'un hétérosome X, soit d'un hétérosome Y. Dans le cas des humains, c'est donc l'apport chromosomique du gamète mâle, qui détermine après la fécondation, le sexe génétique du zygote puis de l'embryon (XX pour les femelles, XY pour les mâles).



Le plus gros gamète du monde vivant actuel est celui produit par l'autruche femelle : son œuf.

## Premières observations

Les premières observations de gamètes accompagnent le développement de l'utilisation du microscope, elles sont réalisées , en l'occurrence sur des spermatozoïdes humains, en 1677 par un étudiant, Louis Dominicus Ham, en formation chez le savant néerlandais Leeuwenhoek<sup>[1]</sup> .<sup>[2]</sup> Le rôle exact de ces « animalcules » n'est cependant pas élucidé et toutes sortes de théories sont échafaudées.

L'emploi du mot « gamète » pour désigner les cellules reproductrices sexuées se généralise à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Il aurait été inventé par le botaniste allemand Eduard Strasburger<sup>[3]</sup> . Le mot paraît notamment en 1880 dans un de ses écrits sur la formation et la division de la cellule : *Zellbildung und zellteilung*<sup>[4]</sup> . Son usage est ensuite introduit et vulgarisé en France par le botaniste Philippe van Tieghem grâce à la diffusion de son traité de botanique de 1884<sup>[5]</sup> .

## Règne animal

Chez l'humain, comme la plupart des animaux, (sauf les protozoaires), les gamètes femelles sont les ovules et les gamètes mâles les spermatozoïdes. Les organes produisant les gamètes sont appelés gonades. La formation des gamètes est la gamétogénèse : spermatogénèse pour les gamètes mâles, ovogénèse pour les gamètes femelles. La division cellulaire qui a lieu pendant la gamétogénèse et qui fait passer la cellule de l'état diploïde à l'état haploïde est la méiose.

Les gamètes issus de cellules germinales ont des structures variées. Les gamètes femelles sont généralement des cellules volumineuses, contenant beaucoup de cytoplasme et d'organites. Les gamètes mâles sont de petites cellules au cytoplasme très réduit. Elles sont la plupart du temps mobiles et capables de déplacement actif.

## Chez l'Homme et la Femme

Les gamètes sont produits dans les gonades(testicules ou ovaires) et sont dérivés de cellules germinales primordiales. Les gonades naissent de l'épiblaste au moment de la gastrulation et sont diploïdes. La gastrulation est le stade des migrations cellulaires. Les cellules germinales se regroupent sur la paroi postérieure de la vésicule vitelline. Une fois rassemblées, elles migrent dans les gonades par leur mouvement propre dit amiboïde. Nous sommes à la sixième semaine. Une fois dans les gonades, les cellules deviennent des gonocytes qui sont des cellules fixes. Les gonocytes expriment le sexe de l'individu exprimé dans la gonade. Les gamètes mâles se multiplient par mitose jusqu'à 7 mois de développement de l'embryon, puis entrent en phase G0 jusqu'à la naissance. Les gamètes femelles se multiplient par mitose jusqu'à 7 mois puis font une première prophase de division méiotique et leur noyau se bloque au Diplotène (stade dictyé). A ce stade les gamètes sont des cellules diploïdes.

### Les gamètes mâles

Ils sont stockés dans les testicules, situées dans le scrotum. Jusqu'à ce que l'homme éjacule . Lors de l'éjaculation allant de 2 à 6 ml de sperme , on retrouve de 50 à 100 millions de spermatozoïdes par ml de sperme et seulement quelques centaines traverseront l'étape de la trompe de fallope

### Les gamètes femelles

Elles sont sécrétées par les ovaires, elles traversent les trompes de fallope et vont se coller sur les parois du col de l'utérus.

## Règne végétal

Chez les végétaux, les gamètes mâles sont produits par le grain de pollen et le gamète femelle porte le nom d'oosphère.


La réunion des gamètes des deux sexes et, donc, le retour à l'état diploïde est la fécondation.

## Voir aussi

- Gamétogenèse
- Gamétophyte
- Syngamie

## Notes et références

- [1] Marie-Josèphe Wolff-Quenot, *In utero : mythes, croyances et cultures*, Masson, Paris, 2001 (ISBN 2294005988), p. 16
- [2] Benoît Bayle, *L'embryon sur le divan : psychopathologie de la conception humaine*, Masson, coll. « Médecine et psychothérapie », Paris, 2003, 168 p. (ISBN 2294008529), p. 23
- [3] Centre national de ressources textuelles et lexicales : « Gamète » (<http://www.cnrtl.fr/etymologie/gamÃˆte>)
- [4] *Zellbildung und zellteilung* (<http://www.archive.org/stream/zellbildungundz01stragoog#page/n0/mode/1up>), p.370
- [5] Philippe van Tieghem, *Traité de botanique* (<http://www.archive.org/stream/traitdebotaniqu00vantuoft#page/952/mode/2up>), p.953

-  Portail de la biologie cellulaire et moléculaire

# Gamétogenèse

---



**Cet article est une ébauche concernant la biologie.**

Vous pouvez partager vos connaissances en l’améliorant (**comment ?**) selon les recommandations des projets correspondants.

La **gamétogenèse** est le processus qui aboutit, au cours de la vie d'un organisme, à la formation des cellules reproductrices, les gamètes, qui sont des cellules haploïdes.

Le passage de cellules diploïdes à des cellules haploïdes est réalisée lors d'une division cellulaire particulière, la méiose, qui intervient soit durant la gamétogenèse, notamment chez la plupart des animaux, soit juste avant la gamétogenèse, chez les végétaux à fleurs, soit bien avant, chez d'autres organismes, dont les mousses, diverses algues, etc.

Chez de nombreux animaux, la gamétogenèse diffère selon le sexe de l'organisme.

- La gamétogenèse chez les femelles s'appelle l'ovogenèse.
- La gamétogenèse chez les mâles s'appelle la spermatogenèse.

Chez les végétaux, la gamétogenèse est différente selon le sexe de l'organe de la fleur qui produit le gamète. Si elle se produit dans les anthères des étamines, il s'agira alors de gamétogenèse mâle (aussi appelée microgamétogenèse). Le gamète mâle résultant de cette gamétogenèse sera alors le noyau spermatique contenu dans le grain de pollen. Si la gamétogenèse a lieu dans un ovule de la plante, à la base d'un carpelle (plusieurs carpelles composent le pistil), il s'agira alors de gamétogenèse femelle (aussi appelée macrogamétogenèse ou mégagamétogenèse). Le gamète femelle résultant de cette gamétogenèse sera l'oosphère contenu dans sac embryonnaire.

## Voir aussi

### Articles connexes

- Spermatogenèse
  - Spermiogenèse
- Ovogenèse
  - Folliculogenèse

### Notes et références

# Systeme endocrinien

Le **système endocrinien** est composé par l'ensemble des organes (glandes endocrines) qui possèdent une fonction de sécrétion d'hormones tels que :

## Les hormones de l'hypophyse et de l'hypothalamus

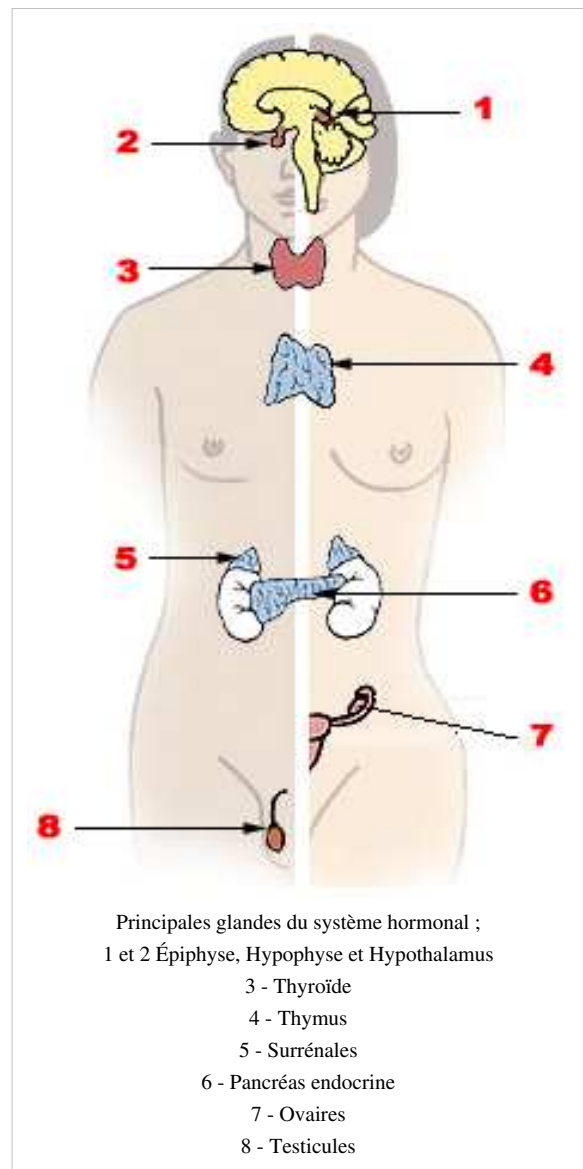
On parle de complexe hypothalamo-hypophysaire.

L'hypothalamus, qui contient des neurones sécréteurs, synthétise l'ocytocine et l'hormone anti-diurétique (ADH). Ces neurohormones sont transportées le long des axones jusqu'à la neurohypophyse où elles sont emmagasinées. Elles seront déversées dans les capillaires sanguins le moment venu. L'hypothalamus possède également certains neurones dotés d'axones très courts qui déversent des facteurs d'inhibition et de libération dans les capillaires du système porte hypothalamo-hypophysaire qui rejoint l'adénohypophyse. Ces facteurs, les libérines, sont :

- L'hormone de libération de l'hormone de croissance (GH-RH)
- La corticolibérine (CRH)
- La gonadolibérine (Gn-RH)
- La thyrolibérine (TRH)
- L'hormone d'inhibition de la prolactine (PIH), aussi nommée dopamine
- La somatostatine (GH-IH), inhibant la libération de l'hormone de croissance (GH) et de l'hormone thyroïdienne (TSH)

Ces libérines ont un effet positif ou négatif sur les stimulines sécrétées par l'hypophyse :

- L'hormone de croissance (GH)
- La corticotrophine (ACTH)




- Les hormones génitales ; l'hormone folliculo-stimulante (FSH) et l'hormone lutéinisante (LH)
- La thyrotrophine (TSH)
- La prolactine (PRL)

## Voir aussi

### Articles connexes


- Endocrinologie
- Hormone
- perturbateur endocrinien
- système lymphatique
- Neuroendocrinologie
- glandes médullosurrénales
- Cellule chromaffine
- neurohormones
- Hormone de croissance
- Hormone folliculo-stimulante
- Hormone lutéinisante
- Hormone thyroïdienne
- Hormone corticotrope
- Hormone stéroïdienne
- Liste d'hormones
- Lymphome

### Notes et références

-  Portail de la médecine

# Milieu intérieur

---

 Pour les articles homonymes, voir Milieu.



Cet article est une ébauche concernant la biologie.

Vous pouvez partager vos connaissances en l’améliorant (**comment** ?) selon les recommandations des projets correspondants.

En biologie, le **milieu intérieur**<sup>[1]</sup> est un concept élaboré par Claude Bernard qui fait référence aux composants, ou plus souvent, les principaux liquides internes essentiels à la vie des animaux, leur survie dépendant du maintien de son homéostasie.

Le milieu intérieur est constituée de trois principaux liquides :

- Le sang ;
- La lymphe diffuse ou interstitielle ;
- La lymphe canalisée.

## Origine du concept

Claude Bernard a finalisé sa conception du "milieu intérieur" dans son livre posthume : "Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux" (1878-1879). Les phrases les plus fréquemment citées sont les suivantes :

*"La vie constante ou libre est la troisième forme de la vie : elle appartient aux animaux les plus élevés en organisation... Les organes, les appareils, les tissus, fonctionnent d'une manière sensiblement égale, sans que leur activité éprouve ces variations considérables qui se montraient chez des animaux à vie oscillante. Il en est ainsi parce que le "milieu intérieur" qui enveloppe les organes, les tissus, les éléments de tissus, ne change pas; les variations atmosphériques s'arrêtent à lui de sorte qu'il est vrai de dire que les "conditions physiques du milieu" sont constantes pour l'animal supérieur; il est enveloppé dans un milieu invariable qui lui fait comme une atmosphère propre dans le milieu cosmique toujours changeant..."*

*Je crois avoir le premier insisté sur cette idée qu'il y a pour l'animal réellement deux milieux : un milieu extérieur dans lequel est placé l'organisme, et un milieu intérieur dans lequel vivent les éléments des tissus. L'existence de l'être se passe, non pas dans le milieu extérieur, air atmosphérique pour l'être aérien, eau douce ou salée pour les animaux aquatiques, mais dans le milieu liquide intérieur formé par le liquide organique circulant qui entoure et où baignent tous les éléments anatomiques des tissus; c'est la lymphe ou le plasma, la partie liquide du sang, qui, chez les animaux supérieurs, pénètrent les tissus et constituent l'ensemble de tous les liquides interstitiels, expression de toutes les nutriments locales, source et confluent de tous les échanges élémentaires..."*

*La fixité du milieu intérieur est la condition de la vie libre et indépendante... le mécanisme qui le permet est celui qui assure dans le milieu intérieur, le maintien de toutes les conditions nécessaires à la vie des éléments. Dans la vie constante, l'être vivant paraît libre et les manifestations vitales semblent produites et dirigées par un principe vital intérieur affranchi des conditions physiques ou chimiques extérieures. Cette apparence est une illusion. Tout au contraire, c'est particulièrement dans le mécanisme de la vie constante ou libre que ces relations étroites se montrent dans leur pleine évidence.*

## Notes et références

[1] Le concept naît entre 1854 et 1857 (Leçon au Collège de France, 9 et 16 décembre 1857)

## Voir aussi

### Articles connexes

- Milieu extérieur

# Systeme immunitaire

Le **systeme immunitaire**<sup>[1]</sup> d'un organisme est un ensemble coordonné d'éléments de reconnaissance et de défense qui discrimine le « soi » du « non-soi ». Ce qui est reconnu comme non-soi est détruit, comme les pathogènes : virus, bactéries, parasites, certaines particules ou molécules « étrangères » (dont certains poisons). Il est responsable du phénomène de rejet de greffe<sup>[2]</sup>.

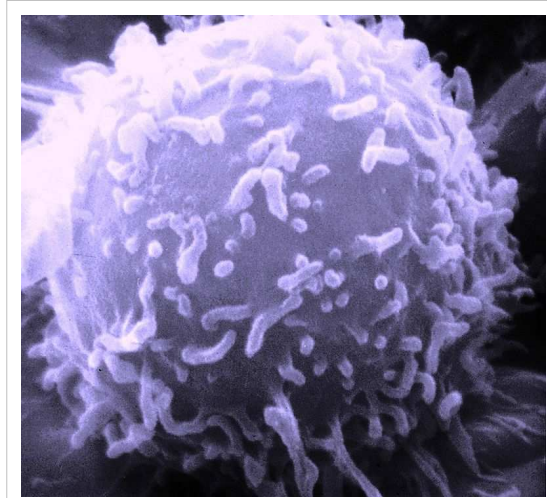
On dénombre plusieurs variantes de systemes immunitaires parmi les espèces animales, et parfois plusieurs systemes immunitaires collaborent au sein d'un même organisme.

De nombreuses espèces, dont les mammifères, utilisent la *variante* décrite ci-après. Les principaux effecteurs du systeme immunitaire sont les cellules immunitaires appelées leucocytes (ou globules blancs) produites par des cellules souches, au sein de la moelle osseuse rouge.

Il existe deux types de mecanismes de defense :

1. Les mecanismes de defense non-spécifique ou innée ou naturelle, comme la protection de la peau et les muqueuses, l'acidité gastrique, les cellules phagocytaires ou les larmes ;
2. Les mecanismes de defense spécifique, comme l'action dirigée des lymphocytes et la production d'anticorps spécifiques.

On appelle **réponse immunitaire** l'activation des mecanismes du systeme immunitaire face à la reconnaissance de "non-soi", agressive ou pas, face à une agression ou à une dysfonction de l'organisme. L'ensemble de ces systemes(y compris chez l'homme lors de la vaccination) permet la résilience immunitaire : notion qui recouvre la somme des mecanismes efficaces de defense d'un organisme vis-à-vis d'un agent pathogène (du grec *pathos* : malheur).



Un lymphocyte, principale composante du systeme immunitaire humain

## Mécanismes de défense

L'organisme se défend contre les dysfonctions de ses cellules et les agressions, c'est-à-dire des processus qui ont pour conséquence de détruire des êtres vivants. Ces agressions peuvent revêtir différentes formes :

1. Les agressions dites physico-chimiques :

- Mécaniques : frottements, chocs, chutes, etc.
- Facteurs climatiques : altitude, changement brusque de température, rayonnements, sécheresse, poussières, etc.
- Agression par des agents chimiques (acides, bases, etc.) ou autres éléments (aluminium, etc.)

2. Les agressions par d'autres êtres vivants :

Un organisme constitue en effet pour un autre organisme un endroit idéal pour le développement de ses propres cellules et aussi pour un certain nombre de micro-organismes qui pourraient y proliférer, il s'agit alors d'une infection.

Les agresseurs dans ce cas peuvent être :

- des virus
- des bactéries
- des champignons
- des levures
- des helminthes
- des arthropodes
- des prions

## Mécanismes de défense non-spécifique

### Barrières physiques

- La peau (ou tissu externe) est le premier, le plus grand et le plus important élément du système de défense : il prévient l'entrée de la plupart des corps étrangers. Les personnes qui perdent trop de peau, par brûlure par exemple, risquent de succomber à des infections. Pour éviter cela, elles sont placées dans des chambres hospitalières maintenues aussi stériles que possible.
- Les muqueuses (ou tissus continus) qui recouvrent les voies oropharyngiennes et digestives, les voies respiratoires et urogénitales constituent également une barrière physique. Les cellules très étroitement juxtaposées sont imperméables à la plupart des agents infectieux. En surface de certaines muqueuses, un film de mucus animé par les battements de cils vibratiles permet de fixer, enrober puis évacuer vers l'extérieur la plupart des particules ou êtres vivants intrus.
- Les cellules possèdent enfin divers systèmes « passifs » de défense chimiques et biochimiques (enzymes, acides gras, acide lactique, flore intestinale, pH du corps...).
- Il existe aussi des barrières naturelles qui isolent tous nos organes de l'environnement pour nous protéger des microbes pathogènes (bactéries, virus, champignons microscopiques ou moisissures).

### Cellules phagocytaires

Les leucocytes phagocytaires (qui capturent puis digèrent les microbes) sont à :

- 70% des granulocytes neutrophiles,
- 5% des monocytes, qui se transformeront par la suite en macrophages,
- 1,5% des granulocytes éosinophiles.

### Système du complément

Le système du complément est un ensemble de protéines faisant partie de l'immunité non spécifique et agissant par une cascade protéolytique.

La pierre angulaire de ce système est la protéine C3b. Elle permet :

- d'opsoniser les bactéries et permettre ainsi la fixation des macrophages à leurs surfaces ;
- de recruter le CAM (« complexe d'attaque de la membrane des bactéries »).

On arrive à la protéine C3b du complément de 3 façons différentes :

1. par la voie dite classique : la cascade est déclenchée par la liaison de l'anticorps (lié à l'antigène) à la première protéine du complément C1 ;
2. par la liaison d'une protéine spécifique à un sucre se trouvant à la surface de la bactérie ;
3. par la liaison du facteur B à une C3b déjà insérée dans la membrane bactérienne. C'est la voie alternative.

### Réaction inflammatoire

Les 4 signes de l'inflammation sont: rougeur, chaleur, douleur et œdème.

- La chaleur et la rougeur sont dues à la vasodilatation (augmentation) des capillaires et au ralentissement de la circulation du sang
  - La douleur est due à la pression des fibres nerveuses
  - L'œdème dû à l'exsudation du plasma
2. La réaction inflammatoire :
    - réaction vasculaire
    - réaction cellulaire
  3. Les phagocytes et lymphocytes T cytotoxiques :
    - les leucocytes phagocytaires
    - les lymphocytes T cytotoxiques
  4. Les protéines antimicrobiennes (défense humorale).

### Système lymphatique

Les globules blancs passent la majeure partie de leur temps hors du système circulatoire, et patrouillent dans le liquide interstitiel des cellules où se déroulent la plupart des luttes contre les agents pathogènes. Certains macrophages résident en permanence dans les organes (poumons, foie) ou dans le système lymphatique.

Le système lymphatique comprend divers organes (thymus, moelle osseuse, rate, amygdales, appendice et ganglions lymphatiques) qui jouent un rôle important dans le système immunitaire.

Les capillaires lymphatiques drainent une partie du liquide interstitiel qui baigne les tissus. Le liquide, alors appelé lymph, finit par retourner dans la circulation sanguine via le canal thoracique. Sur son parcours, la lymphe traverse de nombreux ganglions lymphatiques dans lesquels tout agent pathogène rencontre des globules blancs.

## Mécanismes de défense spécifique

### 1. Spécificité

### 2. Reconnaissance du soi et du non-soi :

- Le **soi** d'un individu est défini par des récepteurs du Complexe majeur d'histocompatibilité (CMH, nommé HLA chez l'Homme) présents sur la membrane de ses cellules, associés aux fragments peptidiques qu'ils présentent. Article détaillé : Soi (biologie).
- Le **non-soi** d'un individu est défini par des récepteurs cellulaires ou toute autre molécule différente du soi et ainsi reconnu comme étrangers par notre organisme. Le non-soi déclenche une réaction immunitaire. La reconnaissance du non-soi se calque sur celle du soi, y compris au sein des liquides circulant extracellulaires, lymphatiques, veineux, artériels mais aussi des différents mucus, cf. supra. Les immunoglobulines portées par les membranes des globules blancs et les immunoglobulines dissoutes se fixent sur les molécules présentes dans ces différents liquides. En l'absence de molécule HLA, et si cette molécule est inconnue, le système immunitaire la reconnaît comme du non-soi et déclenche une cascade de réaction destinée à la détruire... Une des limites d'efficacité et de sensibilité du système immunitaire repose donc sur la spécificité de la distinction entre le soi et le non-soi. Par exemple, les lymphocytes et les plasmocytes ne pénètrent pas dans certains tissus comme ceux du cerveau ou de la thyroïde, ils ne les reconnaissent donc pas comme du soi. Qu'une inflammation s'y installe, ou que ces cellules entrent à leur contact, et ils les identifieront comme du non-soi, puis ils sécrèteront des anticorps qui s'y fixeront pour les détruire et qui initieront ainsi une réaction dite auto-immune qui ira en s'amplifiant.

De même que, si les molécules présentes à la surface des agents pathogènes ou des cellules cancéreuses proviennent du soi ou en sont suffisamment proches, le système immunitaire les considèrera comme du soi et ne déclenchera pas de réaction immunitaire. Le problème est similaire pour les muqueuses où la frontière entre le soi et le non-soi est très ténue. Des molécules habituellement bien tolérées peuvent donc y devenir allergisantes quand elles pénètrent dans des espaces d'où elles devaient être absentes.

### Système immunitaire *humoral*

Le système immunitaire *humoral* agit contre les bactéries et les virus dans les liquides du corps humain (tels que le sang en sécrétant des substances susceptibles d'aider à la destruction des agents pathogènes- historiquement le sang et la lymphe étaient nommés les *humeurs* du corps). Ses principaux moyens d'action sont les immunoglobulines, aussi appelées *anticorps*, produites par les plasmocytes qui sont "l'évolution" des lymphocytes B (*B* car les lymphocytes B ont été découverts chez l'oiseau dans la "Bourse de Fabricius" ; par la suite le "B" fut conservé car *Bone marrow*, la moelle osseuse en anglais correspond au lieu de maturation de ces cellules) à la suite de la reconnaissance par certains de leur récepteur membranaire d'interleukine (molécule chimique permettant le clonage des LB et leur différenciation) produite par les lymphocytes T4.

Notons l'existence d'une maladie impliquant le système immunitaire adaptatif. Il s'agit du Bare Lymphocytes Syndrome (BLS). Les patients souffrant de cette maladie ne peuvent présenter d'antigène à la surface des cellules présentatrices d'antigène et il ne peut donc pas y avoir production d'anticorps. Cette maladie a notamment permis des avancées en biologie moléculaire en permettant l'identification par complémentation d'un facteur de transcription essentiel, le transactivateur de classe II (CIITA).

### Système immunitaire *cellulaire*

Le système immunitaire *cellulaire* s'occupe des cellules infectées par des virus, bactéries, et les cellules cancéreuses. L'action s'effectue via les cellules T, aussi appelées *lymphocytes T* (*T* parce que ces cellules mûrissent dans le thymus après leur naissance dans la moelle osseuse). On distingue deux grandes familles de Lymphocytes T :

- les lymphocytes T cytotoxiques ( $T_C$ ) reconnaissent les cellules infectées en utilisant des récepteurs pour tester la surface des autres cellules. Si elles reconnaissent une cellule infectée, elles peuvent la détruire ainsi que le virus qu'elle contient.
- les lymphocytes T *Helper* ( $T_H$ ) qui interagissent avec les macrophages (qui ingèrent les substances dangereuses) et produisent également des cytokines (interleukine) induisant la prolifération des Lymphocytes *B* et *T*.

Aux lymphocytes T s'ajoutent aussi les cellules dites « NK » pour Natural Killers. Ces cellules sont impliquées dans une réponse à mi-chemin entre spécifique et non spécifique, selon les situations. Elles jouent notamment un rôle en début de grossesse, le fœtus devant se protéger contre elles pour pouvoir survivre dans le ventre de sa mère.

### Conception intégrative de l'immunité

Bien qu'une analyse de l'immunité en facilite la compréhension, dans la réalité il existe une synergie des différentes composantes de son système. Car, la vie perpétue des échanges incessants avec son environnement. En rejetant ses déchets dans le monde qui l'entoure et en s'appropriant ses informations, son énergie et sa matière, elle s'efforce de subsister, voire de croître et de se reproduire. Le non-soi devient alors du soi et le soi du non-soi. Chez les organismes complexes, ces frontières sont parfois difficiles à préciser. Ainsi les aliments appartiennent au non-soi et, grâce à la mastication et aux autres processus de la digestion ils se transforment en partie en soi, sauf pour les déchets qui sont éliminés avec les excréments. Les molécules libérées constituant un excellent milieu de développement pour certaines autres formes de vie, le système immunitaire digestif est très efficace et il semble que plus de 70% des anticorps de l'organisme y soient synthétisés. D'ailleurs, au cours des conjonctivites et des rhinopharyngites, les sucs digestifs de l'estomac coupent les virus et les microbes en petits morceaux qui, en dehors des repas, sont présentés aux globules blancs du système digestif pour qu'ils synthétisent les anticorps appropriés. Qu'une des étapes de ce processus soit perturbée et l'immunité tarde à se mettre en place. Ainsi, en 2004, Liuzzi et al. ont démontré que le pancréas et l'intestin grêle étaient les organes de l'homéostasie du zinc. Or, cet oligoélément joue un rôle primordial dans la digestion des aliments, des microbes, des virus, etc. De même l'immunité diminue lors des carences en vitamine D, et l'équilibre entre l'inflammation et la cicatrisation repose sur le ratio des apports en acides gras saturé/acides gras insaturés, etc. De plus, au cours de l'allergie, la présence de certaines molécules dans des territoires où elles ne devraient pas être déclenche des réactions pathologiques.

### Les maladies du système immunitaire

Le système immunitaire peut poser des problèmes soit en excès soit en défaut:

En effet si le système immunitaire s'attaque aux cellules de l'organisme qui ne sont pas pathologiques (par mauvaise reconnaissance), il va alors se créer une maladie auto-immune qui va se caractériser par une inflammation continue de certains tissus ou par la nécrose complète de certains tissus (par exemple le diabète de type I).

S'il y a un défaut du système immunitaire, dans ce cas les pathogènes ou les cancers pourront se développer plus aisément.

## Notes



[1] Le mot « immunité » vient du latin *immunitas* (« exempté de charge »).

[2] Les receveurs de greffon subissent un traitement préalable immunosuppresseur pour augmenter les chances de succès

Riches en Oméga 3, EPA et DHA, les compléments alimentaires à base de Krill permettent de renforcer les défenses immunitaires <sup>[réf. souhaitée]</sup>.

## Références

### Articles connexes

- Antigène
- Anticorps
- Déterminant antigénique
- Cellule immunitaire
- Diapédèse
- Immunologie
- Cluster of differentiation
- Phagocyte
-  Portail de la médecine
-  Portail de la biologie

## Antigène

---



Cet article est une ébauche concernant la biologie et la médecine.

Vous pouvez partager vos connaissances en l’améliorant (**comment** ?) selon les recommandations des projets correspondants.

Un **antigène** est une macromolécule naturelle ou synthétique, reconnue par des anticorps ou des cellules du système immunitaire et capable d'engendrer une réponse immunitaire.

Les antigènes sont généralement des protéines, des polysaccharides et leurs dérivés lipidiques. Des fragments d'antigènes appelés haptènes peuvent aussi induire une allergie.

On distingue deux classe d'antigènes,

- Les antigènes de classe 1, présents dans toutes les cellules;
- Les antigènes de classe 2, présents uniquement dans les cellules immunitaires.

Les antigènes, en tant que marqueurs des agents étrangers à l'organisme, sont à la base de la réponse immunitaire adaptative. C'est la reconnaissance de l'antigène par les cellules immunocompétentes, directement ou via les cellules présentatrices d'antigène (CPA), qui active l'immunité spécifique.

Dans le cas d'antigènes protéiques, on nomme **épitope** ou **déterminant antigénique** la partie de l'antigène reconnue par un anticorps ou un récepteur lymphocytaire. Un même antigène peut comporter plusieurs épitopes (identiques ou différents) et ainsi induire une réponse immunitaire variée. Il existe des épitopes *séquentiels*, correspondant à une séquence d'acides aminés, et des épitopes *conformationnels*, liés à la structure de la protéine et donc sensibles à la dénaturation. La reconnaissance de l'antigène par les lymphocytes dépend de la nature de l'épitope. Les lymphocytes B se lient directement aux épitopes conformationnels grâce aux immunoglobulines de leur membrane. Les lymphocytes T reconnaissent les épitopes séquentiels présentés par les cellules présentatrices d'antigènes.

---

## Propriétés

### Immunogénicité

C'est le potentiel d'un antigène à induire la réponse immunitaire. Elle dépend :

- de l'espèce animale (génomique, état physiologique, passé immunologique) ;
- du degré de similitude structurale entre l'antigène et les molécules de l'hôte ;
- des caractéristiques physico-chimiques de l'antigène :
  - taille : au moins 2 épitopes,
  - forme : particulière ou non,
  - rigidité (% complémentarité au paratope de l'anticorps) ;
- de la dose d'antigène injectée.

### Antigénicité

C'est la capacité de l'antigène à être reconnu par le système immunitaire. Une substance peut être antigénique mais pas immunogène.

## Différents types d'antigènes

### Antigènes exogènes

Ils sont étrangers à l'individu et peuvent être :

- allogéniques : issus de la même espèce
- xénogéniques : issus d'autres espèces

### Antigènes endogènes

Ce sont des antigènes propres à l'hôte (auto-antigènes) et pouvant être considérés comme étrangers (antigènes cryptiques : isolés derrière la barrière hémato-encéphalique lors du développement).

### Antigènes naturels

#### Protéines

Les antigènes de type protéique sont très immunogènes et souvent utilisés pour fabriquer des vaccins (pour cela, il faut un PM minimum de 1500 Da).

#### Polyosides

Ce sont des polymères à structure ordonnée constitués d'épitopes identiques se répétant. Deux types :

- homopolyosides : ose unique répété
- hétéropolyosides : motifs répétés formés de 2 à 6 oses.

Les polyosides sont des constituants ubiquitaires à la surface cellulaire, ils sont également très immunogènes.

---

### **Lipides**

Ils sont généralement très peu immunogènes sauf s'ils sont associés à des protéines.

### **Acides nucléiques**

Leur immunogénicité est très faible même s'il existe des anticorps anti-ADN. De la même manière que pour les lipides, on peut augmenter leur pouvoir immunogène en les associant à des protéines.

### **Antigènes artificiels**

Quand une molécule fait moins de 1500 Da, elle ne présente qu'un seul déterminant antigénique, on l'appelle alors : haptène. Un haptène est non immunogène. En l'associant à une protéine porteuse (carrier) qui apporte au moins un déterminant supplémentaire, le complexe devient immunogène.

### **Antigènes synthétiques**

Il s'agit de macromolécules de synthèse obtenues par polymérisation d'acides aminés.

### **Valence antigénique**

C'est le nombre d'anticorps capables de se lier simultanément sur une molécule. La valence est donc proportionnelle à la surface de la molécule mais ne reflète pas le nombre d'épitopes à cause de l'encombrement stérique que peuvent occasionner les anticorps.

### **Antigènes thymo-dépendant et thymo-indépendant**

#### **Antigènes thymo-dépendants**

Ils sont impliqués dans une coopération avec les lymphocytes T. La CPA doit dégrader l'antigène (structure complexe, ex : protéine) et le présenter à sa surface par les molécules CMH de classe II. Les antigènes thymo-dépendants impliquent toutes les Immunoglobulines.



#### **Antigènes thymo-indépendants**

L'agrégation de l'antigène à motifs répétés à la surface des lymphocytes B suffit à activer ces LB. Ce type d'antigène n'implique que les Immunoglobulines M.


### **Notes et références**

### **Voir aussi**

#### **Articles connexes**

- Allergie
- Haptène
-  Portail de la biologie
-  Portail de la médecine

# Anticorps

 Pour l'article homophone, voir Anticor.

Un **anticorps** est une protéine complexe utilisée par le système immunitaire pour détecter et neutraliser les antigènes de manière spécifique. Les anticorps sont sécrétés par des cellules dérivées des lymphocytes B : les plasmocytes.

Les anticorps constituent l'immunoglobuline principale du sang, aussi on utilise parfois le terme *immunoglobuline* à la place du mot anticorps, mais cet emploi est abusif.

Dans le cas de maladies auto-immunes, on parle d'*auto-anticorps*

## Structure générale

Les anticorps sont des glycoprotéines de la superfamille des immunoglobulines formées de 4 chaînes polypeptidiques (150.000 uma): 2 chaînes lourdes (**H** pour *heavy* de 50.000uma chacune, en violet sur la figure 1) et 2 chaînes légères (**L** pour *light* de 25.000 uma chacune, en vert) qui sont reliées entre elles par un nombre variable de ponts disulfures (en rouge) assurant une flexibilité de la molécule. Ces chaînes forment une structure en Y et sont constituées de domaines immunoglobulines de 110 acides aminés environ. Chaque chaîne légère est constituée d'un domaine constant et d'un domaine variable; les chaînes lourdes sont composées d'un fragment variable et de 3 ou 4 fragments constants selon l'isotype. Pour un anticorps donné, les deux chaînes lourdes sont identiques, de même pour les deux chaînes légères.

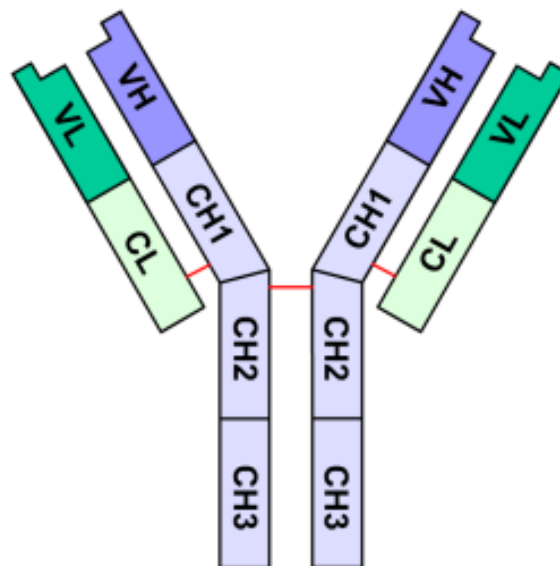


Figure 1 : Schéma d'un anticorps.

## Domaines constants

Les domaines constants sont caractérisés par une séquence en acides aminés très proche d'un anticorps à l'autre, caractéristiques de l'espèce et de l'isotype. Chaque chaîne légère en possède un exemplaire noté  $C_L$ . Les chaînes lourdes comportent, selon l'isotype, trois domaines constants  $C_{H1}$ ,  $C_{H2}$ ,  $C_{H3}$ .

Les domaines constants ne sont pas impliqués dans la reconnaissance de l'antigène, mais interviennent dans l'activation du système du complément. Les cellules immunitaires possédant les récepteurs aux fragments constants (RFc) sont capables de lier les anticorps.

### Domaines variables

Un anticorps possède quatre domaines variables situés aux extrémités des deux « bras ». L'association entre un domaine variable porté par une chaîne lourde ( $V_H$ ) et le domaine variable adjacent porté par une chaîne légère ( $V_L$ ) constitue le site de reconnaissance (ou paratope) de l'antigène. Ainsi, une molécule d'immunoglobuline possède deux sites de liaison à l'antigène, un au bout de chaque bras. Ces deux sites sont identiques (mais destiné à différents épitopes), d'où la possibilité de lier deux molécules d'antigène par anticorps.

### Fragments

Le clivage enzymatique spécifique permet d'isoler différents fragments :

- le fragment  $F_c$  (crystallisable). Il est le support des propriétés biologiques de l'immunoglobuline, en particulier sa capacité à être reconnu par des effecteurs de l'immunité ou à activer le complément. Il est constitué des fragments constants des chaînes lourdes ( $CH_2$ ) au-delà de la région charnière (hinge). Il NE RECONNAIT PAS L'ANTIGENE.
- le fragment  $F_v$ . C'est le plus petit fragment gardant les propriétés de l'anticorps qui possède des domaines immunoglobuline. Il est constitué uniquement des régions variables  $V_L$  et  $V_H$ , il fixe donc l'antigène avec la même affinité que l'anticorps complet et est monovalent.
- le fragment  $Fab$ . Il a la même affinité pour l'antigène que l'anticorps complet. Le fragment  $Fab$  est formé de la chaîne légère en entier ( $V_L+CL$ ) et d'une partie de la chaîne lourde ( $V_H+CH_1$ ). Il est monovalent.
- le fragment  $F(ab')_2$ . Il correspond à l'association de deux fragments  $Fab$  reliés par une petite partie des parties constantes des chaînes lourdes, la région charnière (hinge). Il a la même affinité que l'anticorps pour l'antigène et est divalent.

## Isotypie, Allotypie, Idiotypie

### Isotypie

Les anticorps (historiquement nommés Ig car ils ont servi à la définition du terme immunoglobuline) sont subdivisés en classes ou **isotypes**, selon la structure des domaines constants des chaînes lourdes : les chaînes  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\mu$ ,  $\epsilon$  et  $\delta$  correspondent respectivement aux immunoglobulines IgG, IgA, IgM, IgE et IgD (voir Tableau 1). Il existe également des sous-classes d'immunoglobulines, reflétant des différences plus fines entre chaînes lourdes. L'homme possède ainsi quatre sous-classes d'IgG et 2 sous-classes d'IgA. Il existe également des isotypes de chaînes légères, celles-ci pouvant être  $\kappa$  (kappa) ou  $\lambda$  (lambda).

	IgG	IgA	IgM	IgE	IgD
Localisation	sang	muqueuses sécrétions	Lymphocyte B sang	basophiles mastocytes	Lymphocyte B
Proportion	70% à 75%	15% à 20% des anticorps sériques	10%	moins de 1%	moins de 1%
Valence <sup>1</sup>	2	2 à 4	2 à 10	2	2
Rôles	neutralisation des toxines, bactéries et virus	agglutination, neutralisation des bactéries, virus	agglutination, voie classique du complément	allergies, neutralisation de parasites	activation du lymphocyte B

Tableau 1 : Propriétés des différents isotypes d'immunoglobulines.

La valence de l'IgM de 10 n'est que théorique. En effet, bien que cet isotype d'anticorps soit de structure pentamérique, la gêne stérique occasionnée lors de la liaison aux épitopes des antigènes fait que la valence réelle est plus proche de 5, voire 6.

## Allotypie

Article détaillé : Allotype.

C'est en 1956 que Grubb et Laurell ont découvert le système Gm, système de groupe des immunoglobulines IgG. Ce système met en évidence les divers allotypes des chaînes lourdes. Il permet également de différencier les molécules des quatre sous-classes, IgG1, IgG2, IgG3, IgG4.

C. Ropartz et coll. en 1961 ont découvert le système km (à l'origine appelé Inv), porté par la chaîne légère Kappa, cet allotype est donc présent sur toutes les classes d'immunoglobulines.

Enfin le système ISf situé sur la chaîne lourde  $\gamma$ 1 des IgG1, l'expression de cette spécificité augmentant avec l'âge, de 25% des sujets avant 20 ans à 60% au-delà de 70 ans, chez les caucasiens.

Les allotypes définis par le système Am sont situés sur les IgA, et plus précisément sur les chaînes  $\alpha$ 2. Il existe deux isotypes  $\alpha$ 1 et  $\alpha$ 2 de chaînes  $\alpha$ , caractérisant les sous-classes Am1 et Am2 des IgA.

## Idiotypie

L'idiotype est un épitope propre à une molécule issue d'un seul clone. Cet épitope fait partie ou est très proche du site de reconnaissance de l'antigène, et est donc situé sur la partie variable, Fab (fragment antigen binding), de l'immunoglobuline. Autrement dit, le paratope ou sa région voisine d'une immunoglobuline peut être reconnu comme un épitope par certains lymphocytes. D'où la notion de réseau idiotypique.

## Rôle des anticorps

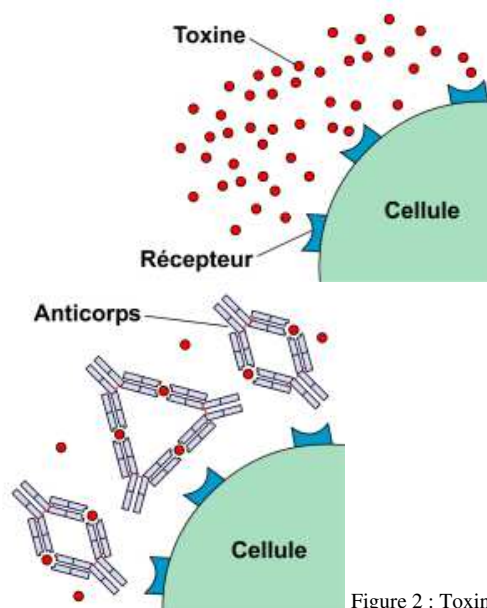


Figure 2 : Toxines bactériennes au

voisinage d'une cellule (haut),

neutralisation par des anticorps (bas).

Au cours de la réponse immunitaire, les anticorps ont trois fonctions principales : se lier à l'antigène, activer le système du complément et recruter des cellules immunocompétentes.

## Liaison à l'antigène

Les anticorps ont la capacité de reconnaître et de se fixer de manière spécifique sur un antigène. Cette spécificité est conférée par la présence de domaines extrêmement variables aux extrémités des anticorps. La reconnaissance entre antigène et anticorps est par exemple mise à profit dans la lutte contre les toxines bactériennes. Ces toxines agissent en se fixant sur des récepteurs présents à la surface des cellules de l'organisme, ce qui provoque des dérèglements importants de l'activité cellulaire. En se fixant sur ces toxines, les anticorps anti-toxine les neutralisent et préviennent les liaisons avec les récepteurs cellulaires (voir figure 15).

De la même manière, 4 nombreux virus et bactéries n'exercent leur pathogénicité qu'après fixation aux cellules de l'organisme. Les 80 bactéries utilisent des adhésines qui sont des molécules d'adhésion aux membranes cellulaires et les virus possèdent des protéines de fixation sur leur enveloppe externe. Les 1150 anticorps anti-adhésines et anti-protéines de la capsid virale bloquent l'action de ces agents pathogènes en se liant sur les molécules de fixation.

## Activation du complément

Les anticorps protègent également l'organisme en déclenchant la cascade du complément. Il s'agit d'un ensemble de protéines du plasma dont l'activation (par la voie classique dans le cas d'anticorps) permet de détruire des bactéries par perforation et de faciliter la phagocytose, l'élimination des complexes immuns et la libération de molécules chimiotactiques. Ce qui amène à la lyse de l'élément pathogène. Ces protéines sériques sont des médiateurs de l'inflammation.

## Activation de cellules immunocompétentes

Après avoir reconnu un antigène grâce à sa partie variable, un anticorps peut se lier à des cellules du système immunitaire par sa partie constante. Ces interactions revêtent une grande importance dans le déroulement de la réponse immunitaire. Ainsi, les anticorps fixés sur une bactérie peuvent se lier aux macrophages et déclencher une phagocytose. Les lymphocytes NK (Natural Killer) peuvent exercer leur cytotoxicité et lyser des bactéries opsonisées par des anticorps.

## Synthèse des anticorps

### Généralités

Les anticorps sont codés par des gènes subissant une recombinaison V(D)J dans les plasmocytes (qui sont des lymphocytes B). Cette recombinaison est, en association avec les phénomènes d'hypermutation somatique et de variabilité jonctionnelle, la source de leur diversité.

### Commutation de classe

Lors de la maturation d'un lymphocyte B, et suivant les stimuli qui ont accompagné cette maturation, les clones de cellules B reconnaissant l'épitope subissent une commutation de classe. Les cellules B immatures, qui de base n'expriment que des IgM et des IgD, peuvent évoluer pour ne plus produire qu'un seul isotype (IgM, IgE, IgA ou IgG), en opérant une recombinaison du gène codant le fragment constant (Fc) des chaînes lourdes, mais en gardant intact le fragment variable. Ce changement de fragment constant est également et plus souvent appelé commutation isotypique.

Ce phénomène est possible par l'arrangement des gènes codant les domaines CH : sur le génome, les segments de gène codant un isotype sont successifs et précédés d'une séquence de commutation. A la réception d'un signal extracellulaire de commutation, le lymphocyte B synthétise une recombinase qui forme une boucle non fonctionnelle entre les séquences de commutation : cette boucle rapproche un segment codant un domaine constant et l'association VDJ déjà formée.

Exemple : La production d'interleukine 4 et 5 par le lymphocyte TH2 entraîne une commutation isotypique d'une IgM vers une IgE.

## Anticorps monoclonaux et polyclonaux

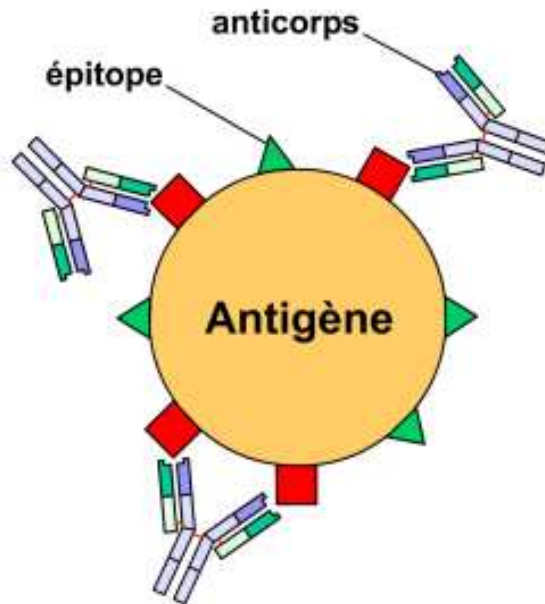


Figure 3 : Anticorps monoclonaux, liaison à un épitope spécifique.

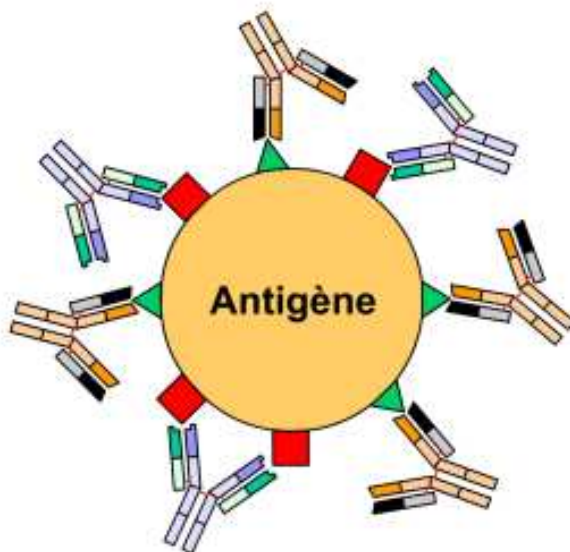


Figure 4 : Anticorps polyclonaux,

liaison à des épitopes différents.

Un agent pathogène (bactérie, virus, etc.) est reconnu par le système immunitaire par l'intermédiaire d'antigènes. Un antigène possède généralement plusieurs épitopes différents qui sont autant de sites de liaison aux anticorps. On peut classer une population d'anticorps selon sa capacité à reconnaître un seul ou plusieurs épitopes. On parle alors respectivement d'anticorps monoclonaux et polyclonaux.

## Anticorps monoclonaux

Article détaillé : Anticorps monoclonal.

Les **anticorps monoclonaux** sont des anticorps ne reconnaissant qu'un seul type d'épitope sur un antigène donné (voir figure 3). Ils sont par définition tous identiques et produits par un seul clone de plasmocyte.

Les anticorps monoclonaux sont très largement utilisés en biologie et en médecine, à la fois comme outils de diagnostic et dans des buts thérapeutiques. Les anticorps monoclonaux utilisés comme médicaments ont tous une DCI se terminant par « mab », acronyme de « *monoclonal antibody* » comme par exemple le rituximab. Ils sont par exemple utilisés dans les tests de grossesse du commerce, ainsi que dans de nombreux domaines de la recherche en biologie et par de nombreuses techniques (cytométrie en flux, western blots...). Ils sont aussi de plus en plus utilisés dans les tests en laboratoire d'immuno-hématologie pour rehausser les réactions positives.

Produire des anticorps monoclonaux *in vitro* a longtemps été difficile, en raison de la faible durée de vie des cellules sécrétrices d'anticorps, les plasmocytes. Les anticorps étaient alors obtenus *in vivo* en injectant chez l'animal un antigène donné et en recueillant les anticorps dans son sang. Cette méthode coûteuse ne donnait qu'une faible quantité d'anticorps, pollués par de nombreuses impuretés.

A la fin des années 1970, César Milstein et Georges Köhler ont développé la technique des hybridomes ; L'antigène est injecté chez l'animal, et des cellules de rate en sont prélevées après quelques semaines. Dans ces cellules se trouvent des plasmocytes sécrétant des anticorps dirigés spécifiquement contre l'antigène choisi. Ces plasmocytes sont alors fusionnés *in vitro* avec des myélomes, qui sont des cellules tumorales ayant la propriété de se multiplier indéfiniment. Les cellules hybrides obtenues (dites « *hybridomes* ») sont sélectionnées puis multipliées dans un milieu de culture approprié. Elles y produisent des anticorps monoclonaux, très purs et en quantités importantes.

Le génie génétique permet aujourd'hui de produire des anticorps monoclonaux utilisables en pratique clinique humaine. Mais la plupart des anticorps étant produits dans des cellules de rongeurs (souris, rat, hamster, lapin plus rarement poulet, Mulet), ils déclenchent une réaction immunitaire lors de leur injection à un patient. Cette immunité inactive progressivement l'action bénéfique de l'anticorps. Pour éviter cela, on cherche à produire des anticorps chimériques « humanisés », modifiés par génie génétique pour remplacer au maximum les fragments constants Fc de l'espèce d'origine par des fragments humains.

En cas de pandémie (de grippe aviaire) par exemple, L'immunothérapie passive des malades, par des anticorps monoclonaux est une des solutions envisagées par les chercheurs qui en 2007 testaient déjà son efficacité sur l'animal<sup>[1]</sup>, avec des résultats laissant penser que des anticorps monoclonaux d'origine humaine pourraient être produits à partir du sang de patients ayant guéri d'une grippe à H5N1 (ou de convalescents le cas échéants) et contribuer à enrayer une épidémie et à limiter le nombre de morts (en prophylaxie unique, ou comme traitement complémentaire).

## Anticorps polyclonaux

Les **anticorps polyclonaux** sont un mélange d'anticorps reconnaissant différents épitopes sur un antigène donné, chaque idiotype étant sécrété par un clone de plasmocyte différent. Au cours de la réponse immunitaire, un organisme synthétise des anticorps dirigés contre plusieurs épitopes d'un antigène : la réponse est dite polyclonale. *In vivo*, la réponse est toujours polyclonale, sauf cas exceptionnels (vaccination par exemple). Cet exemple est en fait un exemple d'anticorps polyclonal **monospécifique** qui est en fait un anticorps qui reconnaît différents épitopes du même antigène alors qu'un anticorps polyclonal reconnaît les épitopes de différents antigènes.

## Voir aussi

### Articles connexes

- Antigène
- Système immunitaire
- Sérologie
- Maladie auto-immune
- Abzyme

## Bibliographie

- Jeremy Berg, John Tymoczko, Lubert Stryer, *Biochemistry*, W.H. Freeman and Company, New York, 2002. (ISBN 0-71674-684-0)
- Neil Campbell, Jane Reece, *Biologie*, De Boeck, 1995. (ISBN 2-80412-084-8)
- Charles Janeway, Paul Travers, *Immunobiology*, Garland Publishing, New York and London, 2001. (ISBN 0-81533-642-X)



## Notes et références

- [1] Simmons CP, Bernasconi NL, Suguitan Jr. AL, Mills K, Ward JM, et als. *Prophylactic and therapeutic efficacy of human monoclonal antibodies against H5N1 influenza* (<http://medicine.plosjournals.org/perlserv/?request=get-document&doi=10.1371/journal.pmed.0040178&ct=1>), PLoS Med 2007;4(5): e178 doi:10.1371

# Cellule immunitaire

---

Les cellules impliquées dans le fonctionnement du système immunitaire sont nombreuses. Il s'agit:

- des lymphocytes,
  - lymphocyte T
  - lymphocyte B
  - lymphocytes NK
  - lymphocyte NKT
- des phagocytes,
  - macrophages
  - monocytes
  - cellules dendritiques
- des granulocytes
  - granulocyte neutrophile
  - granulocyte éosinophile
  - granulocyte basophile
-  Portail de la médecine
-  Portail de la biologie

# Immunologie

---

L'**immunologie** est la branche de la biologie qui s'occupe de l'étude du système immunitaire. Apparu très tôt dans l'échelle de l'évolution, ce système a évolué pour discriminer le soi du non-soi. Les réactions de défense de l'organisme face à un organisme pathogène - quelle que soit la nature de celui-ci, virus, bactérie, champignon ou protozoaires, les maladies auto-immunes, les allergies et le rejet des greffes forment l'aspect médical de cette science. Les mécanismes de synthèse et de maturation des anticorps, d'activation du système du complément, la mobilisation et la coordination des cellules de défense, forment l'aspect fondamental et mécanistique de cette science.

Le VIH est un virus responsable de la pandémie de SIDA dont le cycle de vie interfère avec le système immunitaire humain.

## Histoire

### "Préhistoire"

Les plus anciens témoignages connus d'observations d'ordre immunologique datent de 430 avant Jésus-Christ. À cette date, pendant l'épidémie de fièvre typhoïde qui sévit à Athènes durant la guerre du Péloponnèse, l'historien Thucydide nota que seules les personnes ayant déjà supporté et survécu à l'infection étaient aptes à s'occuper des malades.

Aux alentours de 6000 avant Jésus-Christ, il existe en Chine des pratiques de transmission volontaire de la variole en vue de prévention. Cette technique, appelée "variolisation", consiste à prélever du pus sur un malade peu atteint par la maladie pour l'inoculer avec une aiguille chez un sujet sain. Ce procédé se répandit à partir du quinzième siècle, surtout en Chine, en Inde et en Turquie. Par l'entremise de l'épouse de l'ambassadeur britannique à Constantinople, qui fit vacciner son fils de cette manière, la variolisation s'est fait connaître en Angleterre vers 1722, puis s'est propagée dans les années suivantes dans toute l'Europe.

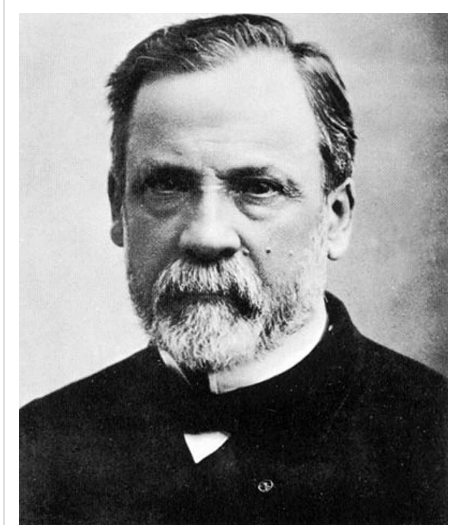
À la même époque, le médecin de campagne Edward Jenner constatait que les fermières en contact régulier, lors de la traite, avec la variole de la vache (vaccine ou Cowpox), qui est inoffensive pour les humains, étaient épargnées par les épidémies de variole, alors fréquentes, ou ne montraient que de faibles symptômes. Après avoir intensivement étudié le phénomène, il préleva le 14 mai 1796 du pus sur une pustule d'une jeune fille contaminée par la vaccine, et l'injecta à un jeune garçon de huit ans. Après que le garçon eut guéri de la maladie bénigne induite par la vaccine, Jenner lui injecta de la variole véritable. Le garçon surmonta également cette infection sans symptômes sérieux. Par rapport à la variolisation, le procédé de Jenner offrait certains avantages majeurs : les personnes vaccinées par la vaccine ne présentaient pas les boutons et les cicatrices typiques induites par la variolisation ; il n'y avait aucun risque de mortalité contrairement à la variolisation ; et les personnes vaccinées ne représentaient aucun risque de contagion. Le virus de la vaccine est l'origine des noms de "vaccin" et "vaccination", et Edward Jenner est considéré aujourd'hui comme le fondateur de l'immunologie.



Edward Jenner, Fondateur de l'Immunologie

## Les tournants du dix-neuvième siècle

Une autre étape majeure dans le développement de l'immunologie est la conception d'un vaccin contre la rage par Louis Pasteur en 1885. Le 6 juillet 1885, il vaccine Joseph Meister, un garçon de neuf ans qui avait été mordu deux jours plus tôt par un chien enragé. Joseph Meister devint alors le premier être humain à survivre à la rage dans l'histoire de la médecine. En une année, le vaccin fut administré à 350 personnes contaminées, et aucune ne mourut de son infection rabique. Deux ans auparavant, Robert Koch avait découvert le responsable de la tuberculose, le bacille qui porte son nom, et peu de temps après, le test à la tuberculine, qui permet de prouver l'infection par la tuberculose, et qui se fonde sur la réponse immunitaire. Ces travaux servirent de base aux travaux de Calmette et Guérin, qui décrivent le bacille qui porte leur nom (BCG pour bacille de Calmette et Guérin) et menant à la vaccination contre la tuberculose. Le vaccin permettant de lutter contre les maladies infectieuses se développa à partir de cette époque. Max Theiler reçut le prix Nobel de médecine en 1951 pour la mise au point d'un vaccin contre la fièvre jaune.



Louis Pasteur

En 1888, Emile Roux et Alexandre Yersin ont découvert la toxine diphtérique. Deux ans plus tard, Emil Adolf von Behring et Shibasaburo Kitasato mettent en évidence une antitoxine dans le sérum des patients qui avaient survécu à la diphtérie. Emil von Behring fut le premier à utiliser ces anti-sérums pour la prise en charge des malades diphtériques. Pour ces travaux, il reçut en 1901 le prix Nobel de médecine. Le bactériologue belge Jules Bordet découvre en 1898 que chauffer le sérum au-dessus de 55°C bloque sa capacité de coller à certaines substances chimiques. La capacité du sérum à tuer les bactéries était également perdue. Il posa le postulat suivant : il existe dans le sérum une substance, sensible à la chaleur, nécessaire à l'action du sérum sur les bactéries, et il nomma ce composé "Alexin". Ehrlich étudia ce composé dans les années suivantes, et introduisit le concept de complément encore utilisé de nos jours.

## Début du vingtième siècle

Au début du vingtième siècle, la recherche en immunologie prend deux directions distinctes. L'immunologie humorale, dont les principales figures étaient Paul Ehrlich et Emil Adolf von Behring, partait du principe que la base de la défense contre les infections devait se trouver dans une substance contenue dans le sérum, comme les antitoxines. Cette théorie prédomina vers les années 1900 et pendant plusieurs dizaines d'années. En parallèle, et à partir des années 1883/1884, se développa le point de vue de l'immunité cellulaire, qui se base sur les travaux de George Nuttall ainsi que Ilya Ilitch Metchnikov. Metchnikov put prouver l'implication et l'importance de l'action des cellules du corps dans la lutte contre les pathogènes en étudiant l'action des globules blancs sur des bactéries. Ses travaux sur la phagocytose lui valurent le prix Nobel de médecine en 1908, conjointement avec Paul Ehrlich. Comme il sera montré plus tard, ces deux types de phénomènes sont les deux facettes de l'action du système immunitaire et de la réponse immunitaire. Il fallut cependant attendre les années 1940 pour que l'hypothèse de l'immunité cellulaire soit généralement reconnue, et que l'hypothèse selon laquelle les anticorps seraient les acteurs principaux de la réponse immunitaire soit abandonnée.

En 1901, Karl Landsteiner mit en évidence l'existence des groupes sanguins et par cette découverte permit de franchir une nouvelle étape importante dans la compréhension du système immunitaire. Il reçut en 1930 le prix Nobel de médecine. En 1906, Clemens Peter Freiherr von Pirquet observa que les patients à qui il administrait du sérum de cheval avaient une forte réaction à la deuxième injection. Il nomma cette réaction d'hypersensibilité "allergie". Le phénomène d'anaphylaxie fut découvert par Charles Robert Richet, qui reçut pour cela le prix Nobel de

médecine en 1913. Emil von Dungern et Ludwik Hirszfeld publient en 1910 leurs recherches sur la transmission des groupes sanguins, et ainsi les premiers résultats sur la génétique d'une partie du système immunitaire. Dans ce travail, ils proposent la nomenclature « ABO », qui deviendra un standard international en 1928. En 1917, Karl Landsteiner décrit le concept d'haptènes, qui après s'être conjuguées à une protéine sont capables d'induire une réponse immunitaire avec production d'anticorps spécifiques. Lloyd Felton réussit en 1928 la purification des anticorps à partir du sérum. De 1934 à 1938, John Marrack développa la théorie de la reconnaissance spécifique d'un antigène par un anticorps.

En étudiant le rejet de greffes, Peter Gorer découvrit l'antigène H-2 de la souris, et ainsi, sans le savoir, le premier antigène de ce qu'on appellera ensuite le complexe majeur d'histocompatibilité (MHC pour l'anglais major histocompatibility complex). Toujours par l'étude du rejet de greffe, Peter Medawar et Thomas Gibson découvrirent d'importantes fonctions des cellules immunitaires. C'est par ces travaux que l'acceptation générale de l'immunité cellulaire se fit. En 1948, Astrid Fagraeus découvrit que les anticorps sont produits dans le plasma sanguin par les lymphocytes B. L'année suivante, Frank Macfarlane Burnet et Frank Fenner publiaient leur hypothèse de la tolérance immunologique, qui fut validée quelques années plus tard par Jacques Miller, qui découvrit l'élimination des lymphocytes T auto-réactifs dans le thymus. Burnet et Fenner reçurent le prix Nobel de médecine en 1960 pour leurs travaux sur la tolérance. En 1957, Frank Macfarlane Burnet décrivit le principe fondamental de l'immunité adaptative comme étant la sélection clonale.

L'Anglais Alick Isaacs et le Suisse Jean Lindemann, en étudiant l'infection de cultures cellulaires par des virus, découvrirent en 1957 que les cellules, au cours de l'infection par un virus, étaient en grande partie résistantes à une autre infection par un deuxième virus. Ils isolèrent à partir des cellules infectées une protéine qu'ils nommèrent interféron. À la fin des années 1960 et au début des années 1970, John David et Barry Bloom découvrirent le facteur d'inhibition de la migration des macrophages (MIF) ainsi que de nombreuses autres substances secrétées par les lymphocytes. Dudley Dumonde proposa pour ces substances le nom de "lymphokine". Stanley Cohen, qui reçut en 1986 le prix Nobel de médecine pour sa découverte des facteurs de croissance NGF et EGF, commença, au début des années 1970, à travailler avec Takeshi Yoshida sur les fonctions des lymphokines. Ils mirent en évidence que ces substances, produites de nombreux types différents de cellules, étaient capables d'action à distance, comme des hormones. Suite aux nombreuses découvertes dans ce domaine, Stanley Cohen proposa en 1974 le terme "cytokine" qui s'imposa rapidement. Entretemps, plus de cent cytokines différentes étaient identifiées, et leurs structures et activités étudiées en détail.



Emil Adolf von Behring, inventeur de l'antitoxine et de l'immunité humorale

## L'immunologie moderne

Les années soixante sont en général considérées comme le début de l'époque moderne de l'immunologie. Rodney Porter et Gerald Edelman réussirent à élucider la structure des anticorps entre 1959 et 1961, et furent lauréats du prix Nobel de médecine en 1972. En même temps, Jean Dausset, Baruj Benacerraf et George Snell découvraient le complexe majeur d'histocompatibilité, également appelé système HLA (de l'anglais Human Leukocyt Antigen) chez l'être humain, découverte qui leur permit de recevoir le prix Nobel de médecine en 1980. En 1959, Joseph Murray réalise la première allogreffe en transplantant un rein. Avec Donnall Thomas, il étudie l'immunosuppression artificielle qui permet la tolérance des patients vis-à-vis leur greffe ; Ils reçurent le prix Nobel de médecine en 1990 pour ces études. Vers 1960 également, la communauté scientifique découvrait, grâce aux travaux de Jacques Miller, d'autres caractéristiques fondamentales des cellules immunitaires, en particulier la description des fonctions et de la différenciation des lymphocytes B et T. Après cette percée, la théorie selon laquelle l'immunité est divisée en une partie cellulaire et une autre humorale s'imposa, et les deux théories ne furent plus mises en concurrence. Dans les décennies suivantes, les différents sous-types (appelés isotypes) d'anticorps furent identifiés et leurs fonctions respectives étudiées. En 1975, Georges Köhler, Niels Kaj Jerne et César Milstein décrivent la méthode de production des anticorps monoclonaux. Cette découverte eut un impact majeur sur la recherche fondamentale, ainsi que pour le diagnostic et le traitement de maladies, et ils reçurent en 1984 le prix Nobel de médecine. D'autres découvertes majeures furent faites dans les années suivantes : En 1973, Ralph Steinman et Zanzil Cohn découvrent les cellules dendritiques ; En 1974, Rolf Zinkernagel et Peter Doherty découvrent la restriction de la présentation de l'antigène par les molécules du MHC, découverte qui lui valu le prix Nobel de médecine en 1996; En 1985, Susumu Tonegawa identifie les gènes des immunoglobulines, et reçoit pour cela en 1987 le prix Nobel ; la même année, Leroy Hood fait de même pour les gènes du récepteur des cellules T.

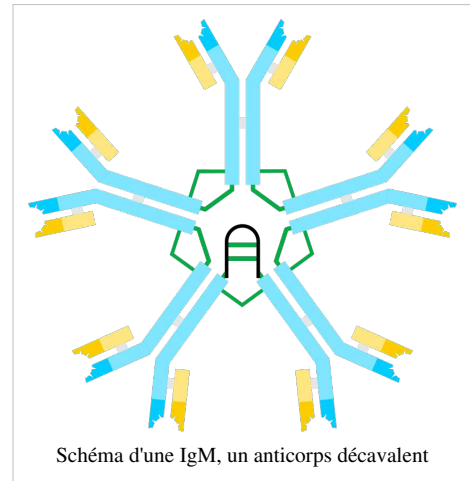


Schéma d'une IgM, un anticorps décavalent

Un autre concept émerge en 1986: celui de l'orientation de la réponse immunitaire. Basé sur le rôle des lymphocytes T CD4+, ce concept, développé par Robert Coffman et Tim Mosmann, présente la dichotomie entre une "Th1", réponse orientée contre des cellules d'une part, qui produira des lymphocytes cytotoxiques spécifiques, comme dans le cas du cancer ou d'une infection intracellulaire; et une réponse "Th2" contre un agent soluble, qui produira des anticorps spécifiques, comme dans le cas d'une bactérie extracellulaire ou d'une toxine. La balance Th1/Th2 est toujours un intense champ de recherche.

La notion de tolérance induite par des lymphocytes fut pour la première fois évoquée en 1969 par Nishizuka et Sokakura. Ils présentaient leurs résultats concernant une sous-population de lymphocytes T suppresseurs capables d'empêcher une réaction de lymphocytes naïfs. Très controversés, ces résultats seront oubliés jusqu'à la redécouverte du phénomène par Sakaguchi en 1982 sous le nom de T régulateur, sujet activement étudié actuellement.

Depuis les années 1950, la théorie qui domine en immunologie est celle de la reconnaissance du "soi" et du "non-soi" par le système immunitaire adaptatif. Cependant, ce modèle ne permet pas d'expliquer de manière satisfaisante les phénomènes de tolérance, de rejet de greffe, ni la nécessité de la présentation de l'antigène, et en 1989, Charles Janeway propose un modèle selon lequel ce serait l'immunité innée qui serait la véritable gardienne des clefs du déclenchement d'une réponse immunitaire. La décision de réagir ou non face à un agent étranger reposerait sur la reconnaissance de motifs par des récepteurs putatifs qu'il nomme les PRR (pour l'anglais Pattern Recognition Receptor). Ce modèle est approfondi à partir de 1994 par Polly Matzinger, qui développe la théorie du danger. D'après Matzinger, le déclenchement de la réponse immunitaire se ferait sur la base de motifs moléculaires associés aux organismes pathogènes (PAMP, de l'anglais pathogen-associated molecular pattern) par les PRR. Ce modèle fut validé expérimentalement depuis par l'identification de récepteurs de signaux de dangers et de certains de leurs

ligands.

De nos jours, la multiplication des cytokines, chimiokines, sous-types et marqueurs cellulaires rend difficile d'avoir une vue d'ensemble du domaine.

## Concepts en Immunologie

Du fait de la complexité des phénomènes étudiés et de leur intime imbrication, les immunologistes sont souvent réduits à utiliser des concepts plus ou moins abstraits pour interpréter les informations disponibles. Au fil du temps, de plus en plus de nouveaux concepts, se recoupant plus ou moins, se font jour dans la communauté scientifique, la plupart du temps en opposant deux notions opposées. La liste ci-dessous ne peut pas être exhaustive, mais donne un aperçu de quelques-unes de ces grandes notions. Elle reprend naturellement certains points déjà vu dans l'historique, mais les développe sous un aspect simplifié et plus pragmatique.

### Antigène

Article détaillé : antigène.

Le concept de base de l'immunologie de la réponse adaptative est celui d'antigène. Globalement, on qualifie d'antigène toute substance capable de faire réagir le système immunitaire adaptatif. En pratique et pour simplifier, il s'agit de toute substance dont la seconde introduction dans l'organisme produira un effet différent de la première.

### Inné ou adaptatif

Concept important, celui du système "inné" et du système adaptatif (ou acquis, bien que ce terme soit de moins en moins utilisé). Il s'agit ici d'opposer des phénomènes "non-spécifiques" à des événements "spécifiques", sous-entendus "de l'antigène".

Dans le premier cas, il s'agit d'une réaction suivant l'introduction d'un nouvel élément, quel qu'il soit, et qui repose sur une réaction globale d'un type cellulaire. Toutes les cellules blessées, quelle qu'en soit la cause, ont des réactions similaires, et les cellules du système immunitaire réagissent de manières stéréotypées également. Cette réponse innée est rapide, sans mémoire et indépendante de l'antigène. Une multitude de situation (blessure, infection virale ou bactérienne, etc.) mènent à des réactions innées similaires.

La réponse adaptative concerne des phénomènes liés aux antigènes, et consiste en la sélection de clones de lymphocytes, capables de cibler ce qui est perçu comme une menace. Cette réponse adaptative est lente, strictement dépendante des antigènes, et possède une mémoire immunitaire. Chaque situation différente mènera à la sélection de quelques clones lymphocytaires qui prendront en charge le danger.

### Cellulaire ou humoral

Article détaillé : Cellule immunitaire.

Un des plus anciens concepts oppose une composante cellulaire à une composante soluble ("humorale") de l'immunité. Elle tient du fait que le sérum, donc débarrassé des cellules sanguines et du fibrinogène, peut produire des phénomènes rapides et très efficaces de destruction ("lyse") d'organismes cibles, d'une part et que les effets de certaines cellules immunitaires sont plus difficiles à observer, car sont plus lents et imposent des conditions d'expérimentation très strictes. Les deux types de phénomènes furent pendant longtemps impossibles à observer concomitamment. Cette opposition n'aura plus lieu d'être dès que les techniques permettront de prouver que ce sont bien des cellules immunitaires qui produisent ces facteurs solubles.

## Th1 ou Th2

Article détaillé : Lymphocyte T.

La découverte des rôles des cellules T CD4+ "helper" (Th), à savoir d'aider les réponses immunitaires, fit se dégager assez vite un fait expérimental: dans certaines conditions, les Th peuvent favoriser une réponse à médiation cellulaire, avec génération de cellules cytotoxiques, ou une réponse humorale, avec production d'anticorps. En d'autres termes, un même antigène dans des situations différentes induira parfois une réponse à médiation cellulaire, parfois une réponse à médiation humorale. Reprenant l'ancienne dichotomie cellulaire/humorale, le concept Th1/Th2 permet d'opposer les conditions dans lesquelles les T CD4+ réagissent en produisant des signaux dirigeant la réponse vers une cytotoxicité cellulaire, avec formation de cellules T CD8+ cytotoxiques ("CTL" pour "cytotoxic T lymphocytes") en grand nombre; ou au contraire la formation d'une réponse soluble, avec différenciation de lymphocytes B en plasmocytes, produisant des anticorps en grande quantité.

## Soi ou non-soi

La réponse cellulaire fut pendant longtemps considérée comme résultant d'une reconnaissance directe par les cellules immunitaires des cellules étrangères. Autrement comment expliquer que des substances produisent une réaction forte chez un organisme et aucune chez un autre? L'introduction d'un élément étranger (infection ou greffe) doit être suivie d'une acceptation ou d'un rejet par le système immunitaire. Lors d'une greffe de peau par exemple, la peau prélevée sur le donneur était bien acceptée par le système immunitaire du donneur. Or, après la greffe, le système immunitaire du receveur peut bien décider de considérer la nouvelle peau comme étrangère, et la rejeter, alors qu'elle ne constitue en rien un danger. Ce concept reste très actuel, bien que ses mécanismes aient été en grande partie élucidés par l'étude des interactions entre les TCR et les molécules de CMH.

## Immunogène ou tolérogène

Une autre question peut se poser: comment se fait-il que certains corps "étrangers" ne soient pas reconnus? La première notion est celle de "tolérance centrale", qui stipule qu'aucun organisme ne doit, à la base, produire des lymphocytes auto-réactifs, c'est-à-dire des lymphocytes réagissant contre les antigènes du "soi". La seconde notion est celle de tolérance périphérique. Elle repose sur des lymphocytes qui inhibent les réponses des autres cellules immunitaires, et dont l'action est très plastique. Le problème ici est donc de savoir dans quelles conditions l'introduction d'un élément étranger, d'un antigène, va ou bien induire une réponse immunitaire, auquel cas l'antigène est immunogène, ou bien produire une tolérance pour cet antigène. On parle dans ce cas de substance tolérogène.

## Dangereux ou sans danger

La théorie du danger repose sur un constat simple: dans certaines situations, un même antigène peut être perçu comme sans danger (tolérogène), dangereux (immunogène), et dans le cas où il est immunogène, développer des réponses très différentes, réponses cellulaires ou différentes réponses anticorps, allant jusqu'à l'allergie. La théorie du danger stipule que ce sont les conditions dans lesquelles l'antigène est perçu qui déterminent le type de réponse immunitaire qui sera développé. Ces conditions particulières impliquent des signaux de danger en plus ou moins grand nombre et plus ou moins grande quantité, et qui accompagnent l'antigène. La combinaison des signaux de danger (ou leur absence) oriente la réponse immunitaire.

## Les organes de l'immunité

L'ensemble des organes du système immunitaire s'appelle le système lymphoïde.

### Organes lymphoïdes primaires ou centraux

- La **moelle osseuse** : c'est là que les cellules du système immunitaire sont produites, par un processus appelé hématopoïèse. C'est également le lieu de l'acquisition de l'immunocompétence des lymphocytes B.
- Le **thymus** : c'est là qu'a lieu la maturation et la sélection des lymphocytes T.

### Organes lymphoïdes secondaires ou périphériques

- Au niveau du système sanguin, il y a des échappées de protéines. Ces protéines se retrouvent dans le liquide interstitiel et doivent retourner dans le sang afin de contrôler son osmolarité. Les capillaires lymphatiques récupèrent ces protéines et captent aussi les agents pathogènes, cellules du système immunitaire et débris de cellules mortes. Le **système lymphatique** entraîne la lymphe au niveau d'un centre intégrateur qui correspond aux ganglions lymphatiques. Après le passage de la lymphe dans le ganglion, la lymphe est épurée. La lymphe circule vers le cœur à sens unique. Elle rejoint la circulation sanguine au niveau du cœur par le canal thoracique et se jette dans la veine sous-clavière gauche.
- Les **ganglions lymphatiques** ont une structure plus ou moins globuleuse. Ils se décomposent en plusieurs zones.
  - Un *sinus* capsulaire qui permet l'arrivée des vaisseaux lymphatiques afférents. La lymphe traverse le sinus entre dans le ganglion par l'intermédiaire de travées.
  - Le *cortex* du ganglion est occupé par les lymphocytes B. Les cellules B sont regroupées en amas. Ce sont ces follicules qui grossissent en cas d'infection.
  - Le *paracortex* abrite les lymphocytes T et les cellules dendritiques.
  - Au centre, on a une zone de sortie avec autant de lymphocytes B que de lymphocytes T. C'est le *hile* par lequel sortent les vaisseaux lymphatiques efférents.
- Les appendices secondaires (formations lymphoïdes agrégées) ont des zones particulières d'épuration. Ce sont l'anneau de Waldeyer au carrefour aérodigestif (amygdales et végétations adénoïdes), l'appendice et les plaques de Peyer.
- La **rate** fait également partie du système immunitaire car elle épure le sang vis-à-vis des pathogènes qui pourraient s'y trouver.

### Organes lymphoïdes tertiaires

Les organes lymphoïdes tertiaires comprennent tous les tissus et organes où la réponse immunitaire a lieu. Ils contiennent peu de cellules lymphoïdes dans les conditions physiologiques normales mais peuvent en importer une grande quantité lors de la présence d'un pathogène. Ils comprennent:

- La peau
- Le système respiratoire
- Le tube digestif -- voir MALT
- Le tractus génital -- voir GALT
- ...le reste du corps.

Il faut noter l'existence de sanctuaires immunitaires. Ce sont des tissus où les cellules immunitaires ne pénètrent pas; il s'agit des testicules et de la chambre antérieure de l'œil. Les lymphocytes naïfs ne peuvent pas franchir la barrière hémato-encéphalique.

## Les différents types de réactions immunitaires

### L'immunité humorale

Il s'agit des mécanismes de défense impliquant des facteurs solubles. Elle est de deux types: défense innée et défense adaptative.

#### Immunité humorale innée

Les défenses innées correspondent à des molécules présentes spontanément dans l'organisme et qui préexistent à la menace. Il s'agit des anticorps naturels, des défensines, du système du complément. Les tissus agressés produisent également des molécules de l'inflammation, tels que le facteur tissulaire et les dérivés de l'acide arachidonique: leucotriènes et prostaglandines

#### Immunité humorale adaptative

Elle est supportée par la présence d'anticorps circulants. Les anticorps sont produits par les plasmocytes, issus de la différenciation terminale d'un clone de lymphocyte B. Ce sont des molécules de type immunoglobuline de différents types:

- Les **IgM** qui sont les premiers produits lors d'une infection. Ils sont décavalents et leur avidité pour les antigènes est très grande. Ils ont un rôle majeur dans la formation de complexes immuns.
- Les **IgG** de haute affinité, ayant un rôle essentiel dans la cytotoxicité liée aux anticorps.
- Les **IgE** supports de l'allergie immédiate (réaction d'hypersensibilité type 1).
- Les **IgA** sécrétés au niveau des muqueuses, jouent un rôle majeur dans la neutralisation des pathogènes présents sur les épithéliums (bronches, tube digestif).

De manière générale, les anticorps agissent de deux manières différentes: soit par l'activation du complément, soit par fixation du complexe immun sur une cellule immunitaire possédant un récepteur pour le fragment constant des anticorps (tels que les macrophages, les lymphocytes NK par exemple)

### L'immunité cellulaire

Les phénomènes immunitaires à médiation cellulaire impliquent différents types de cellule, regroupés dans deux concepts: les cellules de l'immunité innée et celles de l'immunité adaptative.

#### Cellules de l'immunité innée

Ce sont des cellules qui sont capables de réagir à un phénomène sans éducation préalable. Elles réagissent à des stimuli présents sur une variété de pathogènes, et indépendamment des antigènes. Il s'agit:

- des lymphocytes NK;
- des granulocytes, anciennement appelés polynucléaires;
- des macrophages;
- des cellules dendritiques, qui sont les meilleures cellules présentatrices d'antigènes.

#### Cellules de l'immunité adaptative

Il s'agit de réactions qui mettent en jeu des cellules de type lymphocyte T. Leur maturation dépend d'un stimulus antigénique et d'une éducation par une cellule présentatrice d'antigène. Leur activation face à une cible dépend de la présentation de l'antigène par la cellule cible. Les lymphocytes T ne sont donc capables de reconnaître que des cellules transformées (c'est-à-dire infectées par un pathogène intracellulaire, ou une cellule tumorale). Il y a deux types principaux de lymphocytes T:

- les lymphocytes CD8+ reconnaissent un antigène porté par une molécule de CMH de type I. Ils se différencient généralement en lymphocytes cytotoxiques et produisent relativement peu de cytokines;

- les lymphocytes CD4+ reconnaissent un antigène porté par une molécule de CMH de type II. Leur action principale est la sécrétion de cytokines, qui orientent et amplifient la réponse immunitaire, c'est ce qu'on nomme le "help" (en français: aide), d'où le surnom de "helper" donnés à ces lymphocytes T. Le paradigme actuel est de différencier deux types de CD4+: les lymphocytes helpers qui orientent vers une réponse cytotoxique ("Th1") et ceux qui orientent vers une réponse plus humorale ("Th2").

On retrouve également les lymphocytes B via la diversité de leurs BCR, qui sont des AC.

## Les maladies de l'immunité

### Les déficits immunitaires

Voir déficit immunitaire.

- Congénitaux
  - À prédominance humorale, touchant les anticorps.
  - À prédominance cellulaire.
  - Combinés.
- Acquis
  - Iatrogènes (chimiothérapie du cancer, traitement immunosuppresseur)
  - Viraux (VIH SIDA)
  - Liés à une pathologie sévère (leucémie, cancer évolué, etc.).

### Les réactions immunitaires défavorables

- Les différents types d'allergie ou hypersensibilité.
  - De type 1, dite "immédiate": Médiée par les IgE, rapide voire foudroyante.
  - De type 2, appelée aussi "maladie sérique": Cytotoxicité directe des immunoglobulines.
  - De type 3: Complexes immuns circulants.
  - De type 4 dite "retardée": Allergie retardée d'immunité cellulaire.
- Les maladies auto-immunes.
- Les réactions à la transfusion sanguine.
- Le rejet de greffe d'organe.

## L'immunologie en pratique

### L'immunologie dans les laboratoires de diagnostic et dans la recherche

La connaissance des mécanismes immunologiques a permis le développement de nombreuses techniques d'analyses aussi bien quantitatives que qualitatives, utilisant notamment les anticorps, vecteurs de l'immunité humorale, mais aussi parfois des tests cellulaires. La maîtrise de production des anticorps a ouvert le champ à de nombreuses techniques de purification par "affinité", mais aussi des applications thérapeutiques.

#### Techniques

La plupart de ces techniques utilisent les propriétés des anticorps monoclonaux ou polyclonaux purifiés par affinité. Leur affinité et leur spécificité de liaison à leur cible fait d'eux des outils incontournables de détection ou capture spécifique. Ils permettent de déterminer la présence dans un échantillon complexe d'un Antigène ou même d'une de ses parties particulière(épitope). De nombreuses modalités de mise en oeuvre existent

### techniques avec anticorps non marqués

Les premières techniques d'analyse proposées utilisaient des *anticorps non marqués*, par exemple dans les réactions de **précipitation**, les réactions d'**agglutination** (ex: "*test de Coombs*"), turbidimétrie ou néphélométrie et les réactions de **neutralisation**. On utilise la capacité de former des complexes immuns multiples de l'antigène cible et des 2 sites des IgG ou 5 sites des IgM, et éventuellement le fait que l'anticorps est fixé ou se fixe à des cellules ou des particules (agarose). Les complexes antigène-anticorps deviennent visibles macroscopiquement de manière diffuse (opacité par turbidimétrie) ou locale (précipitation), éventuellement après coloration, ex. au Bleu de Coomassie.

Par exemple dans plusieurs méthodes dites d'**immunoprécipitation** (ex. *Ouchterlony*), l'anticorps présent dans un gel immobilise un antigène diffusant depuis un puits, et on visualise une ligne blanche représentant la précipitation du complexe immun formé. Il existe une variante faisant appel à l'Électrophorèse (*Fused Rocket Electrophoresis*). D'autres techniques similaires sont utilisées en recherche pour déceler des interactions entre deux protéines ou pour purifier un composé dans une solution.

### techniques avec anticorps marqués

Des méthodes devenues plus fréquentes consistent à utiliser des *anticorps marqués*, "détectables" facilement, cad couplés à avec des composés colorés ou le plus souvent fluorescents, des particules d'or, des enzymes qui produiront un signal coloré fluorescent ou luminescent, ou de petits composés détectables indirectement (biotin, "tags"), voire des éléments radioactifs. La réaction ag/ac est mise en oeuvre en phase homogène ou hétérogène. Par exemple cette dernière modalité se décline dans les techniques comme l'**ELISA**, le **blotting** ou le **micro-réseau**, selon que le support est une microplaque, membrane, lame de verre... Ces techniques d'analyse in-vitro permettent de détecter des protéines ou autres molécules, de façon qualitative (spécificité) et/ou semi-quantitative (par titration, comparé à une titration de standards). L'ELISA sur microplaque est une technique très flexible, de la R&D au contrôle qualité ou au screening. Selon la spécificité des anticorps, on peut détecter de faibles différences ou modifications entre molécules (isoformes de protéines, phosphorylation, acétylation, etc.). Le micro-réseau permet de tester qualitativement des centaines de milliers de molécules (ou anticorps) sur 1 cm<sup>2</sup> ("Screening"), avec 2 ou 3 paramètres (anticorps). Le western blot après électrophorèse 2D permet de distinguer qualitativement et quantitativement dans un même échantillon des protéines et leurs variant (profiling).

D'autres techniques utilisent le principe de l'ELISA, mais le support consiste en la cible à détecter, par exemple une cellule ou un virus. Par exemple une coupe de tissus est "marqué immunologiquement" (fixation de l'anticorps), et on analyse avec un microscope les cellules "colorées" par l'anticorps (**Immuno-Histochimie (IHC)**), ou rendu fluorescentes (**Immuno-Fluorescence (IF)**) - on observe l'intensité de la fluorescence, ou son changement de longueur spectrale (*ratimétrie*), ou le changement de polarisation de la fluorescence (*Fluorescence Polarization*), ou le temps entre l'excitation et l'émission (*Life Time Resolved Fluorescence*). Ces immuno-analyses renseignent sur la localisation d'antigènes, dans une cellule ou un tissu, et leur relative abondance. Une limitation repose sur la résolution optique, et sur la superposition des antigènes (dans l'épaisseur de la coupe), ce qui est partiellement adressé par scanning focal (*Microscopie confocale*). En Cytométrie de flux ("**FCM**"), on marque les cellules en suspension, qui sont analysées individuellement, ce qui rend l'information très puissante (populations cellulaires, notamment en multiple détections, d'autant que les cellules peuvent être triées).

Les techniques d'analyse immunologique (immuno-métrique si elles sont rendues quantitatives) utilisant des anticorps marqués recourent souvent à des *systèmes d'amplication*, qui repose souvent sur plusieurs anticorps, dont des anticorps "secondaires", marqués et reconnaissant les anticorps "primaires" spécifiques de la cible à détecter. Elles peuvent être **multiplexées** dans divers techniques (ELISA Fluo, MicroArray, W-Blot, IFH, CMF): 2 et jusqu'à 4 anticorps spécifiques marqués différemment sont utilisés simultanément, et l'on peut alors avoir des résultats multiples sur le même échantillon (simultanément, ou après superposition). Des variantes combinent des billes pour atteindre jusqu'à 48 détections. D'autres modalités permettent d'apprécier la distance entre 2 molécules (**FRET**,

**BRET).**

### autres techniques

Une autre propriété des anticorps utilisée en clinique animale et depuis quelques années en clinique humaine est la faculté de certains isotypes d'anticorps à lier le complément, et donc de lyser les cellules à la surface desquelles ils sont fixés. En pratique, cela permet de détruire les cellules possédant un marqueur antigénique particulier (**techniques de "lyse"**).

Les **techniques de purification par affinité** utilisent les anticorps couplés chimiquement à des résines pour capturer des antigène cibles (éventuellement complexés à d'autres partenaires - technique voisine de l'immunoprécipitation). Les applications vont de la R&D à l'industrie (fabrication).

### Applications

Les applications des analyses immunologiques sont majeures en R&D, en diagnostic médical et vétérinaire, et même en contrôle qualité (alimentaire).

### Sérologie

Le diagnostic des infections bactérienne (ex la toxoplasmose) ou virales (ex le VIH, l'hépatite B) se base le plus souvent sur la détection d'anticorps circulants dans le sérum des patients (parfois dans d'autres fluides). La technique la plus utilisée est l'ELISA 'direct'.

### Détection immunologique directe d'agents pathogènes

La technique la plus utilisée est l'ELISA avec les modalités dites 'sandwich' et 'inhibition' (ou 'compétition'), en colorimétrie (EIA: Enzyme ImmunoAssays) ou radiométrique (RIA: RadioImmunoAssay), plus rarement fluorescence. Mais comptent aussi la cytométrie de flux pour des cas plus difficiles et recherche hospitalière, le micro-réseau qui se développe pour préciser le diagnostic avec plus de paramètres. Enfin la Microscopie avec immunochimie (IHC) est très utilisée pour préciser le (ou à défaut de) diagnostic sérologique, dans les hôpitaux, et même l'immunofluorescence (IF). Ceci vaut aussi pour le cancer (cf infra).

### Détection immunologique de paramètres biologiques

Les immuno-analyses sont capables de doser certains analyses circulants, et de détecter des marqueurs cellulaires normaux (qui signalent le type de cellule, ou une activité -récepteur,enzyme-) ou cancéreux.

La détermination de la formule lymphocytaire fait appel à la cytométrie en flux, utilisant des anticorps monoclonaux couplés à des molécules fluorescentes spécifiques de marqueurs (*cluster de différenciation* CD4/8...).

Le dosage d'hormones dans le sérum est fait souvent par ELISA, mais certaines (hormones thyroïdiennes notamment) se font par turbidimétrie ou néphélométrie.

La recherche du cancer du colon et du pancréas se fait par ELISA avec quelques marqueurs fréquents (par ex le CA19-9) Marqueurs tumoraux</ref>

## Divers

En clinique animale et depuis quelques années en clinique humaine on recourt à la faculté de certains isotypes d'anticorps à lier le complément, et donc de lysér les cellules à la surface desquelles ils sont fixés.

## L'immunologie dans la pratique médicale

La connaissance de l'immunologie et les techniques immunologiques sont présentes à de nombreux niveaux en médecine, du diagnostic au développement de vaccins, du traitement de maladies auto-immunes au thérapies par greffe ou utilisant des anticorps.

L'utilisation de toutes sortes de **vaccins** a permis le triomphe de la médecine contre de nombreuses maladies infectieuses. Ainsi, la variole est éradiquée, et d'autres maladies sont des candidats à l'éradication par la vaccination : la rougeole, l'hépatite B par exemple. Ce sont des maladies causées par des virus dont l'être humain est le seul réservoir. La vaccination d'une grande partie de la population permettrait de les éradiquer. Ce sont des objectifs fixés par l'organisation mondiale de la santé<sup>[1]</sup>.

Par ailleurs, il existe depuis 2006 un vaccin destiné à diminuer le risque de cancers du col de l'utérus. Ce vaccin est dirigé contre un virus responsable de la transformation des cellules épithéliales du col en cellules tumorales. Vacciner les jeunes filles avant leurs premiers contacts sexuels permettrait de diminuer de 80% les cas de cancer du col.

L'immunologie et l'**étude du système immunitaire** est un outil indispensable pour deux domaines particuliers : le rejet de greffe et les maladies auto-immunes, comme le diabète. Parallèlement, l'immunologie des tumeurs étudie comment le système immunitaire interagit avec les cellules tumorales, dans le but d'influencer médicalement la puissance potentielle d'une réaction immunitaire dirigée contre une tumeur.

Côté **thérapeutique**, on utilise des anticorps modifiés ("humanisés") pour véhiculer des agents toxiques (toxines, radioéléments) jusqu'à des cellules cibles cancéreuses pour détruire des tumeurs (*Immuno-Thérapie*). Similairement mais pour du **diagnostic**, des anticorps spécifiques de marqueurs tumoraux sont marquées (fluorescence ou radioactivité faible (*Immunoscintigraphie*/*Immuno-Scintigraphie*)) et injectés au patient avant imagerie médicale afin de diagnostiquer ou localiser des tumeurs avant chirurgie. A ces applications pointues, appelons enfin simplement l'importance des techniques immunologiques classiques pour le diagnostic médical, sérologique ou infectieux notamment -voir ci dessus section techniques & applications-.

## Voir aussi

### Notes

[1] Voir ce document ([http://www.wpro.who.int/NR/rdonlyres/530015C6-DC6C-4E9E-AE6D-01D2B7D13298/0/RC5511\\_fr.pdf](http://www.wpro.who.int/NR/rdonlyres/530015C6-DC6C-4E9E-AE6D-01D2B7D13298/0/RC5511_fr.pdf)), site de l'OMS.

### Liens internes



- tolérance
- système immunitaire
- déficit immunitaire
- maladies auto-immunes.
- lymphocyte T.
- anticorps
- cellule présentatrice d'antigène
- antigène
- cytokine
- chimiokine

- immunologie mucoale
- Vaccination

## Liens externes

- Immunology Animations (<http://www.maxanim.com/immunology/index.htm>)
- BMC: Immunology (<http://www.biomedcentral.com/bmcimmunol/>)- BioMed Central:Immunology est un journal d'accès libre, publiant des articles de recherche (comité de lecture)
- Nature Reviews Immunology ( page du journal (<http://www.nature.com/nri/index.html>))
- cours d'immunologie (<http://anne.decoater.free.fr/immuno/immuno0.htm>)

## Sources

- de:immunologie
- Wikibooks Immunology Textbook
- Goldsby RA, Kindt TK, Osborne BA and Kuby J (2003) **Immunology**, 5th Edition, W.H. Freeman and Company, New York, New York, ISBN 0-7167-4947-5
-  Portail de la médecine
-  Portail de la biologie

# Phagocyte



Cet article est une ébauche concernant la médecine.

Vous pouvez partager vos connaissances en l’améliorant (**comment ?**) selon les recommandations des projets correspondants.

Phagocyte (aussi appelé **cellule phagocytaire**) signifie « *mangeur de cellules* ». On les compare parfois aux *éboueurs* de l'organisme. Les **phagocytes** ou « *cellules phagocytaires* », sont en effet des cellules pouvant ingérer et détruire des particules de taille variable (de l'échelle nanométrique à micrométrique), qui sont par exemple des microbes, des cellules altérées, des tissus sanguins ou des particules étrangères à l'organisme.

Les phagocytes jouent un rôle essentiel contre les infections, essentiellement bactériennes, mais ils participent aussi à l'élimination des micro et nanoparticules étrangères qui pénètrent l'organisme. Ils participent aux processus inflammatoires.

Le terme phagocyte est habituellement utilisé pour les organismes animaux, dont celui de l'être humain, mais des processus comparables à la *phagocytose* existent chez d'autres organismes vivants.

Ces cellules peuvent se déformer et émettre des prolongements (pseudopodes), qui emprisonnent la particule de manière à permettre son ingestion par inclusion progressive dans le phagocyte où elle est enfermée à l'intérieur de leur cytoplasme, dans une sorte de poche (« *la vacuole de phagocytose* ») où des organes spécialisés de la cellule, les lysosomes, vont sécréter des enzymes lytiques capables de dégrader la matière vivante pour détruire la particule ou cellule ingérée. L'ensemble de ce processus s'appelle la *phagocytose*. Le plus souvent, les macrophages éliminent totalement les microbes présent au niveau d'une plaie ou d'un site infecté. Parfois, les microbes résistent à la phagocytose ; l'infection peut alors progresser.

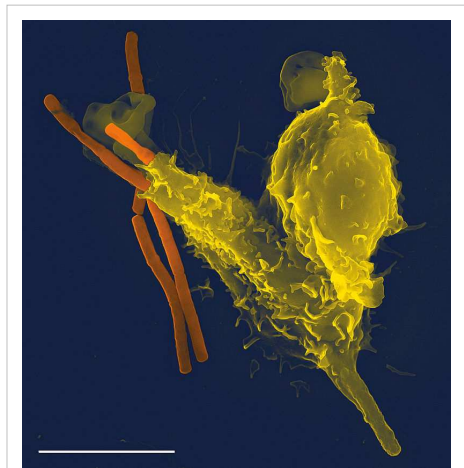


Image au microscope électronique d'un neutrophile (jaune, droite) phagocytant anthrax bacilli (orange, gauche)

Si les microbes détruisent les macrophages ou que ces derniers sont très nombreux et en fin de vie, il y a formation de pus (abcès ou production externe).


Les phagocytes sont ;

- les globules blancs (polynucléaires neutrophiles)
- les autres macrophages.

70% d'entre eux sont des granulocytes et 5% d'entre eux des monocytes qui se transformeront en cellules macrophages.

Comme la phagocytose arrivés dans la zone infectée, certains leucocytes, les phagocytes, attaquent systématiquement les microbes présents et les "mangent". Pour cela les phagocytes s'accrochent aux microbes, les enveloppent et les enferment dans de petites "poches" (les phagosomes ou vacuoles digestives) à l'intérieur de leur cytoplasme. Dans le cytoplasme du phagocyte les lysosomes libèrent alors dans le phagosome, des enzymes hydrolitiques (=enzymes digestives) qui assurent la destruction (l'hydrolyse) des microbes. L'ensemble de ce mécanisme s'appelle la phagocytose. Le plus souvent, ce mécanisme pour éliminer totalement présent au niveau de la plaie. Parfois, les microbes résistent à la phagocytose et alors l'infection peut progresser. La phagocytose est un mécanisme par lequel les cellules phagocytaires (= phagocytes) englobent et digèrent les micro-organismes du non-soi.

## Notes et références

-  Portail de la médecine

# Sources et contributeurs de l'article

**Biologie animale** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=51819636> *Contributeurs*: Briling, Erasmus, Jmax, Jp33, Lomita, Nix 35, Vpe, 2 modifications anonymes

**Système gastro-intestinal** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=37700532> *Contributeurs*: Adrille, Agrafian Hem Rarko, Alchemica, Arnaudus, Badmood, Bc789, Bob08, Boretti, Calame, Coconut31, CommonsDelinker, Coyau, Darkdadaah, Diffu-sciences, DocteurCosmos, Domsau2, Dosto, Emirix, Erasmus, Esby, Fafnir, Fiddler96, Fu Manchu, Fueled, Gribeco, Grondin, Grook Da Oger, Hercule, Hégésippe Cormier, IALex, Inisheer, Jgallerand, Jrfc11, Julien06200, Kalessin, Kokoyaya, Korg, Leila-sciences, Liondelyon, Llooll, Manuguf, Marc Mongenet, Matrotier, Medium69, Moez, Moyg, Mutatis mutandis, NicoV, Padawane, Papillon-philosophique, PierreEG, Pio, Remi, Renato Caniatti, RomWiki, Sebjarod, Semnoz, Sihaya, Ste281, Surveyor, Tavernier, Tegu, Theamaon, Tieuu, Tognopop, Traroth, Vinz1789, Vioxx, 139 modifications anonymes

**Nutrition** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=59338977> *Contributeurs*: A2, Alno, Anthere, Apokrif, Araoult, Argos42, Arthur Laisis, Askywhale, Badmood, Badcool, Boretti, CUSENZA Mario, Calodiet, Carbone14, Cdang, Chaoborus, Chaps the idol, Chmlal, Colombe, Coppertwig, Creasy, Céréales Killer, DSCH, Didier, Doch54, DocteurCosmos, Démocrite, Eiffele, Elapied, Escaladix, FR, Facultemedecine, Fenice, Foobar, Footix, Franck saint germain, GAllegre, Gerard cohen, Gribeco, Grimlock, Harry66222, Hibiscus, Inisheer, JLM, JackPotte, Jgallerand, Kamulewa, Keres, Lamiot, Laurent Nguyen, Lea(fred), Lenaic, Leszek Jańczuk, Lilyu, Loïc, Maston28, Mirgolth, Moumousse13, Nicolas Ray, Orlodrim, Padawane, Paifu, Pašapas, Philippe Giabbanelli, PierreEG, Pio, Presspaper, R, Richardbl, RomWiki, Sand, Savoirprod, Sebleouf, Sensationnorme, Ske, Stanlekub, Stéphane33, Symac, TED, Thérouane, Tieuu, Valérie75, Verdy p, Waltercolour, Wiz, Zediet, 120 modifications anonymes

**Digestion** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=59115429> *Contributeurs*: Adrille, Agrafian Hem Rarko, Alchemica, Arnaudus, Badmood, Bc789, Bob08, Boretti, Calame, Coconut31, CommonsDelinker, Coyau, Darkdadaah, Diffu-sciences, DocteurCosmos, Domsau2, Dosto, Emirix, Erasmus, Esby, Fafnir, Fiddler96, Fu Manchu, Fueled, Gribeco, Grondin, Grook Da Oger, Hercule, Hégésippe Cormier, IALex, Inisheer, Jgallerand, Jrfc11, Julien06200, Kalessin, Kokoyaya, Korg, Leila-sciences, Liondelyon, Llooll, Manuguf, Marc Mongenet, Matrotier, Medium69, Moez, Moyg, Mutatis mutandis, NicoV, Padawane, Papillon-philosophique, PierreEG, Pio, Remi, Renato Caniatti, RomWiki, Sebjarod, Semnoz, Sihaya, Ste281, Surveyor, Tavernier, Tegu, Theamaon, Tieuu, Tognopop, Traroth, Vinz1789, Vioxx, 139 modifications anonymes

**Circulation sanguine** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=58956712> *Contributeurs*: Alexh, Boretti, Bub's, Cdang, Chaps the idol, Culex, Dauphiné, Davgrps, Davric, Doc103, Dosto, Elapied, Erasmus, Esprit Fugace, Fafnir, Gagea, Gribeco, Grook Da Oger, Jastrow, Jean de Parthenay, Jgallerand, Jp6311, Jérôme6210, Kyro, L'Oursonne, Lamiot, Larzac, Leag, Leila.C, Linan, Mir, Mutatis mutandis, Nanoxyde, Nguyenld, Padawane, Pautard, Phe, Pigeon68, Rune Obash, Sebleouf, Shaolin128, Sophocle, Tavernier, Tieuu, Titeuf53, Toony, Vincnet, VonTasha, Zetud, Zhonghuo, 85 modifications anonymes

**Appareil respiratoire** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=59092286> *Contributeurs*: A3 nm, Baronnet, Bernard Déry, Bradipus, Citron, Dernhelm, Eden2004, Effco, Erasmus, Esprit Fugace, EyOne, Fabrice Ferrer, Flo, Forcalquier, Hopea, Inisheer, JB, Moez, Nanoxyde, Padawane, Pedrop, Rominandreu, Sherbrooke, Vincnet, Zedh, 44 modifications anonymes

**Respiration humaine** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=57615986> *Contributeurs*: Badmood, Bloubéri, Cdang, CreaMen, DBP, Dernhelm, Dhatier, EDUCA33E, Elapied, Erasmus, Escaladix, Jko, Kndiaye, LT-P, Litlok, Med, Nicolas Ray, PierreEG, Spooky, Stanlekub, Tieuu, Wagaf-d, 21 modifications anonymes

**Nerf** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=59606991> *Contributeurs*: Arnaud.Serander, Artocarpus, Balougador, Barzkar, Bernard Déry, Bloubéri, BlueGinkgo, Cerhab, Chandres, Chmlal, Doc103, Ediacara, Erasmus, Fafnir, Franck Deroncour, Jeromelap56, Kassus, Kevin.charpentier, Kndiaye, Lorrd, Nefbor Udofix, Nicobzz, Orthopedix, Padawane, Stockholm, Stéphane33, Tieuu, Tognopop, Walpole, Whalelubber22, Wing, Yohan Castel, 48 modifications anonymes

**Perception** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=59120040> *Contributeurs*: A2, Akeron, Archimèa, Badmood, Baronnet, Bayo, Bloubéri, Buddha, Captain T, Caton, Chmlal, Céréales Killer, Damien Fernandez, DocteurCosmos, EDUCA33E, Emiaille, Ephemere, Erasmus, Expertom, GL, Hans-Werner34, Hercule, Joseph Louis Robidoux, Kango, Kndiaye, LSG, Lamiot, Litlok, Lucronde, LynnUS, Markadet, Matpib, Nicobruno, Nicolas Ray, Orthogaffe, Pautard, PetitDej, Pgreenfinch, Phe, Renato Caniatti, Rpa, Rémi, Smily, Surveyor, Syno, Tieuu512, Tim, Touchatou, Touns, Vmaurin, Xfigpower, Xofc, Xxcpaul, Yohan Castel, Zeld, 67 modifications anonymes

**Mouvement (anatomie)** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=59038654> *Contributeurs*: Alphos, Bloubéri, Cdang, Chirosophe, Dhatier, Erasmus, JLM, Jarfe, Jef-Infojef, Jschav88, Jérôme6210, Knadiye, Leag, Phe, Popo le Chien, Smeet666, Spooky, Stanlekub, Teofilo, Yohan Castel, 12 modifications anonymes

**Système reproducteur** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=57410653> *Contributeurs*: Erasmus, Nodulation, Scullder, 4 modifications anonymes

**Sexualité (reproduction)** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=55165820> *Contributeurs*: Bbulot, Bloubéri, Dhatier, Ediacara, Fluti, Gagea, GillesC, Hubertgui, Jef-Infojef, Lgd, Linan, Litlok, Loveless, Markus3, NicoV, Okki, Ollamh, Otourly, Smily, Stanlekub, TED, Yohan Castel, 17 modifications anonymes

**Fécondation** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=58910220> *Contributeurs*: .melusin, Abrahami, Almoxxo, Alpha.prim, ArnoLagrange, Badmood, Cantons-de-l'Est, Didier Misson, Doc103, Ediacara, Eiffele, Erasmus, Eric Dubois, Grook Da Oger, Io Katai, IzBen, Iznogood, Jahak, Jymm, Kassus, Lamiot, LeGéantVert, Lord monster2, Mgn67, MisterMatt, Morguy, Mots..., Nguyenld, Ofix, Ollamh, Orthogaffe, Padawane, Pautard, Pcorpet, PierreEG, Pierrepardon2011, Pmx, Po mercier, Rokp, Salix, Simorg, Sisiq, Solveig, Spooky, TED, Teuteul, Tieuu, Vengeure, Yakafaucon, Zouavman Le Zouave, Zyzomys, 52 modifications anonymes

**Gamète** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=58729731> *Contributeurs*: Abrahami, Aill, Alpha574, ArnoLagrange, Archoe, Barbe-Noire, Bertrand Nantes, Bob08, Cdang, Channer, Elapied, Erasmus, Fdardel, Gagea, Gribeco, IALex, Jeanboyer, Kelson, Klein, Le Loup Be, Markadet, Neuceu, Orlodrim, Orthomaniaque, PierreEG, Saku, Shakki, Sihaya, Stanlekub, TED, Tieno, Tieuu, Tognopop, Vargenau, 43 modifications anonymes

**Gamétoгенèse** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=59316769> *Contributeurs*: Agrafian Hem Rarko, Channer, Erud, Grigg Skjellerup, Jp33, Lamiot, LeGéantVert, Loveless, 1 modifications anonymes

**Système endocrinien** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=59023863> *Contributeurs*: Bertal, Chtfn, CommonsDelinker, Diablangelique, Erasmus, Freekozak, Kelson, Lamiot, Lascorz, Nanoxyde, Vanina82, ^demon, 12 modifications anonymes

**Milieu intérieur** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=54408058> *Contributeurs*: Abrahami, Dijkschneier, Gagea, LimoWreck, TigH

**Système immunitaire** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=59434399> *Contributeurs*: Ailette, Alno, Arct, Badmood, Buzz, Casablanca1950, Cricic, Curry, Cyliau, David Berardan, Dhatier, DocteurCosmos, Eloben, En passant, Erasmus, Fruge, Gandalfcobaye, Gene.arboit, Gourgandin, Greudin, Grondin, Grook Da Oger, Guérin Nicolas, Haltopub, Immunoman, Ironii, Jérôme6210, Karta24, Kelson, Lamiot, LeonardoRob0t, Moez, Myrtil, Mzelle Laure, Nguyenld, Nicobzz, Nykozof, Oblic, Orthogaffe, Overkilled, Piku, Pro bug catcher, Reclame, Samsa, Sherbrooke, Sihaya, Tieuu, Vanina82, Wanderer999, Xofc, Yohan, Youssefsan, Zetud, script de conversion, 157 modifications anonymes

**Antigène** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=59277973> *Contributeurs*: Cnicketfr, Edhral, Eiffele, Eloah, Erasmus, Esetere, Esprit Fugace, Grook Da Oger, Hégésippe Cormier, Leag, Ludovic89, Myrtil, Renato Caniatti, Sensonet, Suaudeau, Tieuu, Yohan, Zouavman Le Zouave, 34 modifications anonymes

**Anticorps** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=59318530> *Contributeurs*: Agrafian Hem Rarko, Apokrif, Baronnet, Chiparus, Chtit draco, Cnicketfr, Colton, Cqui, Céréales Killer, David Berardan, DocteurCosmos, Erasmus, Esprit Fugace, Fluti, Garfieldairlines, Gasoline, Gribeco, Grondin, Grook Da Oger, Guldur, Immunoman, Iznogood, Jmbolzing, Kelson, Kiliht, KooK, Lamiot, Leag, Maraboushaq34, Mehdi7687, Muganga guillaume, Nguyenld, Nono64, Néfermaât, Olivier Hammam, Olmec, Orthogaffe, Phe, Quantin57, Renato Caniatti, Sebleouf, Sherbrooke, Suaudeau, TED, TKostolany, Tieuu, Yohan, Zaver, Zeld, 89 modifications anonymes

**Cellule immunitaire** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=47110156> *Contributeurs*: Agrafian Hem Rarko, Alecs.y, Badmood, Immunoman, PierreEG, 1 modifications anonymes

**Immunologie** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=57256623> *Contributeurs*: Abcp6, Alno, Angeldream, Ateur, Archibald, Badmood, Bloubéri, Bob08, Chtfn, Colindla, CommonsDelinker, Dhatier, Drtissot, Ediacara, Erasmus, Erasmus.new, FabienGomez, Felixggenest, Fluti, Foad120, Gagea, GiuseppeMassimo, Gédé, Immunoman, Inisheer, Jef-Infojef, Kilom691, Lamiot, Laurent Nguyen, Liondelyon, Litlok, Lomita, Looxix, Loïc, Miscinnamon, Moez, Myrtil, Nono64, Orthogaffe, Otets, Oxonium, Pachycephale, Personne1212, Piku, Pok148, Poulos, R, RedBlade, Robert B., Romanc19s, Sherbrooke, Tieuu, Tomtomgo92, Yohan, Yohanloq, Zeld, 59 modifications anonymes

**Phagocyte** *Source*: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=59313100> *Contributeurs*: Dernhelm, Desaparecido, Eiffele, Erasmus, Grook Da Oger, Gz260, McSly, MimiRyudo, Pabix, Papillus, Piku, Shamael, 34 modifications anonymes

# Source des images, licences et contributeurs

**Image:BU Bio5c.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:BU\\_Bio5c.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:BU_Bio5c.jpg) *Licence:* inconnu *Contributeurs:* Elapied, Hounkologo, Padawane

**Image:Digestive system diagram fr.svg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Digestive\\_system\\_diagram\\_fr.svg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Digestive_system_diagram_fr.svg) *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* User:LadyofHats, User:Moez

**Fichier:BU Bio5c.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:BU\\_Bio5c.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:BU_Bio5c.jpg) *Licence:* inconnu *Contributeurs:* Elapied, Hounkologo, Padawane

**Fichier:Star of life2.svg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Star\\_of\\_life2.svg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Star_of_life2.svg) *Licence:* Attribution *Contributeurs:* User:Verdy p

**Image:FoodSourcesOfMagnesium.jpg** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:FoodSourcesOfMagnesium.jpg> *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* Peggy Greb

**Fichier:Brood.jpg** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Brood.jpg> *Licence:* inconnu *Contributeurs:* Ed g2s, Gveret Tered, Jw21, Liftarn, Para, PawelMM, Roomba, Wst, Yongxinge

**Image:Butter with a butter knife.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Butter\\_with\\_a\\_butter\\_knife.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Butter_with_a_butter_knife.jpg) *Licence:* Creative Commons Attribution 2.0 *Contributeurs:* Carey Tilden

**Image:Chylomicron.svg** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Chylomicron.svg> *Licence:* Free Art License *Contributeurs:* User:Xvazquez

**Image:Soybeanvarieties.jpg** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Soybeanvarieties.jpg> *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* Ahoerstemeier, Dodo, Franz Xaver, G.dallorto, Jurema Oliveira, Quadell

**Image:ARS - Foods high in zinc.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:ARS\\_-\\_Foods\\_high\\_in\\_zinc.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:ARS_-_Foods_high_in_zinc.jpg) *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* Gveret Tered, PDH

**Image:Osmotic pressure on blood cells diagram.svg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Osmotic\\_pressure\\_on\\_blood\\_cells\\_diagram.svg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Osmotic_pressure_on_blood_cells_diagram.svg) *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* user:LadyofHats

**Fichier:Foodlogo2.svg** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Foodlogo2.svg> *Licence:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Contributeurs:* User:Seahen

**Image:grafik blutkreislauf.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Grafik\\_blutkreislauf.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Grafik_blutkreislauf.jpg) *Licence:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Contributeurs:* User:Sansculotte

**Image:Disambig colour.svg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Disambig\\_colour.svg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Disambig_colour.svg) *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* User:Bub's

**Fichier:Disambig colour.svg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Disambig\\_colour.svg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Disambig_colour.svg) *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* User:Bub's

**Image: Star of life2.svg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Star\\_of\\_life2.svg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Star_of_life2.svg) *Licence:* Attribution *Contributeurs:* User:Verdy p

**Image:Respiratory system complete fr.svg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Respiratory\\_system\\_complete\\_fr.svg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Respiratory_system_complete_fr.svg) *Licence:* inconnu *Contributeurs:* User:Berrucomons, User:LadyofHats

**Fichier:Brain Surface Gyri.SVG** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Brain\\_Surface\\_Gyri.SVG](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Brain_Surface_Gyri.SVG) *Licence:* GNU Free Documentation License *Contributeurs:* User:James.mcd.nz

**Fichier:Icon psycho.png** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Icon\\_psycho.png](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Icon_psycho.png) *Licence:* GNU Free Documentation License *Contributeurs:* Utilisateur:Yugiz

**Image:Flores.gif** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Flores.gif> *Licence:* GNU Free Documentation License *Contributeurs:* Luis Miguel Bugallo Sánchez (<http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Lmbuga>)

**Image:Sexual cycle-fr.svg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sexual\\_cycle-fr.svg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sexual_cycle-fr.svg) *Licence:* Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Contributeurs:* User:Otourly

**Image:Testudo Marginata.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Testudo\\_Marginata.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Testudo_Marginata.jpg) *Licence:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Contributeurs:* User:Finizio

**Image:Sarcophaga carnaria II.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sarcophaga\\_carnaria\\_II.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sarcophaga_carnaria_II.jpg) *Licence:* GNU Free Documentation License *Contributeurs:* Calliopejen, Quartl, Sarefo, Soebe, 2 modifications anonymes

**Image:Świnia wietnamska akt.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Świnia\\_wietnamska\\_akt.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Świnia_wietnamska_akt.jpg) *Licence:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Contributeurs:* User:Pleple2000

**Fichier:Hermaphrodite symbol.svg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Hermaphrodite\\_symbol.svg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Hermaphrodite_symbol.svg) *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* User:Nethac DIU, User:Yohan Castel

**Fichier:Sperm-egg.jpg** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Sperm-egg.jpg> *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* Blurpeace, Conscious, EugeneZelenko, Giggy, GrawpSock, Herbythyme, Ies, Jacklee, Kameraad Pjotr, Manuelt15, Mattes, Myself488, Noddy93, Pi@k, Platonides, The Evil IP address, Tronicum, 11 modifications anonymes

**Fichier:Oeuf d'autruche.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Oeuf\\_d'autruche.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Oeuf_d'autruche.jpg) *Licence:* GNU Free Documentation License *Contributeurs:* User:Raul654

**Fichier:Red2.jpg** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Red2.jpg> *Licence:* inconnu *Contributeurs:* See below

**File:Illu endocrine system.png** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Illu\\_endocrine\\_system.png](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Illu_endocrine_system.png) *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* Alfie66, Dany 123, Giowilrogubar, Intermedichbo, Istvánka, Lennert B, Metju, Origamiemensch, Was a bee, 8 modifications anonymes

**Image:SEM Lymphocyte.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:SEM\\_Lymphocyte.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:SEM_Lymphocyte.jpg) *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* User:DO11.10

**Image:Homoph colour.svg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Homoph\\_colour.svg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Homoph_colour.svg) *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* User:Bub's

**Image:anticorps.png** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Anticorps.png> *Licence:* GNU Free Documentation License *Contributeurs:* Original uploader was Yohan at fr.wikipedia

**Image:Ac-toxine1.png** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Ac-toxine1.png> *Licence:* GNU Free Documentation License *Contributeurs:* Utilisateur:Yohan

**Image:Ac-toxine2.png** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Ac-toxine2.png> *Licence:* GNU Free Documentation License *Contributeurs:* Utilisateur:Yohan

**Image:monoclonal.png** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Monoclonal.png> *Licence:* GNU Free Documentation License *Contributeurs:* Utilisateur:Yohan

**Image:polyclonal.png** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Polyclonal.png> *Licence:* GNU Free Documentation License *Contributeurs:* Utilisateur:Yohan

**Image:Edward Jenner.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Edward\\_Jenner.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Edward_Jenner.jpg) *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* Painter: unknown

**Image:Louis Pasteur.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Louis\\_Pasteur.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Louis_Pasteur.jpg) *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* Bestiasonica, JdH, Kam Solusar, LadyofHats, PFHLai, Panther, Romary, Scewing, Stefi, 3 modifications anonymes

**Image:E A Behring.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:E\\_A\\_Behring.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:E_A_Behring.jpg) *Licence:* inconnu *Contributeurs:* Ephraim33, Finavon, PDH, Tryphon, Yelm

**Image:IgM scheme.svg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:IgM\\_scheme.svg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:IgM_scheme.svg) *Licence:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Contributeurs:* user:WarX

**Fichier:Neutrophil with anthrax copy.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Neutrophil\\_with\\_anthrax\\_copy.jpg](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Neutrophil_with_anthrax_copy.jpg) *Licence:* Creative Commons Attribution 2.5 *Contributeurs:* Volker Brinkmann

---

# Licence

---

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

---

[www.tunisie-etudes.info](http://www.tunisie-etudes.info)

Ce document a été téléchargé depuis  
[www.tunisie-etudes.info](http://www.tunisie-etudes.info)

Des documents gratuits, devoirs, examens, cours, exercices, corrigés... Ainsi que toute une rubrique pour vous aider à trouver un emploi sans oublier les avis de concours en direct

Notre page Twitter :

<http://www.twitter.com/TunisieEtudes>

Notre page FaceBook :

<http://www.facebook.com/TunisieEtudes>

The screenshot shows the homepage of Tunisia-études.info. At the top, there is a navigation bar with the site name 'TUNISIE-ETUDES.INFO' and three menu items: 'Tous les documents', 'BAC', and 'Avis de co'. Below this is a 'Newsflash' section with a blue background and white text, stating: 'Tunisie-études.info vous aide dans votre préparation pour le concours de l'ENNA. Documents de préparation pour le concours national tunisien de l'ENNA'. A 'Home' button is visible below the newsflash. On the left side, there is a 'Main Menu' with a list of links: Home, News, Web Links, Documents, Primaire, Collège, Secondaire, and Supérieur. The main content area features a 'BIENVENUE SUR TUNISIE-ETUDES.INFO' section with a sub-heading 'Avis de concours', 'Écrit par Administrateur', and a date 'Mercredi, 20 Janvier 2010 08:47'. The text below reads: 'Accéder aux derniers avis de concours publier par les entreprises tunisiennes au jour le jour directement sur votre site'. There is a link 'Avis de concours en direct' and a section for 'Accès aux documents' with the text 'Écrit par Administratrnr'. At the bottom right, there are social media icons and the text 'Retrouvez nous sur FaceBook'.

Merci d'avoir choisi [www.tunisie-etudes.info](http://www.tunisie-etudes.info)  
Bonne lecture et bon travail

[www.tunisie-etudes.info](http://www.tunisie-etudes.info) – [www.algointro.info](http://www.algointro.info)