

LES MICRO-ORGANISMES

LES MICROBES

1. Définitions

Microbe : Organisme microscopique unicellulaire.

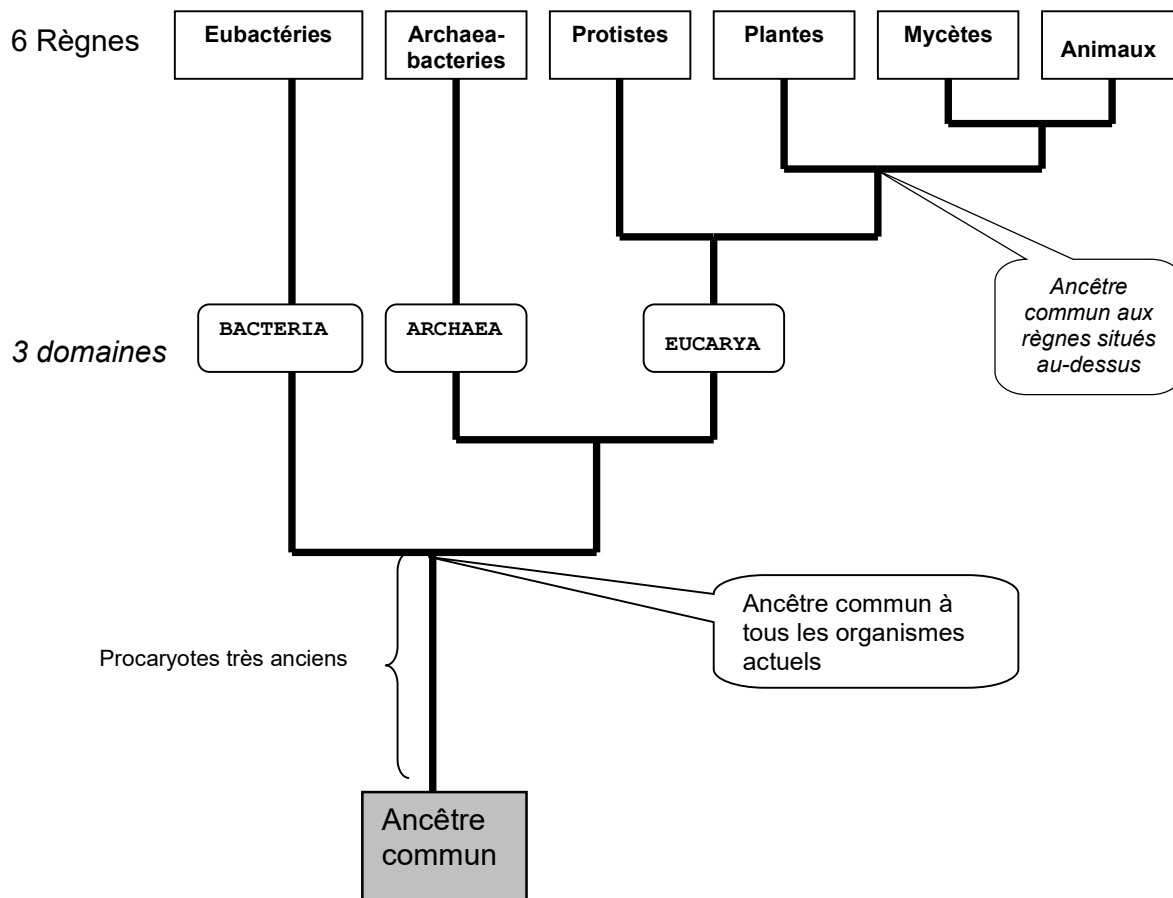
Micro-organisme : Tout organisme microscopique, telle une bactérie ou une algue unicellulaire.

Microbiologie : (Du grec *mikros* : petit, *bios* : vie et *logos* : discours, connaissance). Étude scientifique des organismes microscopiques particulièrement les bactéries, les algues unicellulaires, les protistes et les virus.

2. Les bactéries

2.1 Classification

Dans le système de classification utilisé par la plupart des biologistes modernes, les organismes sont classés en trois **domaines** et en six **règnes**.



Les organismes des domaines Archaea et Bacteria sont des procaryotes, organismes unicellulaires dont le matériel génétique n'est pas contenu dans un noyau et qui ne possèdent pas d'autres compartiments internes tels que ceux que l'on rencontre dans les cellules des autres règnes. Chacun de ces domaines ne comporte qu'un seul règne : celui des archaebactéries et celui des eubactéries qui diffèrent au niveau biochimique et génétique.

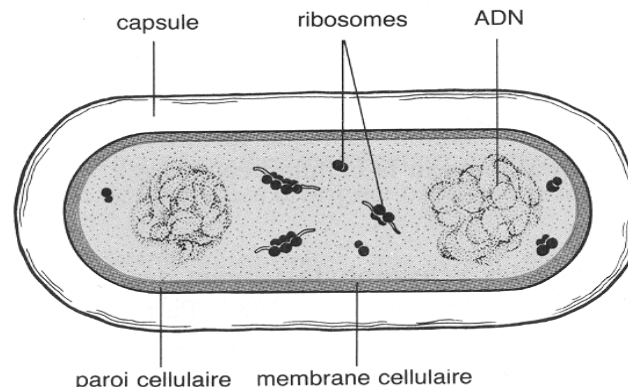
Les membres de l'autre domaine, eucarya, sont des eucaryotes pourvus d'un noyau et de compartiments cellulaires complexes appelés organites. Le domaine Eucarya est divisé en quatre règnes : les protistes, les plantes, les champignons et les animaux.

Dans le système de classification en 5 règnes, les bactéries sont classées dans le règne des monères. Les Cyanobactéries appartiennent également à ce règne.

2.2. Description d'une bactérie

Les procaryotes ont des cellules dont la taille varie de 1µm à 5 µm. Ces cellules ne possèdent pas de noyau véritable, ni de mitochondries, ni de réticulum endoplasmique ni autres organites propres aux Eucaryotes¹. Leur ADN n'est pas contenu dans une enveloppe nucléaire, mais il occupe un endroit appelé **nucléotide**. Ils possèdent des **ribosomes** nécessaires à la synthèse protéique.

On note la présence d'une paroi bactérienne doublant ainsi la membrane cellulaire. Cette paroi confère à la cellule sa **forme et sa rigidité**. La composition de cette paroi diffère totalement de la composition de la paroi des cellules eucaryotes. Certains procaryotes possèdent une **capsule** luisante et gélatineuse qui protège les bactéries infectieuses de la phagocytose pratiquée par les globules blancs.



2.3. Forme des bactéries

Les bactéries peuvent se présenter sous différentes formes.

Bactéries sphériques (Cocci ou Coques)



Diplocoques
(*pneumonie*)
Cocci regroupés 2 à 2



Staphylocoques
(*furoncle*)
Cocci en amas



Streptocoques
(*fièvre écarlate*)
Cocci en chaînettes

¹ Eucaryote : Organisme qui possède un noyau délimité par une membrane et des organites en grand nombre.

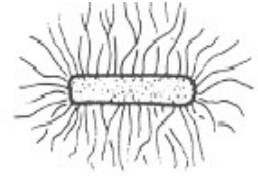
Bâtonnets (Bacilles)



Bacille de Koch
(*tuberculose*)



Bacille tétanique
(*tétanos*)



Bacille typhoïdique
(*fièvre typhoïde*)

Spirochètes



Tréponème
(*syphilis*)



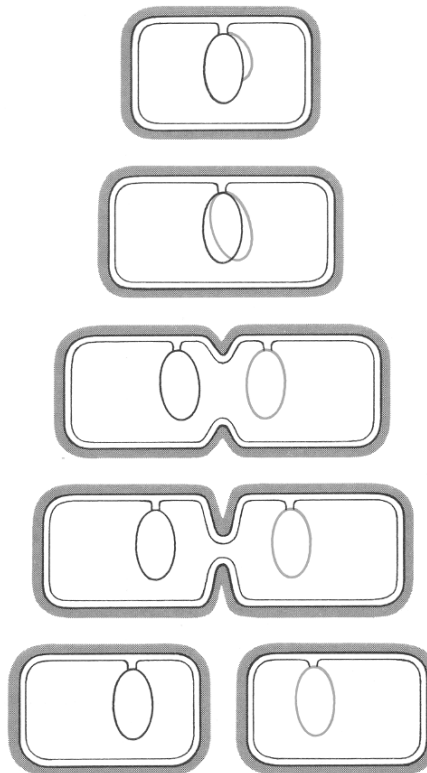
Spirille
(*leptospirose*)



Vibriion cholérique
(*choléra*)

2.4. Reproduction des bactéries

La reproduction se fait par division cellulaire simple (**scissiparité**) pouvant atteindre une division toutes les 20 minutes. L'unique chromosome circulaire se réplique et les deux copies se séparent quand la cellule s'agrandit. La nouvelle membrane et la nouvelle paroi assurent la séparation des deux cellules-filles.



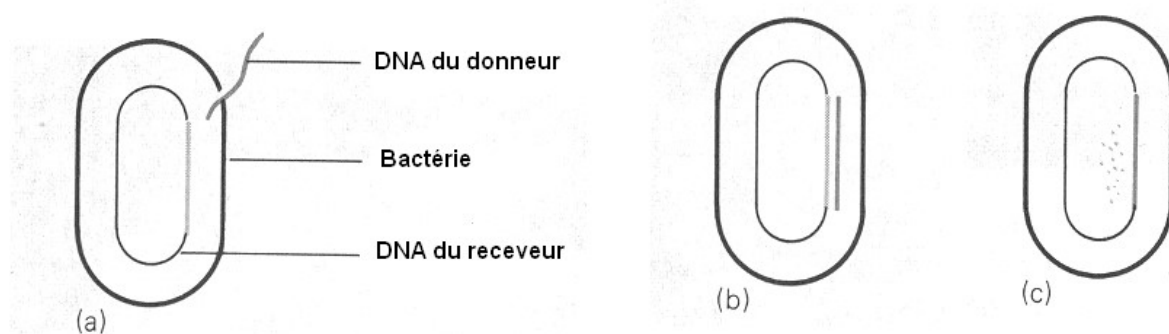
Division cellulaire chez la bactérie.

2.5. Recombinaison génétique

Des gènes d'une bactérie peuvent être transférés à une autre bactérie. Il existe trois modes de transfert de gènes.

- La transformation : L'ADN libéré par une cellule endommagée est récupéré par une autre bactérie.
- La conjugaison : Deux bactéries se joignent par un **pilus** au travers duquel des fragments d'ADN sont transférés.
- La transduction : L'ADN bactérien est transféré par un phage¹.

Une fois à l'intérieur de la bactérie (a), le fragment d'ADN transféré s'aligne vis-à-vis de la partie homologue d'ADN du receveur (b). Des enzymes coupent ensuite l'ADN du receveur et le remplacent par l'ADN du donneur (c).



Le génome d'une bactérie renferme tous les gènes nécessaires à sa vie, mais certaines bactéries possèdent également des gènes additionnels sous forme d'anneaux distincts de ADN appelés **plasmides**. Ces plasmides se transmettent au cours de la division mais peuvent aussi être transférés d'une bactérie à l'autre.

Certains plasmides ont des gènes de résistance aux antibiotiques rendant certains antibiotiques inefficaces.

2.6. Rôles des bactéries

La plupart des bactéries vivent à l'état libre dans le sol, l'eau et les substances en voie de décomposition, dont elles tirent leur nourriture par saprophytisme².

2.6.1. Les bactéries nitrifiantes.

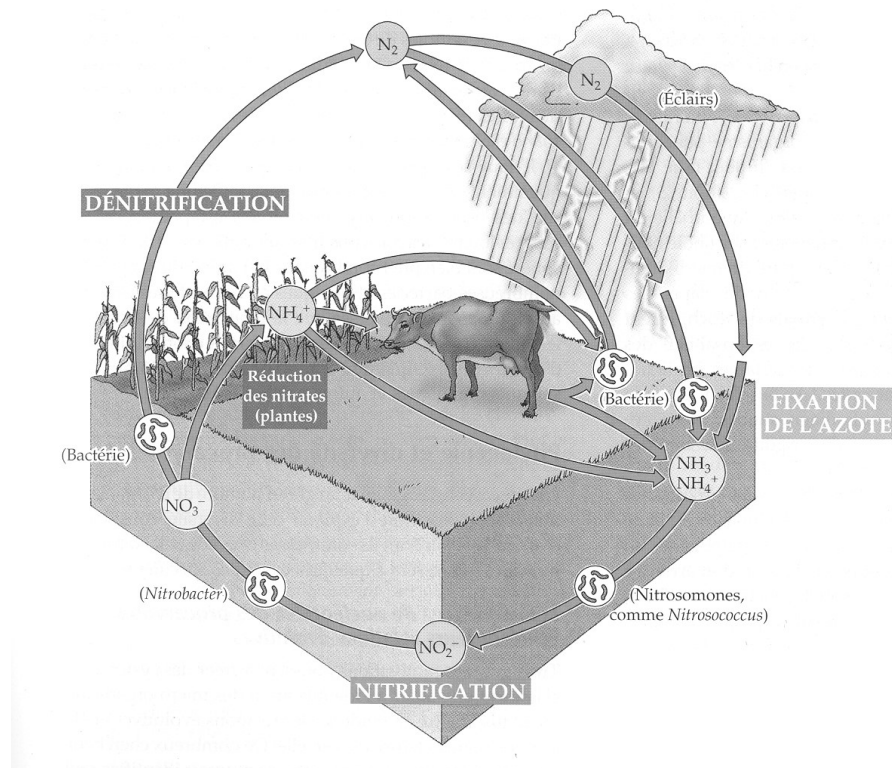
Certaines bactéries transforment les composés ammoniacaux en nitrites, d'autres oxydent les nitrites en nitrates assimilables par les plantes.

2.6.2. Bactéries fixatrices d'azote.

Les plantes ne peuvent assimiler directement l'azote moléculaire de l'atmosphère (N₂). Certaines bactéries absorbent cet azote pour le combiner à d'autres éléments et constituer des composés nitreux. Ces bactéries peuvent se rencontrer à l'état libre ou dans des renflements ou nodosités des racines des légumineuses (pois haricots).

¹ Phage : Type de virus qui infecte les bactéries.

² Saprophyte : (Du grec *sapros* putride et *phuton* plante) Organisme (souvent une bactérie ou un champignon) dont le carbone et l'énergie viennent directement de débris organiques.



Les bactéries et le cycle de l'azote.

Les bactéries capturent l'azote atmosphérique (fixation de l'azote), le convertissent en ions nitrates (nitrification) et renvoient de l'azote gazeux dans l'atmosphère (dénitrification).

2.6.3. Bactéries pathogènes

Une faible minorité de bactérie est pathogène¹. Pour l'hôte, les conséquences d'une infection dépendent de plusieurs facteurs.

Le pouvoir invasif d'une bactérie est sa capacité de se multiplier dans le corps.

La toxigénicité est la capacité de produire des toxines. Les toxines sont de deux types :

- Les endotoxines font partie de la membrane des bactéries, elles sont rarement fatales, elles causent de la fièvre, des vomissements et des diarrhées. Certaines espèces de *Salmonella* et d'*Escherichia* sont des producteurs d'endotoxines.
- Les exotoxines sont des protéines libérées par les bactéries vivantes en cours de multiplication et peuvent diffuser dans tout l'hôte. Elles sont hautement toxiques, souvent fatales. Elles ne causent pas de fièvre. Le botulisme, le tétanos, la peste et le choléra sont provoqués par des exotoxines.

Maladies causées par des bactéries :

- **Système respiratoire** : Angines streptococciques, pneumonie, coqueluche, diphtérie, tuberculose
- **Réactions cutanées** : Staphylococcies (boutons et furoncle), gangrène gazeuse
- **Système nerveux** : Tétanos, botulisme, Méningite.
- **Système digestif** : Intoxications alimentaires (salmonelloses, botulisme et staphylococcies)
- **Maladies vénériennes** : gonorrhée, syphilis.

¹ Pathogène : (Du grec *Pathos* souffrance, passion et *genos* naissance, origine) Organisme qui provoque une maladie

3. Les antibiotiques

3.1. Définition

Médicaments ayant la propriété de tuer les bactéries ou d'empêcher leur prolifération, utilisés dans le traitement des infections dues à des bactéries pathogènes. Ils sont sans effet sur les infections parasitaires et virales ni sur les mycoses, qui relèvent respectivement d'une thérapie faisant appel aux antiparasitaires, antiviraux et antifongiques.

Parmi les antibiotiques les plus connus, citons la streptomycine, employée pour traiter la tuberculose, et la pénicilline, utilisée pour combattre de nombreuses maladies infectieuses, parmi lesquelles la syphilis, la gonorrhée, le tétanos et la scarlatine. Les antibiotiques peuvent être d'origine synthétique, semi-synthétique ou naturelle, produits par des bactéries ou des champignons (c'est le cas de la pénicilline, extraite du champignon *Penicillium notatum*).

3.2. Historique

C'est à la fin du XIX^e siècle qu'est mis en évidence l'existence de substances antibiotiques. Après que Louis Pasteur a démontré le rôle de germes microscopiques dans l'apparition de maladies infectieuses, Émile Duchesne observe, en 1897, les propriétés bactéricides de certaines moisissures. Vers 1900, le bactériologiste Rudolf von Emmerich isole une substance, la pyocyanase, qui détruit in vitro les germes du choléra et de la diphtérie, mais qui se révèle toutefois inefficace dans le traitement de ces maladies.

Au début du XX^e siècle, le médecin et chimiste allemand Paul Ehrlich cherche à synthétiser des composés organiques sélectifs qui attaqueraient l'agent infectieux sans nuire à l'organisme hôte. Ses expériences aboutissent au développement, en 1909, du **salvarsan (L'arsphénamine)**, composé synthétique contenant de l'arsenic et qui fait preuve d'une action sélective contre les spirochètes responsables de la syphilis. Le salvarsan reste le seul traitement de la syphilis jusque dans les années quarante. Ensuite, il est remplacé par la pénicilline, découverte en 1928 par Alexander Fleming (qui démontre son efficacité in vitro contre de nombreuses bactéries pathogènes) et isolée par Ernst Chain et sir Howard Florey. Le lysozyme est également découverte par Alexander Fleming. C'est une enzyme aux fortes propriétés anti-microbiennes, mais aux applications médicales limitées, car elle a principalement pour cible des bactéries non pathogènes.

En 1939, la tyrothricine, isolée à partir de bactéries vivant dans le sol par le bactériologiste américain d'origine française René Dubos, est le premier antibiotique utilisé pour traiter une maladie, un an avant que Chain et Florey testent la pénicilline chez l'homme. En 1944, le biologiste américain Selman Waksman découvre la streptomycine, employée pour traiter des maladies contre lesquelles la pénicilline est inefficace, en particulier la tuberculose.

Depuis la généralisation de l'usage des antibiotiques dans les années cinquante, les chiffres de morbidité et de mortalité ont fortement diminué. Ainsi, certaines maladies, comme la tuberculose, les pneumonies d'origine bactérienne ou encore les septicémies, classées parmi les principales causes de mortalité à l'échelle mondiale, ont considérablement reculé. Elles sont toutefois loin d'avoir disparu et la tuberculose, par exemple, qui sévit fortement dans les pays en développement, est en nette recrudescence dans les pays industrialisés

3.3. Résistance des bactéries

Le problème de la résistance des bactéries a été aggravé par l'emploi des antibiotiques afin de prévenir les infections avant qu'elles ne surviennent. La prescription inadaptée des antibiotiques dans le cas d'infections contre lesquels ils sont inefficaces (virales notamment) a pour conséquence de détruire les bactéries sensibles aux antibiotiques et de contribuer au développement de souches résistantes. En outre, l'administration d'antibiotiques aux volailles et aux animaux d'élevage a favorisé l'apparition de souches résistantes, notamment parmi les populations de salmonelles.

Le problème de la recrudescence actuelle de la tuberculose dans les pays développés (dont elle avait quasiment été éradiquée dans les années septante) offre une illustration parfaite du problème. Pour pallier ce problème, le traitement antituberculeux est actuellement basé sur l'association de plusieurs antibiotiques différents. On constate également l'apparition de souches résistantes à de nombreux types d'antibiotiques chez les staphylocoques, et beaucoup d'infections causées par ces bactéries deviennent difficiles à traiter. L'apparition de résistances est, en fait, un problème inhérent à la lutte contre tous les agents infectieux, qu'ils soient bactériens, viraux ou parasitaires, lié au phénomène d'évolution et de sélection naturelle.

Fleming, sir Alexander (1881-1955), médecin britannique et prix Nobel, surtout connu pour sa découverte de la pénicilline. Né près de Darvel dans le Ayrshire en Écosse et ayant fait ses études à l'hôpital Sainte-Marie de Londres, il fut professeur de bactériologie dans cet établissement de 1928 à 1948, date à laquelle il devint professeur émérite. Il fut anobli en 1944.

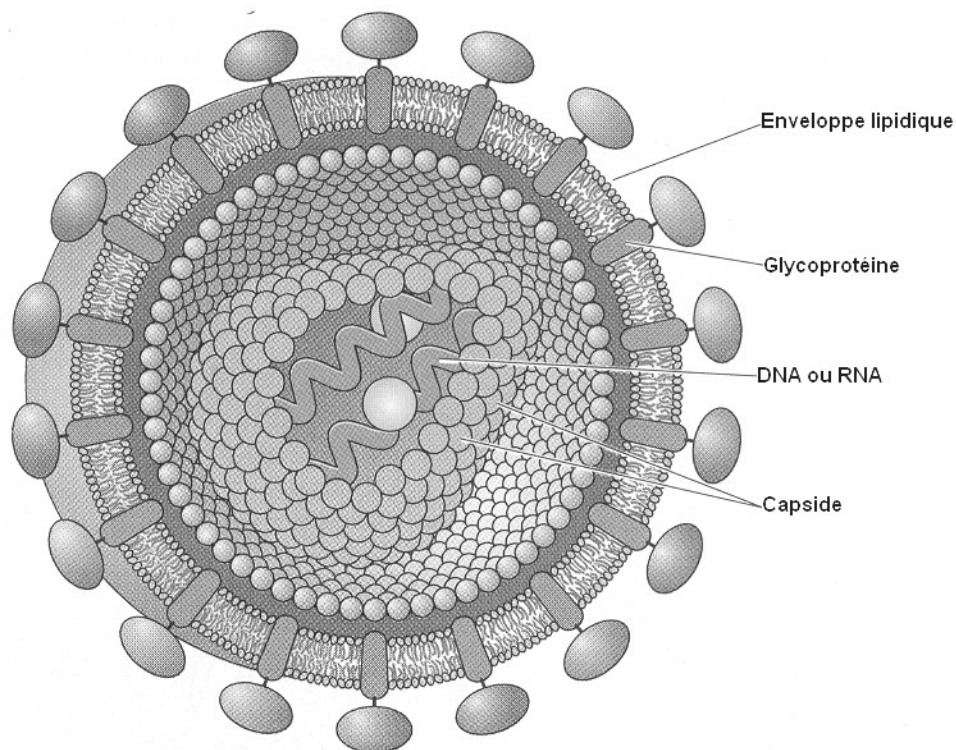
Fleming fit des recherches remarquables en bactériologie, en chimiothérapie et en immunologie. En 1928, il découvrit accidentellement la pénicilline en observant que la moisissure qui avait contaminé l'une de ses boîtes de culture avait détruit les bactéries qui s'y trouvaient. Il ouvrit ainsi la voie à la révolution médicale que constitua le développement du traitement des maladies infectieuses par les antibiotiques. En 1945, il partagea le prix Nobel de physiologie ou de médecine avec deux autres Britanniques, sir Howard Walter Florey et Ernst Boris Chain, pour leurs contributions à la mise au point du traitement antibiotique par la pénicilline.

4. Les virus

4.1. Structure

La taille d'un virus est comprise entre 15 nm¹ et quelques centaines de nm. La particule virale se compose de

- Une molécule d'acide nucléique ADN **ou** ARN, renfermant tout le matériel génétique.
- Une coque protéique entourant le matériel génétique : la capside
- Pour certains virus, une enveloppe membraneuse formée de glycoprotéines et de lipides.
- Éventuellement une ou plusieurs enzymes.



Structure d'un virus à enveloppe.

4.2. Classement

Les virus occupent une étrange région indéterminée entre le vivant et le non-vivant.

Ils ressemblent aux êtres vivants car ils possèdent un matériel génétique composé d'acides nucléiques et capable de subir des mutations et des recombinaisons. Ils peuvent donc évoluer et s'adapter.

Mais ils sont acellulaires, ils ne possèdent pas de ribosomes qui leur permettraient de synthétiser des protéines ou des mitochondries qui leur permettraient de produire de l'énergie. Ils ne peuvent se reproduire qu'à l'intérieur de cellules hôtes. Les virus ne croissent pas. Ils ont en outre la possibilité de se cristalliser.

¹ nm : nanomètre = un millionième de mm = 1.10⁻⁹ m

4.3. Cycle viral

4.3.1. Contamination

Les diverses modalités de la contamination dépendent à la fois du virus et de l'hôte. La plupart des contaminations virales chez l'homme et chez les animaux proviennent des voies respiratoires (virus de la grippe ou de la rougeole) ou sexuelles, ou se produisent par transmission du virus de la mère à l'embryon à travers la barrière placentaire. Un grand nombre d'infections (la rage, par exemple) sont consécutives à des morsures d'animaux ou à des piqûres d'insectes (virus de la fièvre jaune). Le mode de contamination par contact, rare, ne concerne guère que les papillomavirus.

Une fois l'hôte infecté, le virus peut pénétrer à l'intérieur des cellules. Des modes de reconnaissance spécifiques faisant intervenir à la fois la capsid virale et la membrane cellulaire sont indispensables à la contamination. Cela explique pourquoi chaque virus n'envahit qu'un type particulier de cellules, spécifique. Par exemple, le VIH infecte les lymphocytes T grâce aux récepteurs CD4 situés à la surface de ces derniers.

4.3.2. Réplication

La capsid ou enveloppe du virus se lie à la surface de l'hôte. Le génome viral composé d'ADN ou d'ARN pénètre dans la cellule.

Cycle lytique.

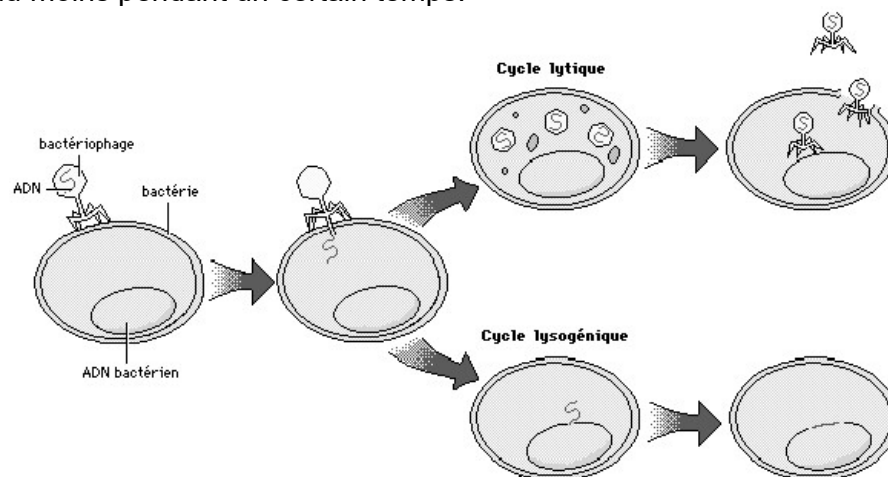
Le virus prend immédiatement les commandes de la machinerie métabolique de la cellule hôte. Il entraîne ainsi la transcription et la réplication du génome viral, ainsi que la fabrication des protéines spécifiques de la capsid. Les composants viraux sont ensuite assemblés en de nombreuses particules virales, qui s'échappent de la cellule hôte par suite de la lyse de cette dernière.

Cycle lysogène.

Le génome viral s'intègre dans l'ADN de la cellule hôte pour se répliquer en même temps que lui et se transmettre aux cellules filles à chaque division. Tôt ou tard, le génome viral est excisé de celui de l'hôte. La production de nouvelles particules virales et leur libération se fait comme dans le cycle lytique.

La libération par des cellules hôtes vivantes.

Il y a production et libération continue de particules virales, mais la cellule hôte reste intacte, du moins pendant un certain temps.



4.4. Les maladies virales

Il existe des centaines de virus qui peuvent provoquer des maladies très diverses chez toutes les espèces vivantes. Chaque virus est spécifique d'une ou de plusieurs espèces proches.

La majorité des infections virales se traduit simplement par une légère fatigue ; ainsi, le rhume est une infection virale qui affecte chaque année des millions de personnes. D'autres infections entraînent des complications plus ou moins graves dues au virus lui-même ou à une infection bactérienne opportuniste. C'est le cas des virus de la grippe, de la rougeole, des oreillons, de l'herpès, de la varicelle, du zona, des verrues et des hépatites. Enfin, certaines contaminations posent un problème très grave, car elles sont mortelles à court terme ; c'est le cas de la rage, des fièvres hémorragiques, de l'encéphalite, de la poliomyélite et de la fièvre jaune. Des virus et des cytomégalovirus peuvent être à l'origine de malformations congénitales ou provoquer la mort du fœtus. Le virus de la rubéole, par exemple, le plus souvent bénin, peut passer totalement inaperçu ; en revanche, il provoque de graves malformations chez l'enfant s'il touche une femme enceinte. C'est la raison pour laquelle la vaccination antirubéolique des filles est indispensable.

Le sida est provoqué par un virus. Il existe également des virus liés aux cancers humains comme le HTLV, mais le virus de l'hépatite B (VBH) peut également être responsable de cancers du foie, de même que certaines formes de papillomavirus pourraient jouer un rôle dans la cancérogenèse.

Virus à ARN			Virus à ADN		
Groupe	Taille nm	Symptôme ou virus	Groupe	Taille nm	Symptôme ou virus
Virus végétaux	130 × 25 300 × 18 730 × 15 2000 × 10	Virus de la mosaïque striée de l'orge Virus de la mosaïque du tabac Virus de la mosaïque Y de la p. de terre Virus Tristeza du citronnier	Virus type variole	240-380 à 170-270	Variole vraie, cow-pox, vaccine, myxomatose, tumeur YABA des singes
Rhabdovirus	300 × 80	Virus de la Rage : Rage	Herpétovirus	100-150	Herpès, Varicelle
Myxovirus	150 × 220	Paramyxovirus : Oreillons, Rougeole Orthomyxovirus : Grippe	Hepadnavirus		Hépatite B Hépatite D
Reovirus	60 – 70	Gastroentérite, Diarrhée	Adénovirus	70-85	Inflammation des voies respiratoires, tumeur des rongeurs
Togavirus (Arbovirus)	20 – 25 20 – 30 20 – 50	Rubéole Fièvre jaune - Dengue Encéphalomyélite	Papillovirus	40-55	Papillomes cutanés Poliomyélite
Retrovirus	100 – 110	Virus HIV syndrome : SIDA	Parvovirus	18-26	B19 : Epithélioma Avortement
Picornavirus	20 – 35	Virus MKS : Fièvre aphteuse Virus de l' Hépatite A Rhinovirus : Rhume	Bactériophages	20-30 750 × 5 200 × 70	Phages circulaires ϕ x 174 Phages T en bâtonnets (coliphages)

4.5. Traitement des maladies virales

Il n'existe pas de traitement totalement efficace contre les infections virales, car aucun médicament n'est en mesure de détruire spécifiquement les virus sans entraîner d'effets secondaires sur l'organisme.

La vaccination est actuellement la seule méthode efficace dans la prévention des maladies virales. Elle permet de renforcer les défenses immunitaires de l'individu contre un microbe, en injectant ce microbe sous une forme qui n'est plus pathogène (qui ne provoque pas la maladie) ou qui ne peut se répliquer. La vaccination protège l'organisme contre le virus qui a servi à fabriquer le vaccin.

4.6. Différence entre un sérum et un vaccin

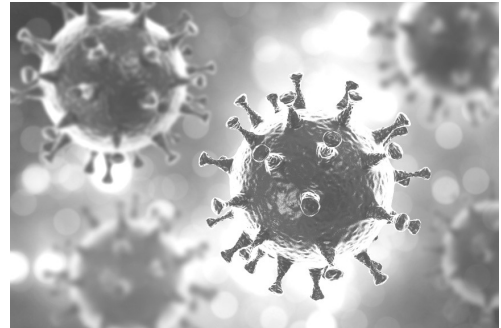
Le vaccin est administré à des fins préventives car il aide l'organisme à produire des anticorps contre une maladie en vue d'une immunisation. Les vaccins contiennent souvent le microbe ou le virus de la maladie qu'il est censé prévenir. Le vaccin agit lentement.

Le sérum est un liquide que l'on extrait du sang d'un patient guéri, constitué de substances organiques et minérales. Il **est administré en vue de la guérison d'une maladie**, d'un virus ou d'une bactérie qui a déjà contaminé l'organisme, il agit rapidement et guérit la maladie ou l'infection immédiatement.

On peut donc dire que la différence entre un vaccin et un sérum, c'est que le premier est utilisé à des fins préventives, l'autre est plus curatif pour guérir de suite.

4.7. Les coronavirus (CoV)

Les **coronavirus (CoV)** sont des virus qui constituent la famille **Coronaviridae**. Le nom « coronavirus », du latin signifiant « virus à couronne », est dû à l'apparence des virions sous un microscope électronique, avec une frange de grandes projections bulbeuses qui évoquent une couronne solaire.



Les chauves-souris et les oiseaux, en tant que vertébrés volants à sang chaud, seraient les hôtes idéaux pour les coronavirus assurant l'évolution et la dissémination du coronavirus. Leur transmission interhumaine se produit principalement par contacts étroits via des aérosols respiratoires générées par les éternuements, la toux ou la phonation. Plus de 500 types de coronavirus ont été isolés chez la chauve-souris et il existerait plus de 5 000 types de coronavirus.

Plus récemment ont été identifiés trois types de coronavirus responsables de graves pneumopathies :

1. le **SARS-CoV**, agent pathogène du syndrome respiratoire aigu sévère (**SRAS**) en 2002-2004
2. le **MERS-CoV**, celui du syndrome respiratoire du Moyen-Orient à partir de 2012
3. le **SARS-CoV-2**, celui de **la maladie à coronavirus 2019 (Covid-19)** apparue en Chine en 2019 et responsable d'une sévère pandémie en 2020.

STOP COVID-19

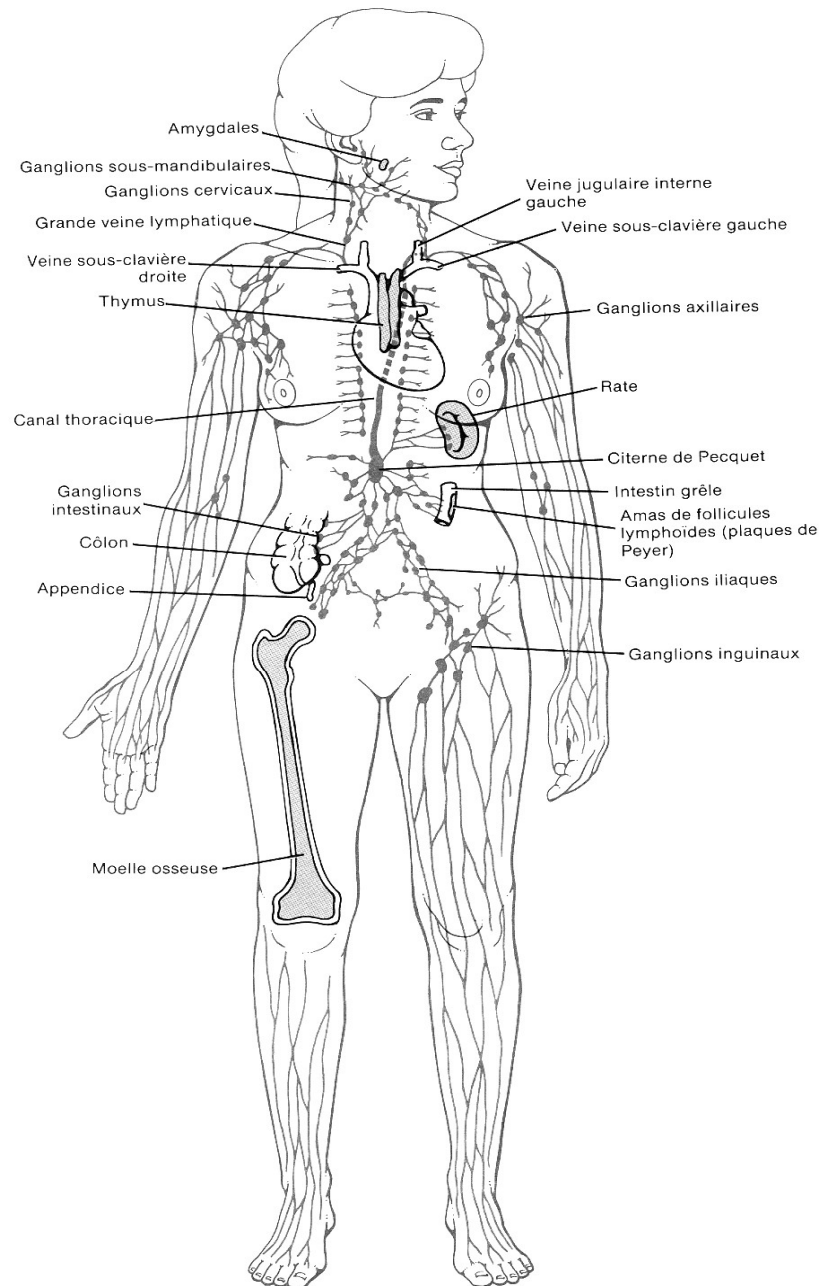
	<p>1 PORTEZ UN MASQUE DRAAG EEN MASKER</p>
	<p>2 DÉSINFECTEZ-VOUS LES MAINS ONTSMET UW HANDEN</p>
	<p>3 RESPECTEZ LES DISTANCES SOCIALES RESPECTEER DE SOCIALE AFSTAND</p>
<p>MERCI ! DANK U !</p>	

LE SYSTÈME LYMPHATIQUE

1. Description

Le système lymphatique est formé

- D'un liquide : la lymphe
- De vaisseaux chargés de transporter la lymphe : les vaisseaux lymphatiques
- D'organes annexes : les organes lymphatiques.



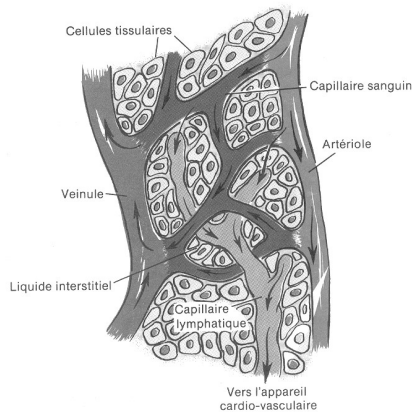
Emplacement des principaux éléments du système lymphatique.

1.1. Les vaisseaux lymphatiques

Le système lymphatique est un système à sens unique composé de veines et de capillaires seulement.

Les vaisseaux lymphatiques prennent naissance dans les espaces intercellulaires sous forme de capillaires lymphatiques. Comme les capillaires sanguins, les capillaires lymphatiques se regroupent pour former des vaisseaux lymphatiques de taille toujours croissantes : les veines lymphatiques. Les capillaires lymphatiques sont plus gros et plus perméables que les capillaires sanguins. Les lymphatiques se réunissent pour former deux canaux principaux : le canal thoracique et la grande veine lymphatique.

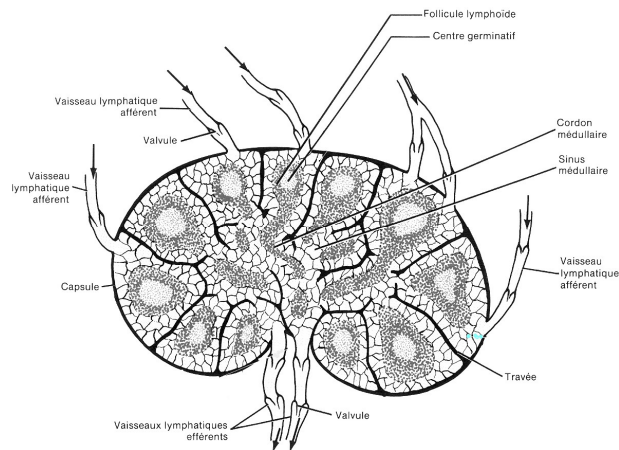
Au niveau des intestins on trouve des vaisseaux lymphatiques appelés chylifères qui absorbent les produits de digestion des graisses.



Capillaire lymphatique.

1.2. Les ganglions lymphatiques

Les ganglions lymphatiques sont des petites structures ovoïdes ou sphériques situées le long des lymphatiques. Ils sont répartis dans l'organisme, la plupart du temps en groupes. Leur longueur varie de 1 mm à 25 mm. Dans ces ganglions lymphatiques on trouve des globules blancs appelés lymphocytes. Ces lymphocytes attendent pour s'emparer des bactéries ou autres débris. En cas d'infection localisée, les ganglions lymphatiques de la région se mettent à gonfler. C'est le signe d'une activité accrue de ce ganglion.



Ganglion lymphatique

1.3. Les amygdales

Les amygdales sont des amas de follicules lymphoïdes volumineux. Elles sont situées à la jonction de la cavité buccale et du pharynx.

- L'amygdale pharyngienne ou adénoïde (= les végétations)
- Les deux amygdales palatines qui sont souvent enlevées.
- Les deux amygdales linguales.

Les amygdales sont situées aux endroits propices pour arrêter les substances étrangères. Elles produisent des lymphocytes et des anticorps.

1.4. La rate

Organe de tissu lymphoïde mesurant environ 12 cm de long.

La rate ne filtre pas la lymphe, elle remplit cependant une fonction immunitaire importante ; elle produit des lymphocytes B qui se transforment en plasmocytes producteurs d'anticorps.

La rate phagocyte les bactéries, les hématies lésées ou vieilles, les plaquettes.

1.5. Le thymus

Le thymus est une glande bien visible chez l'enfant et l'adolescent, mais qui s'atrophie considérablement à l'âge adulte. Il fabrique des lymphocytes T chargés de détruire directement ou indirectement les microbes par l'élaboration de diverses substances.

1.6. La lymphe

Le plasma, lorsqu'il est filtré par les capillaires sanguins traverse les espaces interstitiels ; on l'appelle alors liquide interstitiel. Ce liquide est appelé lymphe quand à partir des espaces interstitiels, il pénètre dans les capillaires lymphatiques.

Cellules présentes dans la lymphe et le sang.

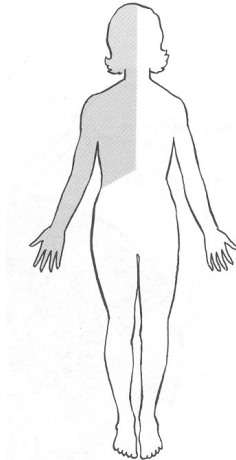
Type de cellule	Fonction
Globules blancs	Assurent les défenses contre les agents pathogènes.
Basophiles	Libèrent de l'histamine ; peuvent stimuler la maturation des lymphocytes T
Éosinophiles	Tuent les agents pathogènes recouverts d'anticorps.
Neutrophiles	Phagocytent les agents pathogènes recouverts d'anticorps.
Monocytes <i>Macrophages</i>	Ingèrent les micro-organismes <u>dans le sang</u> . Deviennent des macrophages Ingèrent les micro-organismes <u>dans les tissus</u> . Activent les lymphocytes T.
Lymphocytes <i>Lymphocytes T</i> <i>Lymphocytes B</i>	Jouent un rôle essentiel dans les réponses immunitaires. Immunité à médiation cellulaire. Cellule mémoire. Immunité humorale. Fabriquent des anticorps (Plasmocytes). Cellule mémoire.

2. La circulation lymphatique

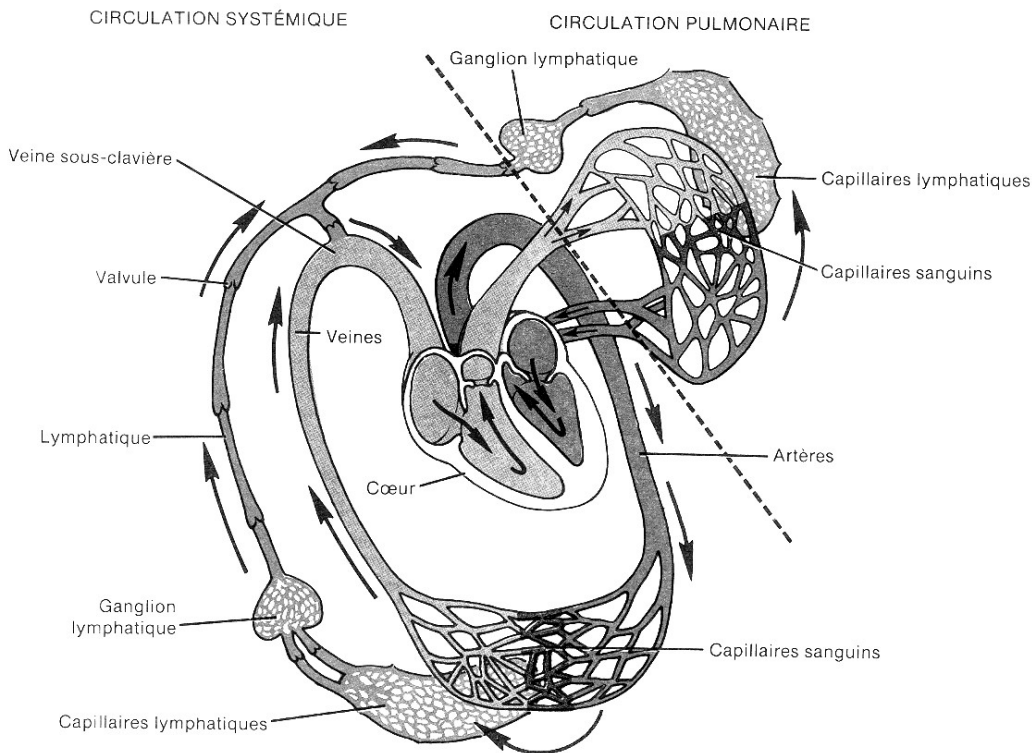
La lymphe est transportée depuis les espaces tissulaires jusqu'à l'appareil cardio-vasculaire et est filtrée dans les ganglions lymphatiques.

La lymphe se déverse dans deux principaux canaux :

- Le canal thoracique qui prend naissance à la *citerne de Pecquet*. La citerne de Pecquet reçoit la lymphe provenant des membres inférieurs des viscères du bassin et des reins. Ce canal draine tout le corps sauf ...
- La grande veine lymphatique draine la lymphe provenant de la partie droite de la tête, le bras droit et le poumon droit.



En gris la zone drainée par la grande veine lymphatique. En blanc la zone drainée par le canal thoracique.



La circulation lymphatique

L'IMMUNITÉ

1. Définition

L'immunité est la propriété que possède un organisme de développer des moyens spécifiques de défense, naturels ou acquis, contre un agent pathogène extérieur ou un corps étranger.

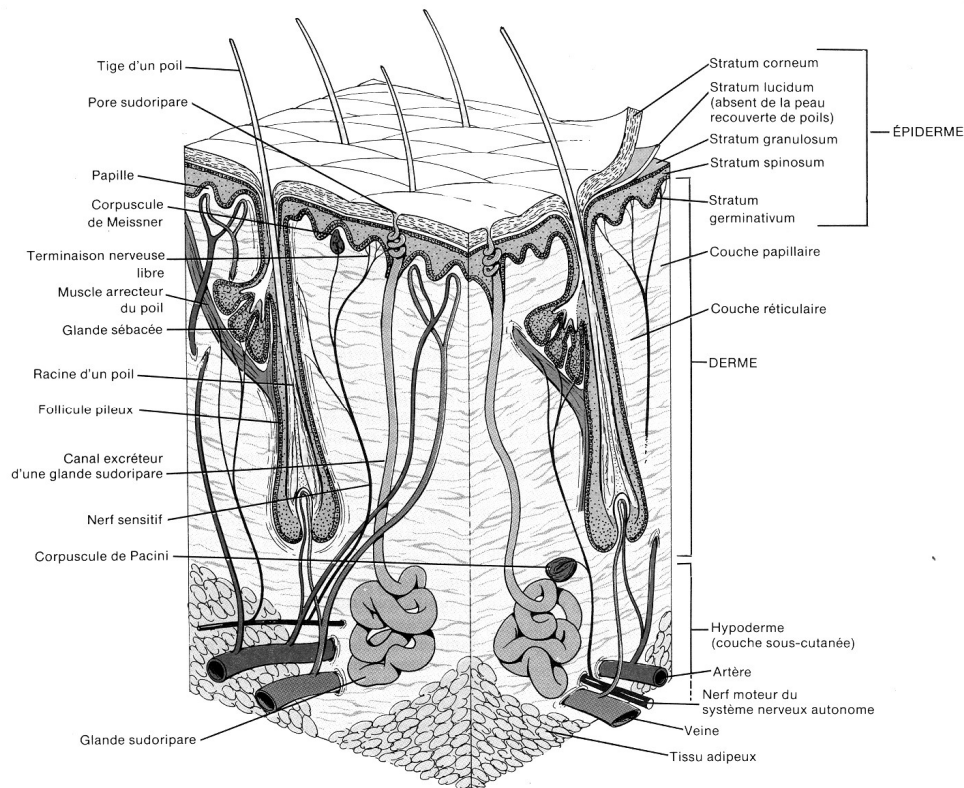
2. Les mécanismes immunitaires

On considère que le corps humain présente trois lignes de défense contre les substances étrangères dont les bactéries et les virus : la peau et les muqueuses constituent la première ligne ; la seconde dépend de la capacité de certains globules blancs de phagocyter et la dernière dépend de la capacité des autres globules blancs de produire des anticorps.

2.1. La peau et les muqueuses

La peau se compose de deux parties distinctes : le derme et l'épiderme. Les cellules très compactes de l'épiderme, la stratification continue de celle-ci et la présence de kératine forment une barrière physique interdisant l'entrée des microbes.

Les muqueuses sont des membranes tapissant une cavité qui s'ouvre sur l'extérieur (muqueuse digestive, respiratoire...). Les cellules épithéliales d'une muqueuse sécrètent un liquide, appelé mucus, qui empêche les cavités de se dessécher et qui par sa consistance visqueuse permet d'emprisonner les microbes. Des annexes, comme les poils ou les cils empêchent les substances étrangères de pénétrer dans l'organisme.



Structure de la peau.

2.2. La phagocytose

La phagocytose (du grec phagein : manger et kutos : cellule, cavité), désigne le processus d'ingestion et de destruction des microbes ou de toute particule étrangère par des cellules appelées phagocytes.

2.2.1. Les phagocytes.

Il existe deux types principaux de phagocytes :

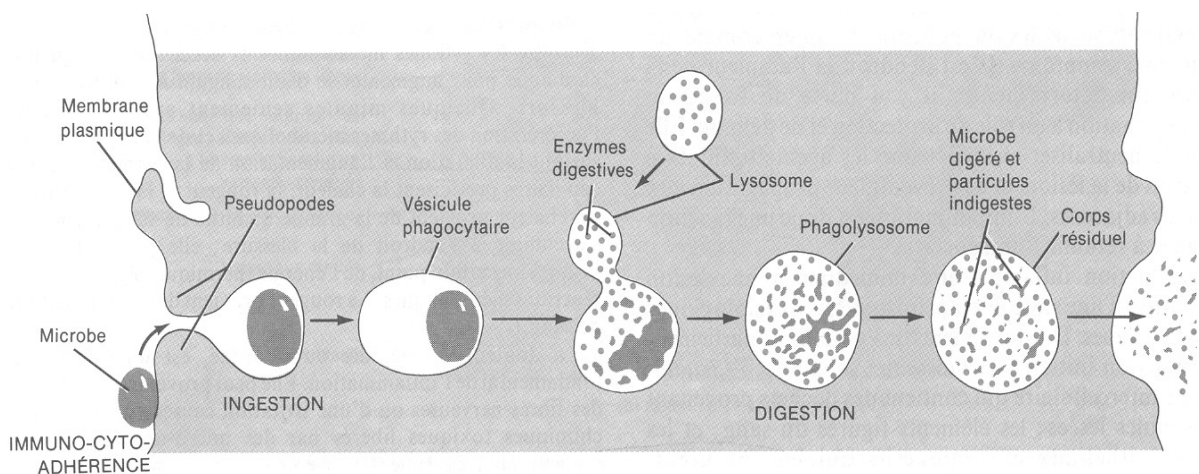
- Les neutrophiles sont les plus abondants, ils reconnaissent et attaquent les pathogènes d'un tissu infecté.
- Les monocytes se différencient en macrophages qui peuvent détruire de nombreux pathogènes. Certains macrophages circulent dans le corps alors que d'autres résident de façon permanente dans les ganglions lymphatiques.
- Les éosinophiles ont un pouvoir phagocytaire faible. Leur fonction première est de tuer les parasites, comme les vers, qui ont été recouverts d'anticorps.

2.2.2. Le mécanisme

La première étape de la phagocytose est l'immuno-cyto-adhérence. Le microbe ou la substance étrangère est fixé solidement à la membrane plasmique du phagocyte.

La deuxième étape est l'ingestion. Il s'agit du processus par lequel les prolongements de la membrane cellulaire du phagocyte, les pseudopodes, englobent le microbe. Quand le microbe est entouré, la membrane se replie vers l'intérieur et forme un sac appelé vésicule phagocytaire, autour du microbe. À l'intérieur du cytoplasme, la vésicule entre en contact avec des lysosomes contenant des enzymes digestives et des substances bactéricides. Les substances qui ne peuvent être digérées sont rejetées par exocytose.

Certains microbes ne sont pas nécessairement tués. Les toxines produites par les staphylocoques, par exemple, peuvent tuer le phagocyte. Le *Mycobactérium tuberculosis* se multiplie à l'intérieur du phagocyte et finit par le détruire.



Phases de la phagocytose.

2.3. L'immunité

Les mécanismes de résistance non-spécifique ont en commun la protection de l'organisme contre tous les types d'agents pathogènes. Ils ne sont pas conçus pour stopper un type de microbe particulier. La résistance spécifique, appelée **immunité**, est la production d'un type de cellule ou d'un type de molécule (anticorps) destiné à détruire un antigène précis.

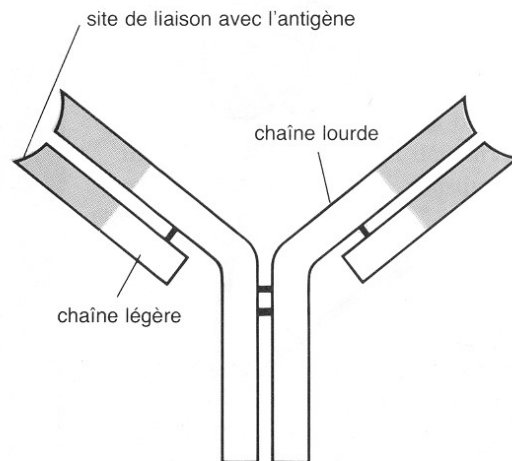
2.3.1. Les antigènes

Un antigène est toute substance chimique qui, introduite dans l'organisme, déclenche la production d'un anticorps spécifique qui réagit avec l'antigène. Les antigènes sont souvent des protéines ou des polysaccharides. La plupart du temps ces antigènes font partie de la paroi des cellules bactériennes, de la capsid des virus ou de toute cellule qui peut se trouver normalement chez un organisme.

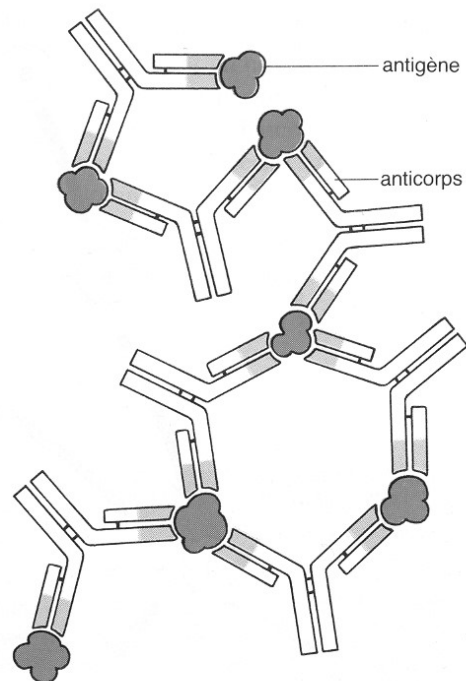
2.3.2. Les anticorps

Un anticorps est une protéine produite par l'organisme en réaction à la présence d'un antigène et qui est capable de se combiner de façon spécifique à l'antigène. Tous les anticorps ont une forme en Y, mais ils diffèrent par l'existence de deux régions capables de fixer l'antigène à la manière d'une clé et d'une serrure.

Les anticorps font partie d'un groupe de protéines appelées globulines ; c'est pourquoi on les appelle aussi immunoglobulines.



Structure de l'anticorps



Formation d'un complexe antigène-anticorps.

2.3.3. L'immunité cellulaire

L'immunité cellulaire est la formation de lymphocytes spécialement sensibilisés capables de se fixer aux substances étrangères et de les détruire. L'immunité cellulaire est particulièrement efficace contre les champignons, les parasites, les infections virales intracellulaires, les cellules cancéreuses et les greffons de tissus étrangers.

Il existe des milliers de sortes de lymphocytes T, chacune spécifique d'un antigène particulier.

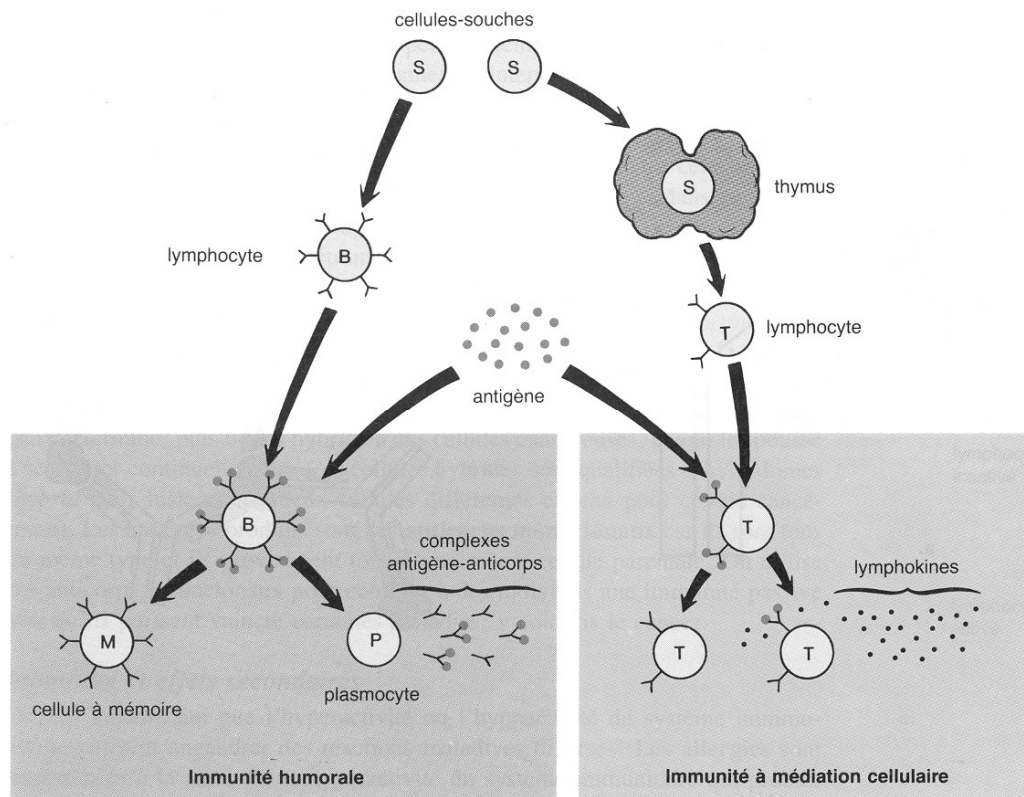
Lorsqu'un antigène pénètre dans l'organisme seul le lymphocyte T spécifique de cet antigène est activé, on dit qu'il est sensibilisé. Les lymphocytes T sensibilisés se divisent formant de nombreux clones¹

- Ils libèrent des lymphokines qui sont chargées de stimuler les macrophages pour qu'ils phagocytent l'élément étranger. I
- Ils détruisent les cellules porteuses de l'antigène.
- Stimulent la production d'anticorps par les lymphocytes B.

2.3.4. L'immunité humorale

L'organisme renferme des lymphocytes B capables de réagir à un antigène spécifique.

Lorsqu'un antigène se fixe à un lymphocyte B, celui-ci sous l'influence d'un lymphocyte T, se divise pour produire des plasmocytes qui sécrètent des anticorps. Les cellules qui ne produisent pas d'anticorps se transforment en **cellules à mémoire** dont le rôle est de conserver en mémoire la formule de fabrication d'anticorps spécifiques qui agiront immédiatement en cas d'infection ultérieure. L'immunité humorale est particulièrement efficace contre les infections bactériennes et virales.



¹ Clone (du grec klon : petite branche, racine) Cellule ou organisme génétiquement identique, provenant de façon asexuée d'un ancêtre commun.

2.4. L'inflammation

Les cellules lésées par des microbes ou des agents physiques ou chimiques provoquent une inflammation. L'inflammation a un rôle de protection et de défense. Elle tente de neutraliser et de détruire les agents toxiques à l'endroit de la lésion, et de prévenir leur propagation aux organes adjacents. L'inflammation est donc une réaction destinée à rétablir l'homéostasie.

2.4.1. Les signes de l'inflammation

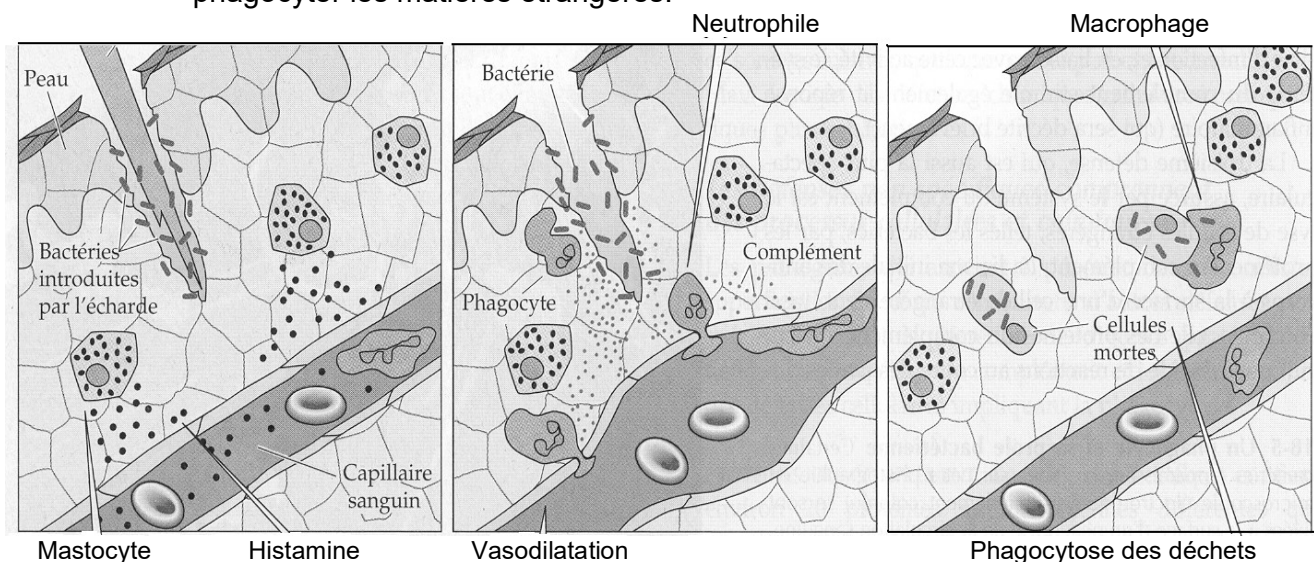
Les quatre signes de l'inflammation sont : la rougeur, la douleur, le gonflement et la chaleur, en latin : rubor, dolor, tumor et calor.

La rougeur et la chaleur résultent d'une dilatation des vaisseaux sanguins induite par l'histamine dans la zone infectée ou blessée. L'histamine provoque aussi le suintement des capillaires permettant au plasma sanguin et à des phagocytes de s'échapper, ce qui induit le gonflement. La douleur résulte d'une augmentation de pression.

2.4.2. Les étapes

Lorsqu'une écharde, par exemple, pénètre dans notre doigt, des mécanismes de défenses se mettent en place.

- La lésion des mastocytes libère de l'histamine.
- L'histamine provoque une vasodilatation et une augmentation de la perméabilité capillaire.
- La plus grande perméabilité des capillaires permet l'arrivée plus facile des substances protectrices. Les facteurs du complément attirent les phagocytes.
- Les neutrophiles quittent le capillaire (diapédèse) et s'attaquent aux microbes.
- Formation de fibrine qui emprisonne les organismes envahisseurs et les empêche de se propager.
- Formation de pus (pyogénie) qui est un liquide jaunâtre contenant de nombreux neutrophiles morts ainsi que des déchets provenant des tissus morts.
- Les monocytes entrent en jeu et se transforment en macrophages chargés de phagocytter les matières étrangères.



Les étapes

2.4.3. L'abcès

Si le pus n'est pas drainé hors de l'organisme, un abcès se forme. Un abcès est une accumulation de pus dans une cavité néoformée. Les boutons et les furoncles sont des exemples d'abcès.

2.5. Vaccins et sérums

La vaccination contre un microbe spécifique induit une réponse primaire et crée un clone de cellules mémoires prêtes à déclencher une réponse secondaire efficace lorsque l'organisme se trouve en présence du microbe. La vaccination se fait la plupart du temps par injection d'une préparation faite à partir de microbes rendus inoffensifs par exposition à la chaleur, aux rayons ultraviolets ...

On ne possède pas encore de vaccin efficace contre plusieurs maladies importantes comme la trypanosomiase et la malaria. Les trypanosomes produisent sans cesse un grand nombre d'antigènes différents, alors que le plasmodium responsable de la malaria modifie ses antigènes de surface à chaque étape de son cycle. Il se débarrasse de son enveloppe externe dès que les anticorps s'y fixent. Les macrophages phagocytent ainsi des enveloppes vides.

Déclencher des réponses immunitaires par vaccination

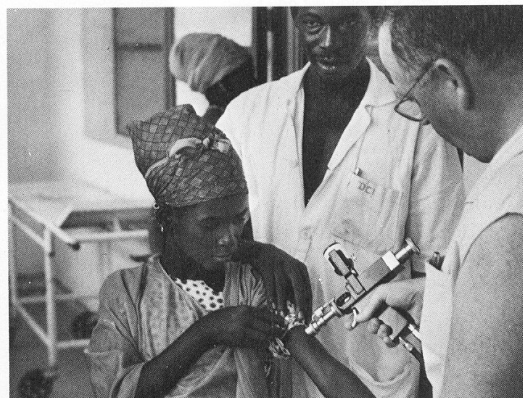
L'histoire de la vaccination est longue. Elle débuta chez les Chinois qui inhalaient une poudre faite avec les tissus de victimes de la variole. Grecs et Turcs, eux, frottaient des gens sains avec des microbes vivants de variole. Une vaccination contre cette dernière affection fut tentée, en Angleterre, dans les premières années 1700, mais ce ne fut qu'en 1796 que le médecin anglais Edward Jenner en découvrit l'application correcte. Il remarqua que les gens contractant la vaccine étaient immunisés contre la variole. Il inocula donc la vaccine à un patient, espérant le protéger de la variole. Il avait trouvé la première méthode de vaccination sans danger du monde occidental.



L'usage du vaccin de vaccine était, vers 1800, utilisé mais controversé et tourné en ridicule.



Pour montrer qu'il était certain des effets de la vaccination, Edward Jenner inocula la vaccine à son propre fils, l'immunisant ainsi contre la variole.



Ce pistolet à injection, qui peut vacciner 1 000 personnes à l'heure, représente la technique la plus moderne.

Un individu acquiert une immunité passive quand il reçoit des anticorps que son organisme n'a pas élaboré. Certains antigènes sont tellement virulents que la réponse immunitaire primaire ne peut réussir à contrer ces antigènes. Il est alors nécessaire de lui injecter un **sérum** contenant les anticorps élaborés par un autre animal.

Plusieurs infections comme le tétanos ou le botulisme rendent malade par accumulation de toxines dans le sang. Les antitoxines sont obtenues en injectant de petites quantités de bactéries à des animaux, le cheval par exemple, puis en prélevant dans leur sang les anticorps qu'ils génèrent. Purifiés, ils sont injectés aux humains, à qui ils confèrent une immunité immédiate, mais de courte durée (six semaines environ).

Actuellement on produit et on conserve en laboratoire des clones artificiels de cellules sécrétrices d'anticorps. Chacun de ces clones élabore un seul anticorps, appelé anticorps monoclonal.

Ces anticorps monoclonaux sont fabriqués par des cellules issues de la fusion d'un lymphocyte B avec une cellule tumorale. Cette cellule hybride est appelée hybridome. Les anticorps monoclonaux servent aussi à des fins diagnostiques.

3. Les défaillances du système immunitaire

3.1. Le SIDA

Le SIDA pour **S**yndrome d'**I**mmuno**D**éficiencia **A**cquise est actuellement la maladie la plus dévastatrice du système immunitaire. Le SIDA est causé par le *human deficinecy virus* (HIV)¹. Le virus du SIDA affaiblit le système immunitaire en s'attaquant aux lymphocytes T auxiliaires inhibant ainsi la production d'anticorps.

Les symptômes du SIDA peuvent se développer pendant des mois ou des années. Parmi ces symptômes, on trouve des malaises, une fièvre légère ou des sueurs nocturnes, la toux, l'essoufflement, les douleurs musculaires, les pertes de masse inexplicables...

L'affaiblissement du système immunitaire de l'hôte ouvre la porte au cancer et aux infections de toutes sortes.

Les homosexuels et les hommes bisexuels, ceux qui se droguent par voie intraveineuse, les partenaires sexuels de ceux qui appartiennent aux groupes à risque et les enfants de mère appartenant à ce même groupe sont les plus susceptibles de contracter le virus.

Le SIDA se transmet par contact direct entre les surfaces muqueuses ou par voie parentérale (injection). Les deux liquides considérés comme les plus contagieux sont le sang et le sperme. La transmission par voie aérienne, par la nourriture, l'eau, les insectes et les contacts casuels est improbable.

3.2. L'auto-immunité.

L'auto-immunité est un dérèglement grave au cours duquel l'organisme élabore des anticorps dirigés contre ses propres tissus. Dans les conditions normales, l'organisme apprend à reconnaître ses propres protéines et autres antigènes pendant son développement fœtal et il ne fabrique pas d'anticorps contre ces substances. Cependant, sans que l'on sache souvent pourquoi, ce mécanisme de reconnaissance du soi se dérègle.

¹ Un autre type de virus le HTLV-I, responsable d'une forme de leucémie rare chez les humains, attaque et transforme les lymphocytes T

3.3. Les leucémies

Une leucémie aiguë est une maladie cancéreuse des organes hématopoïétiques¹ caractérisée par une production irrépressible et une accumulation des leucocytes immatures. Un grand nombre de cellules n'atteint jamais la maturité.

Une leucémie chronique est caractérisée par une accumulation dans la circulation sanguine de leucocytes adultes qui ne meurent pas à la fin de leur cycle de vie normal.

Les différents types de globules peuvent être atteints : les lymphocytes, les myélocytes² et les monocytes.

La production exagérée de cellules immatures empêche la production des globules rouges et de plaquettes, entraînant anémie et hémorragies. Mais les globules blancs étant immatures, la défense contre les microbes n'est plus assurée. L'infection est donc une cause importante de mortalité.

Le traitement de la leucémie aiguë se fait par destruction de la moelle osseuse par chimiothérapie ou radiations ionisantes. Lorsque cette moelle malade sera détruite, elle sera remplacée par une moelle issue d'un donneur (greffe de moelle).

3.4. La mononucléose infectieuse

Maladie causée par le virus d'Epstein-Barr. Elle affecte le tissu lymphoïde et touche essentiellement les enfants et les jeunes adultes. Le virus pénètre dans l'organisme par contacte oral (maladie des amoureux). Le virus infecte les lymphocytes B qui s'hypertrophient et prennent l'aspect de monocytes d'où le nom de mononucléose.

Les symptômes sont : maux de gorge, adénopathie, fièvre, toux, malaise.

Pas de traitement particulier. Repos et surveillance des éventuelles complications.

3.5. Les allergies

Une personne est hypersensible ou allergique si elle réagit avec excès à un antigène. L'antigène qui entraîne une réaction allergique est appelé allergène. Toutes les substances peuvent être des allergènes les fraises, le lait, les pollens...

La réaction allergique est classée dans quatre catégories. La réaction de type I ou réaction anaphylactique peut être localisée (urticaire, rhume des foins ...) ou systémique (collapsus circulatoire, asphyxie) pouvant causer la mort.

3.6. Le rejet des greffes

La greffe est le remplacement d'un organe ou d'un tissu. Le corps reconnaît les tissus étrangers et a tendance à les rejeter. On réduit les réactions de rejet en choisissant des tissus portant un HLA³ le plus proche possible du HLA du receveur. Le traitement immunosuppresseur inhibe l'action des lymphocytes T sans perturber de façon significative l'action des lymphocytes B.

¹ Hématopoïétique : se dit des organes produisant des cellules sanguines (moelle rouge des os par ex.)

² Myélocyte : cellule jeune de la moelle osseuse.

³ Human Leukocyt antigens : système comprenant plus de 50 gènes dont la plupart portent plusieurs allèles (jusqu'à 70).

QUESTIONNAIRE SUR LE DOSSIER

- 1) Qu'est-ce qu'un microbe ?
- 2) Citez les différentes sortes de microbes.
- 3) Présentez la classification moderne des êtres vivants.
- 4) Décrire une bactérie / cellule procaryote (schéma, classification, taille, structure).
- 5) Citez les 3 formes de bactéries avec un exemple pour chaque forme et la maladie provoquée correspondante.
- 6) Explicitez en détail la recombinaison génétique qui a lieu chez les bactéries (modes de recombinaison ; description par un texte et un schéma commenté).
- 7) Qu'est-ce qu'une reproduction par scissiparité ?
- 8) Qu'est-ce que la « toxigénicité » d'une bactérie pathogène ? Citez et expliquez les différents types de toxines.
- 9) Les bactéries pathogènes produisent des toxines : quelles sont-elles ?
- 10) Qu'est-ce qu'un antibiotique ?
- 11) Quel est le danger d'une utilisation abusive des antibiotiques ?
- 12) Décrire la structure d'un virus par un schéma commenté et un texte.
- 13) Comment peut se faire une contamination virale ?
- 14) Distinguez vaccin et sérum.
- 15) Qu'est-ce que le SARS-CoV-2 ? Quelle est sa structure ? Quelles sont les gestes barrières pour s'en protéger ?
- 16) Citez 3 maladies virales peu graves et 3 maladies virales graves, voire très graves.
- 17) De quoi est constitué le système lymphatique (ses constituants) ?
- 18) Décrire un vaisseau lymphatique par un schéma.
- 19) Décrire un ganglion lymphatique et préciser ses fonctions principales.
- 20) Qu'est-ce que les amygdales, où sont-elles situées et quel est leur rôle ?

- 21) Qu'est-ce que la rate, où est-elle située et quel est son rôle ?
- 22) Qu'est-ce que le thymus, où est-il situé et quel est son rôle ?
- 23) Comment circule la lymphe dans le système lymphatique ? (Texte de 4 lignes)
- 24) Quelles sont les 3 lignes de défense pour la protection de notre corps vis-à-vis des micro-organismes ? (Texte de 3x2 lignes)
- 25) Distinguer immunité immédiate ou non-spécifique et immunité spécifique. (en résumé)
- 26) Qu'est-ce que la phagocytose ?
- 27) Décrire par un schéma commenté le mécanisme de l'immunité spécifique.
- 28) Précisez ce qu'est un antigène ; où sont-ils situés ? Que provoquent-ils ?
- 29) Qu'est-ce que l'immunité humorale ? (Texte de 5 lignes)
- 30) Quel est le rôle de l'inflammation ? (4 lignes)
- 31) Quelles sont les caractéristiques de l'inflammation ? (4 items et 4 lignes pour résumer l'action de défense contre une lésion grâce à l'inflammation)
- 32) Expliquez le mécanisme du vaccin. (Texte de 6 lignes)
- 33) Qu'est-ce que l'auto-immunité ?
- 34) Citez 3 maladies auto-immunes.
- 35) Quand dit-on qu'une personne est allergique ?