

Lycée Ermesinde

Mersch

Mémoire individuel

# Les modes de transmission des maladies infectieuses.

Est-ce que le savoir en microbiologie a permis de réduire la transmission de maladies infectieuses dans le milieu hospitalier ?

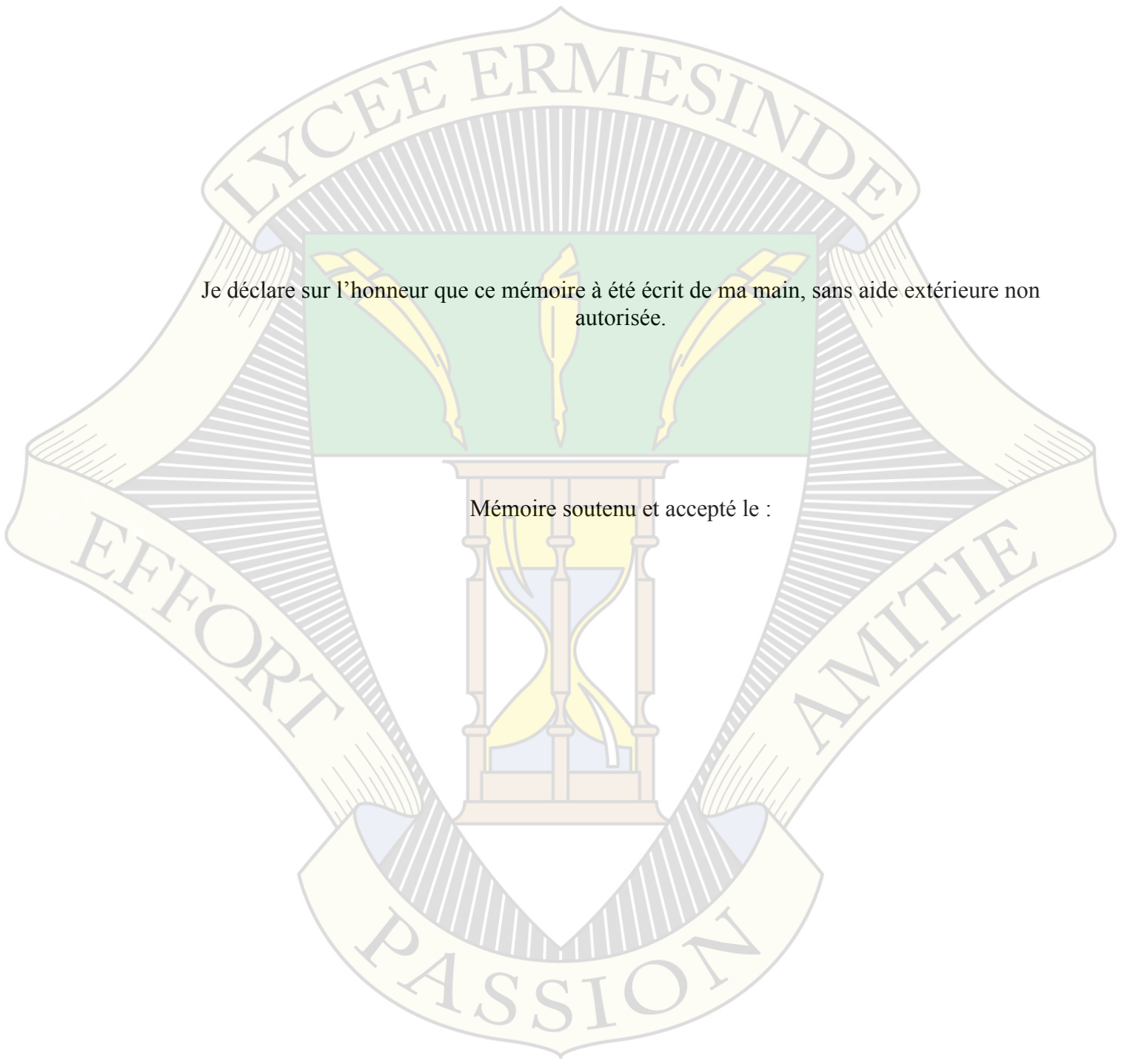
Bourg Wesley

2MC

2015/2016

Directeur de mémoire : Saskia Weides

Jury : Mehmed Özen ; Brigitta Rist



Je déclare sur l'honneur que ce mémoire a été écrit de ma main, sans aide extérieure non autorisée.

Mémoire soutenu et accepté le :

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>LA MICROBIOLOGIE.....</b>	<b>6</b>
2.1	L'HISTOIRE DE LA MICROBIOLOGIE .....	6
2.1.1	<i>Les premiers pas de la microbiologie .....</i>	<i>6</i>
2.1.2	<i>L'origine des maladies infectieuses .....</i>	<i>7</i>
2.1.3	<i>L'importance de l'observation et de la microscopie .....</i>	<i>8</i>
2.1.4	<i>La naissance d'une science expérimentale, la théorie de la génération spontanée .....</i>	<i>9</i>
2.1.5	<i>La recherche des agents pathogènes .....</i>	<i>10</i>
2.1.6	<i>La théorie des germes .....</i>	<i>11</i>
2.1.7	<i>L'apparition de l'antisepsie .....</i>	<i>11</i>
2.1.8	<i>Les postulats de Koch .....</i>	<i>12</i>
2.1.9	<i>Evolution de la microbiologie.....</i>	<i>13</i>
2.1.10	<i>Les antibiotiques pour lutter contre les maladies infectieuses .....</i>	<i>14</i>
2.1.11	<i>Les problèmes d'aujourd'hui.....</i>	<i>14</i>
2.2	BACTÉRIES.....	16
2.2.1	<i>Généralités .....</i>	<i>16</i>
2.2.2	<i>Classification médicale des bactéries pathogènes.....</i>	<i>17</i>
2.2.3	<i>La paroi bactérienne.....</i>	<i>18</i>
2.2.4	<i>Escherichia coli.....</i>	<i>20</i>
2.2.5	<i>Staphylocoque aureus .....</i>	<i>23</i>
2.3	LES AUTRES MICROORGANISMES .....	26
2.3.1	<i>Archées.....</i>	<i>26</i>
2.3.2	<i>Virus.....</i>	<i>26</i>
2.3.3	<i>Mycètes.....</i>	<i>27</i>
2.3.4	<i>Protistes .....</i>	<i>27</i>
<b>3</b>	<b>LES MODES DE TRANSMISSION .....</b>	<b>28</b>
3.1	LA TRANSMISSION PAR CONTACT .....	28
3.1.1	<i>La transmission par contact direct .....</i>	<i>28</i>
3.1.2	<i>La transmission par contact indirect .....</i>	<i>29</i>
3.1.3	<i>La transmission par gouttelettes .....</i>	<i>30</i>
3.2	LA TRANSMISSION SANS CONTACT .....	30
3.2.1	<i>La transmission aéroportée .....</i>	<i>30</i>
3.2.2	<i>La transmission avec véhicule .....</i>	<i>30</i>
3.2.3	<i>La transmission vectorielle .....</i>	<i>31</i>
<b>4</b>	<b>L'INFECTION NOSOCOMIALE .....</b>	<b>33</b>
4.1	LES FACTEURS GÉNÉRAUX LIÉS À L'APPARITION D'UNE INFECTION NOSOCOMIALE .....	34
4.1.1	<i>L'agent pathogène.....</i>	<i>34</i>

4.1.2	<i>L'état du patient</i> .....	35
4.1.3	<i>Les facteurs environnementaux</i> .....	35
4.1.4	<i>Les sites d'infections nosocomiales</i> .....	35
4.1.5	<i>Les modes de transmission</i> .....	38
4.1.6	<i>Les trois bactéries les plus souvent à l'origine d'infections nosocomiales sont :</i> .	39
<b>5</b>	<b>L'HYGIÈNE HOSPITALIÈRE</b> .....	<b>41</b>
5.1	LES REGLES LIEES AU PERSONNEL.....	41
5.2	L'HYGIÈNE DES MAINS .....	42
5.2.1	<i>Le lavage simple des mains</i> .....	42
5.2.2	<i>Lavage des mains par friction avec un produit hydro-alcoolique</i> .....	43
5.2.3	<i>Le lavage chirurgical des mains</i> .....	43
5.3	L'HYGIENE VESTIMENTAIRE.....	45
5.4	HYGIENE DES LOCAUX.....	46
5.5	LES DÉSINFECTANTS ET LES ANTISEPTIQUES .....	46
5.5.1	<i>Le mode d'action des désinfectants et des antiseptiques</i> .....	46
5.5.2	<i>Le spectre d'action</i> .....	48
5.5.3	<i>Résistance aux antiseptiques et désinfectants</i> .....	49
5.6	LES REGLES D'HYGIENES LIEES AUX SPECIFICITES DES PATIENTS .....	51
<b>6</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>SOURCES</b> .....	<b>56</b>



# 1 Introduction

Depuis l'aube de l'humanité, les maladies infectieuses ont de tout temps été la première cause de mortalité dans le monde. Ceci n'a pris fin que récemment avec l'apparition des antibiotiques au milieu du 20<sup>e</sup> siècle, ainsi que par les progrès réalisés en matière d'hygiène et dans le domaine médical.

Malgré tout cela, ces maladies représentent aujourd'hui encore un danger pour l'humanité. En effet, de nos jours, il y a encore globalement un quart des décès qui sont directement liés aux maladies infectieuses, ce qui signifie qu'elles sont la troisième cause de mortalité au monde.

Désormais, grâce à la médecine moderne, nous arrivons à détecter, reconnaître et traiter un grand nombre de maladies, mais cela n'a pas toujours été le cas.

Les maladies infectieuses sont causées par des microorganismes (et virus) pathogènes. La science qui étudie les microorganismes est la microbiologie. Pour montrer l'évolution de notre connaissance des microorganismes et de leur transmission, je vais au cours de ce mémoire résumer les étapes essentielles du développement de cette science jusqu'à aujourd'hui. Au cours de cet historique, on devrait pouvoir retracer l'avancée de cette discipline depuis ses débuts jusqu'à nos jours, où les connaissances à propos des microorganismes semblent être plus cruciales que jamais.

De plus, je vais essayer de montrer au cours de ce mémoire si, et par quel moyens la connaissance en microbiologie a permis de réduire la transmission de maladies en milieu hospitalier. Une infection contractée en milieu hospitalier est appelée infection nosocomiale.

Je vais donner un aperçu montrant les différents types de microorganismes existants et utiliser des exemples d'infections liés aux bactéries les plus abondantes au sein des microorganismes.

L'apparition des hôpitaux et des centres médicaux regroupés a favorisé la transmission de maladies infectieuses particulières à ces milieux spécifiques. Malgré l'évolution de la médecine et de l'hygiène, avec des méthodes de plus en plus sophistiquées pour se protéger contre ces ennemis invisibles, on est encore loin de l'éradication des maladies infectieuses. En effet, celles-ci continuent à évoluer parallèlement aux progrès médicaux et deviennent de plus en plus difficile à combattre. Un des problèmes les plus actuels est

par exemple l'émergence croissante de souches bactériennes résistantes aux antibiotiques, ce qui amène le personnel médical à ses limites thérapeutiques.

Dans le cadre de ce travail, j'ai eu l'occasion de discuter le sujet des infections nosocomiales et de l'hygiène hospitalière avec Geoffrey Bourg, un étudiant en 6<sup>e</sup> année de médecine à l'ULB (Université Libre de Bruxelles).

Au cours de ses études, il a effectué un certain nombre de stages dans divers milieux de soins. Il ne m'a pas seulement décrit les différences entre les mesures d'hygiène dans le domaine privé et dans le milieu hospitalier, mais il m'a également fourni des photos et des informations supplémentaires concernant les mesures d'hygiène à l'hôpital où il a réalisé son dernier stage, l'hôpital universitaire d'Erasmus.



## 2 La microbiologie

La microbiologie représente l'ensemble des disciplines qui s'occupent des microorganismes, la bactériologie, la mycologie, la virologie, la parasitologie, la protozoologie et la phycologie. Les virus ne sont pas considérés comme étant des organismes vivants suite à leur manque de métabolisme. Cependant ils sont tout de même étudiés par la microbiologie.

La microbiologie s'appuie sur d'autres disciplines tels que la biochimie, la biologie moléculaire et la biologie cellulaire afin de mieux comprendre les phénomènes liés aux microorganismes et virus.

Un microorganisme est défini comme étant un organisme vivant de taille microscopique invisible à l'œil nu, donc de taille inférieure à 0,2 mm.

Les microorganismes sont présents en très grand nombre dans presque tous les milieux et environnements présents sur terre. On les retrouve même dans les milieux les plus extrêmes et hostiles comme, par exemple, en Antarctique, aux sommets des montagnes les plus hautes et à des kilomètres de profondeur dans les cavités de l'écorce terrestre.

Les microorganismes sont présents dans l'air, la nourriture, l'eau, et même sur et dans le corps humain où ils jouent un rôle important dans la protection de l'organisme et dans différents mécanismes de régulation et d'interaction avec l'environnement.

En tout, les microorganismes représentent plus de la moitié de la biomasse. La diversité des microorganismes se reflète dans leur influence importante dans tous les aspects de la vie. La plupart des microorganismes sont inoffensifs voir même bénéfiques à l'Homme. Ils sont, par exemple, essentiels au recyclage des nutriments qui composent les différents organismes présents sur Terre et assurent une part des cycles métaboliques nécessaires à la vie. Les microorganismes ont également un effet sur le climat, car ensemble ils produisent environ 50% de l'oxygène respirée par les organismes (humains, animaux, ...) sur Terre.

### 2.1 L'histoire de la microbiologie

#### 2.1.1 Les premiers pas de la microbiologie

L'histoire de la microbiologie est très ancienne, c'est pendant l'Antiquité que la présence de microorganismes a pour la première fois été suspectée. Certains philosophes de l'antiquité postulaient l'hypothèse que les animaux et les plantes, peu importe leur degré de complexité, étaient composés d'un nombre limité d'éléments qui se répètent un certain



nombre de fois pour former ces organismes complexes. Ils sont même allés plus loin dans leur raisonnement et sont parvenus à la conclusion que tous les organismes, du moins du même type, sont formés des mêmes composants.

On dit même que certains philosophes ont postulé l'existence d'agents infectieux, sans aller plus dans le détail, et que ceux-ci seraient transmissibles d'un individu à un autre, mais invisibles à l'œil nu. Ces hypothèses déjà très avancées, comparées aux moyens techniques et au savoir en biologie de l'Antiquité, n'ont pu être démontrées à l'époque. Ces théories ont été perdues pendant longtemps, mais au cours du XVI<sup>e</sup> siècle, des hypothèses similaires ont été émises et ont pu être démontrées grâce aux nouvelles technologies. Ce n'est que plus tard que les écrits datant de l'Antiquité ont été retrouvés.

Les XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles ont été décisifs pour la microbiologie, particulièrement grâce à l'invention du microscope par Zacharias Janssen entre 1590 et 1608. Mais déjà auparavant, en 1546, Girolamo Fracastoro a émis l'hypothèse que l'origine des maladies est liée à des organismes invisibles. Une théorie particulièrement importante et qui s'avère être très proche de la réalité.

### 2.1.2 L'origine des maladies infectieuses

Girolamo Fracastoro était un philosophe, poète, médecin et humaniste italien. Il a émis l'hypothèse de la transmission des maladies par des organismes vivants, transmissibles et invisibles à l'œil nu, après avoir fait de nombreuses recherches sur la syphilis, une maladie sexuellement transmissible qui a fait des ravages en Europe lors du 16<sup>e</sup> siècle. Il publiera plusieurs ouvrages sur cette maladie sous forme de poèmes utilisant de nombreuses métaphores pour représenter la syphilis. Il s'y est pris comme cela pour éviter la censure, la recherche sur le corps humain étant à l'époque un péché.

En 1546, Fracastoro publia « De Contagione et Contagiosis Morbis » (De la contagion et des maladies infectieuses). Cet ouvrage rapporte ses études de plusieurs maladies comme la syphilis, la tuberculose, la lèpre ou encore la gale, grâce auxquelles il propose une théorie sur la contagion appelée « contagium vivum ». Cette théorie suggère que les maladies infectieuses se propagent grâce à des organismes vivants et qu'il appelle des « seminaria contagionis ».

Cette théorie comporte plusieurs informations cruciales. Pour commencer, il affirme que pour pouvoir se propager, ces organismes doivent être minuscules, invisibles à l'œil nu, et doivent pouvoir se reproduire. Il propose également trois modes de transmission : la transmission directe, indirecte et à distance.



Ne disposant à l'époque d'aucun moyen pour confirmer l'existence de ces « seminaria contigionis », sa théorie se basera uniquement sur l'observation et le raisonnement.

Les travaux de Girolamo Fracastoro sont très importants, car il s'agit de la première étude sur les microorganismes pathogènes qui est fondée la recherche et la réflexion. De plus, cette étude est la première à avoir une application pratique pour la société, vu que ses travaux permettent à Fracastoro de formuler des conseils de santé publique.

Enfin, cette théorie s'oppose à la théorie de la génération spontanée, qui était la théorie dominante jusqu'alors.

### 2.1.3 L'importance de l'observation et de la microscopie

Au début du 17<sup>e</sup> siècle, le premier microscope optique (M.O.) a été inventé par Zacharias Janssen. On attribue cependant le mérite à Antoni van Leeuwenhoek pour avoir présenté le modèle le plus performant de l'époque.

Antoni van Leeuwenhoek et Robert Hooke ont été les premiers scientifiques à avoir observé des microorganismes à l'aide de microscopes optiques.



Figure 1 - Microscope optique de Antoni van Leeuwenhoek

Robert Hooke, un philosophe anglais du 17<sup>e</sup> siècle, était l'un des plus grands scientifiques expérimentaux de son époque. Il a été le premier à décrire une cellule à la suite d'une observation faite avec un microscope rudimentaire. Le terme « cellule » apparaît pour la première fois dans son œuvre « microphagia », une œuvre d'importance cruciale pour le monde scientifique car elle va pour la première fois montrer l'importance du microscope pour la recherche et ainsi ouvrir les portes d'un monde jusqu'alors inconnu, le monde des microbes.

L'observation est l'une des compétences les plus importantes pour tous les scientifiques, y compris les microbiologistes. Elle est aujourd'hui encore à la base de toute forme de recherches scientifiques.

Antoni van Leeuwenhoek était un savant néerlandais reconnu comme le précurseur de la microbiologie. Il a pu observer à l'aide de son propre modèle de microscope optique des protozoaires et des spermatozoïdes ce qui était très avancé pour son époque. Il va même jusqu'à affirmer l'existence des bactéries dans l'une de ses nombreuses lettres à la Royal Society de Londres.

#### 2.1.4 La naissance d'une science expérimentale, la théorie de la génération spontanée

Au début du 17<sup>e</sup> siècle, de nombreux scientifiques sont convaincus de la théorie de la génération spontanée, une théorie datant de l'antiquité et synthétisée par Aristote.

D'après cette théorie, des organismes pourraient apparaître dans de la matière inerte sans avoir de prédécesseurs. Cette génération dite « spontanée » aurait lieu quand les conditions nécessaires à la vie sont remplies. Ceci expliquerait entre autre l'apparition « spontanée » après un certain temps, de moisissures sur les aliments ou l'apparition de mites sur la laine.

De nombreux scientifiques se sont penchés sur la question. Ils ont observé la décomposition de matière organique et ont pu constater l'apparition d'organismes sans pouvoir démontrer s'il s'agit d'une génération spontanée ou non. Les divergences entre les opinions et les observations des scientifiques de l'époque ont nécessité une nouvelle forme de recherche : l'expérimentation.

En 1668, le scientifique italien Francesco Redi réalise la première expérience biologique contrôlée pour découvrir si, et dans quelles conditions, des larves apparaissent dans de la viande avariée. Pour cela, il a placé un morceau de viande dans un récipient ouvert et donc accessible à des mouches et un autre morceau dans un récipient fermé hermétiquement. Il part du principe que dans la viande exposée à l'air, des œufs de mouche vont apparaître et dans le récipient scellé, aucun œuf ne va apparaître. Cette hypothèse s'est avérée être correcte.

D'autres scientifiques ont également réalisé des expériences pour démontrer ou démentir la théorie de la génération spontanée.

En 1765, Lazzaro Spallanzani poussa l'expérimentation encore plus loin et réalisa des expériences plus complexes pour réfuter la théorie de la génération spontanée.

Pour y parvenir, il va utiliser un bouillon de mouton dans des tubes qu'il va faire bouillir pendant une période prolongée. Ensuite, il va bouchonner une partie de ces tubes, il va sceller hermétiquement une deuxième partie laissant une troisième partie ouverte à l'air. Il va pouvoir observer que dans les tubes ouverts, un très grand nombre d'« animalcules » sont présents, contrairement aux tubes bouchonnés qui n'en présentent que très peu. Les tubes hermétiquement scellés ne montrent aucune présence d'organismes. Il va déduire de ces résultats que le nombre d'animalcules développés est proportionnel à la communication avec l'air de l'extérieur.

Pour mettre fin aux débats sur la génération spontanée, l'académie de sciences promet au milieu du 19<sup>e</sup> siècle une récompense pour le scientifique qui va proposer la meilleure expérience pour démontrer ou réfuter la théorie de la génération spontanée.

C'est le chimiste français Louis Pasteur qui parvient en 1861 à réfuter définitivement la théorie de la génération spontanée suite à une série d'expériences nouvelles. Il montra au monde entier l'importance de l'expérimentation pour la recherche scientifique.

Pour réaliser cela, Pasteur a fabriqué son célèbre ballon à col de cygne, il s'agit d'un récipient en verre dont le col est allongé et recourbé. Au fond de ce récipient se trouve le milieu de culture. Suite à la forme de ce récipient, l'air qui est en contact avec le milieu de culture est plus pure que l'air de l'environnement car les germes se déposent sur le verre à l'ouverture du récipient. Ainsi, le milieu de culture n'est pas contaminé.

Pasteur réfute donc la théorie de la génération spontanée et prouve que les germes sont déjà

présents dans l'environnement et qu'ils peuvent dans certaines circonstances entrainer des maladies infectieuses lorsqu'ils contaminent le corps humain.

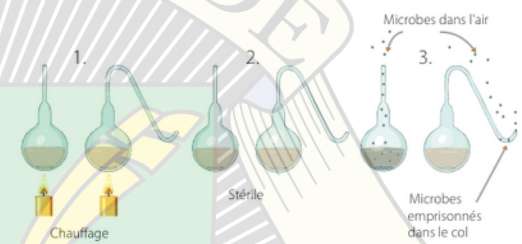


Figure 2 - Expérience de Pasteur

#### 2.1.5 La recherche des agents pathogènes

Les observations d'Agostino Bassi, un biologiste italien, vont le laisser déduire que certaines maladies sont liées à des microbes. Ses études sur une maladie touchant le ver de soie vont le mener à découvrir que cette maladie est provoquée par un champignon.

Ses recherches précèdent les recherches de Louis Pasteur et de Robert Koch, deux figures emblématiques pour la microbiologie, et dont je parlerai plus tard.

Toujours à cette époque, Ignace Semmelweis, un médecin obstétricien hongrois, va démontrer l'importance du lavage des mains, après la dissection d'un cadavre, avant d'effectuer un accouchement. A l'époque, le nombre de femmes décédant suite à un accouchement était encore très élevé. Semmelweis va démontrer que le fait de se laver les mains avec une solution d'hypochlorite de calcium entre deux accouchements permet de réduire le taux de décès liés à la fièvre puerpérale après l'accouchement de 12% à 2,4 % des femmes. Plus tard, Semmelweis étendra ses mesures d'antisepsie au lavage des instruments médicaux entre deux accouchements.

Malgré des résultats pourtant convaincants, ses idées seront rejetés par la communauté scientifique de l'époque, car les médecins refuseront de reconnaître être responsable de



la transmission de la fièvre puerpérale. De plus, ils jugeaient le protocole de lavage des mains contraignant.

Ce n'est qu'après sa mort que sera établie la théorie des maladies microbiennes et qui permettra de reconnaître Semmelweis comme étant un des pionniers en matière d'antisepsie et de prévention des infections nosocomiales.

Je reviendrai plus tard, au cours de ce travail sur l'importance des mesures d'hygiène dans un milieu hospitalier.

#### 2.1.6 La théorie des germes

Pour en revenir à Louis Pasteur et à Robert Koch, ils ont cherché à comprendre la nature des maladies infectieuses. A cette époque, l'existence des microorganismes était déjà connue, grâce à l'amélioration du microscope et à la mise en évidence de l'existence des bactéries par Antoni van Leeuwenhoek au 17<sup>e</sup> siècle. Cependant les relations entre ces microorganismes et les maladies restent jusqu'alors très floues.

Il est déjà démontré que certaines maladies sont directement liées à des microorganismes, mais tous les microorganismes ne semblent pas provoquer des maladies. Ils ont alors cherché un moyen d'associer certaines espèces de microorganismes à certaines maladies.

Louis Pasteur s'intéressa à ce moment à la fermentation et à son fonctionnement et réalisa qu'elle était liée aux microorganismes. Il va pousser ses travaux encore plus loin et va découvrir qu'il est possible d'éviter la transmission des microorganismes se trouvant dans l'alcool (ici le vin) en chauffant pendant une brève période le vin à 55°C après la fermentation mais avant de le laisser vieillir. Cette technique de stérilisation va rapidement être appliquée à d'autres produits, tels que le lait, et est connue sous le nom de « pasteurisation ». C'est ainsi qu'est née l'asepsie.

L'asepsie est donc une méthode de prévention pour empêcher la contamination d'une surface par des microorganismes. Elle permet de préserver la flore endémique, contrairement à l'antisepsie qui sera évoquée ci dessous.

Il va supposer que des microorganismes qu'il va appeler « germes » pourraient être la cause de certaines maladies et va formuler suite à cela sa « théorie des germes ».

#### 2.1.7 L'apparition de l'antisepsie

Plus tard lors du 19<sup>e</sup> siècle, la première application pratique des recherches de Pasteur a vu le jour. Joseph Lister, un chirurgien écossais, dont la moitié des patients ayant subi une amputation mourraient suite à une infection post-opérative, a entendu parler des travaux de Pasteur. Il était convaincu que l'infection était liée à des organismes présents



dans l'air. Il va commencer à utiliser de l'acide carbolique (phénol), un puissant antiseptique, sur les plaies des patients et remarque que les plaies guérissent sans infection. Cette technique a d'une part révolutionné la médecine et la chirurgie et d'autre part, mené à la pratique de l'antisepsie.

#### 2.1.8 Les postulats de Koch

Toujours lors du 19<sup>e</sup> siècle, un médecin allemand du nom de Robert Koch, qui connaissait bien la maladie du charbon (anthrax), effectua des recherches dans le but de découvrir l'origine de cette maladie. L'anthrax est une maladie touchant le bétail et qui peut également toucher l'homme, notamment par une forme cutanée ou respiratoire.

Pour cela, il injecta du sang provenant du bétail infecté dans des souris et, suite à des autopsies, il a pu constater que les souris avaient développé les mêmes symptômes que le bétail. Il isola alors des bactéries (bacilles) du sang de ces souris et les cultiva. Il observa méticuleusement la croissance des bactéries et observa qu'elles finissaient par former des spores. Il injecta alors ces spores dans des souris saines, et au bout de quelques heures, elles ont commencé à contracter les symptômes de la maladie du charbon. En examinant leur sang il a pu observer un très grand nombre de bacilles identiques à celles prélevées ultérieurement qu'il isola de nouveau.

C'est grâce à ce procédé que Koch a pu démontrer le lien entre la maladie et le microorganisme. Il va alors formuler ce qu'on appelle « les postulats de Koch », une méthode généralisée pour établir la relation entre un organisme spécifique et une maladie spécifique.

##### 2.1.8.1 Les « postulats de Koch »

- 1) Le microorganisme doit être présent dans tous les organismes malades et absent des organismes sains.
- 2) Le microorganisme doit être cultivé en culture pure à l'extérieur des organismes malades.
- 3) Un organisme sain inoculé avec cette culture pure doit provoquer la maladie avec tous ses symptômes.
- 4) Le microorganisme isolé de cet organisme doit être identique à celui précédemment isolé.

### 2.1.9 Evolution de la microbiologie

C'est la concurrence entre le laboratoire de Louis Pasteur et celui de Robert Koch qui a permis de pousser aussi loin la recherche sur les maladies infectieuses.

D'un côté, l'équipe de Pasteur poussa ses recherches dans la compréhension des mécanismes de l'infection et de l'immunité ainsi que les applications pratiques en résultant. De l'autre côté, l'équipe de Koch se concentra sur les méthodes d'étude des microorganismes telles que l'isolation, la culture et l'identification de pathogènes spécifiques.

Louis Pasteur atteint le pic de sa carrière en développant avec succès le vaccin contre la rage. Robert Koch lui, n'ayant pas réussi à trouver un remède contre la tuberculose, obtiendra tout de même le mérite d'avoir pu identifier et cultiver la bactérie provoquant cette maladie qui faisait des ravages à l'époque.

Les travaux de Pasteur et de Koch ont tout de même établi les bases de l'étude des bactéries et ont posé les fondations pour la bactériologie telle que nous la connaissons aujourd'hui. Suite à cela, lors des 19<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> siècles, d'autres sciences étudiant les microorganismes sont apparues tels que la virologie, la mycologie, la protozoologie, et la phycologie. Les applications du savoir en microbiologie ont permis le développement de l'épidémiologie et de l'immunologie et ont ainsi permis de mieux comprendre et en partie contrôler l'évolution des maladies infectieuses.

Depuis Pasteur et Koch, la recherche en microbiologie a fortement changé. Depuis les années 1940, les scientifiques cherchent à comprendre la génétique et sa régulation.

Des études sur la bactéries *Escherichia coli* ont pu, par exemple démontrer que les bactéries sont capables de développer spontanément des mutations les rendant résistantes à des infections virales. De plus, on a découvert que l'étude des microorganismes permet également de comprendre de nombreux principes en Biologie. De nombreux biologistes réalisent le potentiel de la recherche sur les microorganismes.

On découvre entre autre que l'acide désoxyribonucléique (ADN) est le matériel génétique dans les cellules.

Cependant, il est difficile d'étudier le fonctionnement des bactéries suite à leur petite taille. C'est alors qu'entre 1940 et 1950, le microscope électronique fait son apparition et permet d'améliorer l'observation des bactéries et d'autres organismes. L'une des différences fondamentales observée entre les bactéries et d'autres organismes est l'absence de séparation physique entre l'ADN et le cytoplasme des bactéries, alors qu'il

y a une séparation pour d'autres organismes. C'est ainsi que la différenciation entre cellules procaryotes et cellules eucaryotes s'est faite.

#### 2.1.10 Les antibiotiques pour lutter contre les maladies infectieuses

En 1910, Paul Ehrlich parvient pour la première fois à synthétiser un médicament capable de détruire des agents pathogènes. Ce médicament, appelé Salvarsan s'est montré efficace contre la syphilis et la trypanosomiase, et a permis à Ehrlich d'être considéré comme le père de la chimiothérapie.

En 1929, Alexandre Fleming a découvert par hasard qu'une moisissure de l'espèce des « penicillium » tua les bactéries et les colonies proches de cette moisissure. Suite à cela, le premier antibiotique est apparu : la pénicilline. Par la suite, d'autres antibiotiques ont été synthétisés depuis des substances produites par des levures ou des bactéries capables de détruire d'autres microorganismes. Dans les années qui suivent, l'utilisation des antibiotiques se propage et devient un outil essentiel et standardisé dans la lutte contre les maladies infectieuses. L'usage courant d'antibiotiques est extrêmement stimulé par la nécessité de combattre des infections (mortelles/létales) chez les blessés de la deuxième guerre mondiale.

Dans les années qui suivent, surtout entre 1950 et 1960, l'utilisation massive d'antibiotiques crée un faux sentiment de sécurité et fait décliner les mesures d'hygiène provoquant de nombreuses épidémies qui font des ravages dans les hôpitaux.

#### 2.1.11 Les problèmes d'aujourd'hui

Selon l'OMS (l'Organisation Mondiale de la Santé) plus d'un quart des décès dans le monde sont directement liés aux maladies infectieuses.

Avec l'augmentation de la population mondiale, la globalisation et l'accessibilité des moyens de transport, les maladies infectieuses se propagent plus facilement que jamais. De plus, le nombre de maladies infectieuses est en hausse. Aujourd'hui notre connaissance des maladies infectieuses est très différente de celle à l'époque de Pasteur et Koch. De nombreux agents pathogènes sont régulièrement découverts et posent de nouveaux problèmes.

On sait désormais qu'un agent pathogène peut être responsable de plusieurs maladies. D'autre part, une maladie peut être liée à plusieurs agents pathogènes (maladie polymicrobienne), comme c'est le cas pour de nombreuses infections des voies urinaires par exemple.



Un autre facteur d'importance concernant les maladies infectieuses sont les maladies émergentes. Une maladie émergente est par définition une maladie dont la découverte est récente et qui est en expansion. Certaines maladies infectieuses telles que le SIDA (Syndrome d'Immunodéficience Acquis), la fièvre Ebola, le SRAS (Syndrome Respiratoire Aigu Sévère) ou la grippe aviaire font partie des maladies émergentes. On parle également de maladies réurgentes dans le cas où une maladie refait son apparition comme la tuberculose ou commence de nouveau à faire des ravages tels que le paludisme. Mais le plus grand défi pour la médecine et la microbiologie c'est la résistance des agents pathogènes aux antibiotiques. Combattre les maladies infectieuses devient de plus en plus difficile car de nombreux agents pathogènes ont été sélectionnés par leur résistance suite à un usage abusif d'antibiotiques et sont désormais résistants à ces mêmes antibiotiques, les rendant inefficaces. Pour éviter cela, des campagnes de prévention sont en cours, car si rien n'est fait, on va se retrouver confronté à des maladies qui ne pourront plus être traitées par les antibiotiques actuels.



Figure 3 - Campagne de prévention pour l'utilisation d'antibiotiques



## 2.2 Bactéries

Il existe de différents types de microorganismes, les bactéries, les archées, les virus, les mycètes et les protistes.

Dans ce travail, je vais me concentrer sur le groupe de microorganismes le plus ancien et le plus abondant sur Terre : les procaryotes, et plus précisément les bactéries. Le domaine de la microbiologie qui étudie les bactéries est la bactériologie.

### 2.2.1 Généralités

Les bactéries (eubactéries) sont des organismes procaryotes unicellulaires de taille microscopique. Elles peuvent avoir plusieurs formes telles que sphériques, allongées ou en spirales.

Avec plus de 10 000 espèces connues à ce jour, ce qui représente que 0.5-0.1 % du nombre d'espèces estimées, les bactéries représentent environ 60% de la biosphère. Leur diversité s'explique par le fait que les procaryotes sont soumis depuis leur apparition il y a 3.5 milliards d'années à une sélection naturelle qui conditionne leur survie dans tout type d'environnement.

Les bactéries sont des microorganismes vivants, procaryotes unicellulaires de taille microscopique ayant une anatomie très simple mais fonctionnelle, organisée de manière à pouvoir accomplir toutes les fonctions nécessaires à la vie dans une seule cellule. Elles se composent de 70% d'eau. Pour le reste, elles sont composées en majorité de protéines ainsi que de lipides, de lipopolysaccharides, de peptidoglycane, de ribosomes, d'ARN et d'ADN.

Bien plus petites que les eucaryotes (10-100µm) le diamètre des bactéries varie généralement entre 0.5-5µm. Il existe évidemment des exceptions tel que le *Thiomargarita namibiensis* (750µm) ou les *mycoplasmes* (±0.3-0.5µm).

Certaines d'entre elles forment des filaments ou s'associent en une masse bactérienne que l'on appelle biofilm. Le biofilm est une colonie de bactéries où les cellules restent agglutinées dans un gel muqueux. Mise à part les bactéries pathogènes, il existe des bactéries qui sont responsables de la décomposition de la matière organique en

nutriments, d'autres encore qui produisent des molécules utiles à l'homme, ce qui a des applications par exemple dans l'industrie alimentaire ou dans l'industrie pharmaceutique.

## 2.2.2 Classification médicale des bactéries pathogènes

Les bactéries pathogènes peuvent être classées de plusieurs manières selon les besoins :

### 2.2.2.1 Par syndrome infectieux

Les bactéries pathogènes peuvent être classées selon leur syndrome infectieux, c'est à dire selon les signes cliniques ou les symptômes qu'elles pourraient causer.

### 2.2.2.2 Par morphologie

Les trois formes les plus communes des bactéries sont : sphériques, en bâtonnets et hélicoïdales (spiroales).

Les coques ont une forme sphérique. Elles peuvent être isolées ou se regrouper de plusieurs manières, en chainettes (streptocoques), en grappe (staphylocoque) ou par 2 (diplocoques).

Les bacilles ont une forme de bâtonnets, et peuvent avoir différentes longueurs.

Les bactéries peuvent également être incurvées (vibrions) ou spiralées (spirochètes).

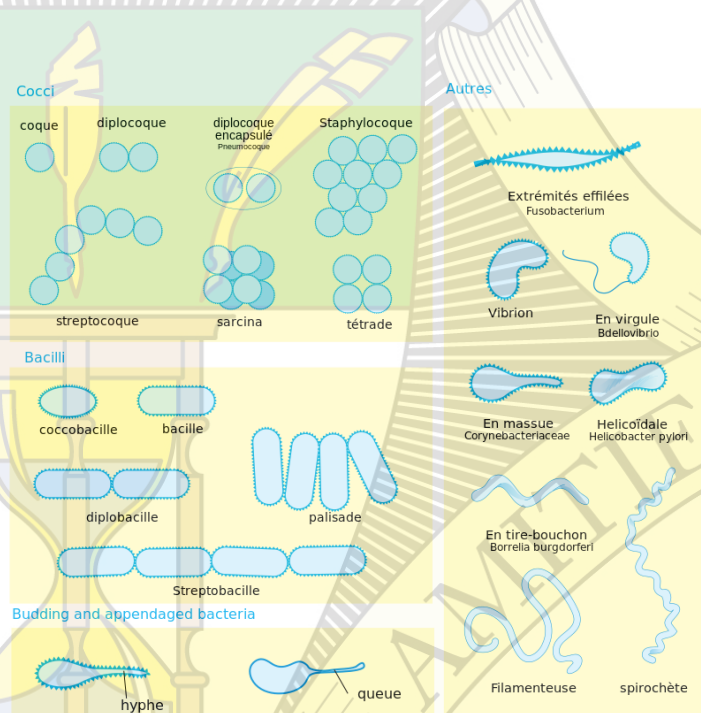


Figure 4 - Morphologie des bactéries

### 2.2.2.3 Par coloration de Gram

La coloration de Gram permet de rapidement distinguer deux types de bactéries : les bactéries à Gram positif (+) et les bactéries à Gram négatif (-). La différence entre les bactéries Gram positif et Gram négatif est liée à la structure de la paroi bactérienne. Cette distinction est importante, car le pouvoir pathogène et la sensibilité aux antibiotiques et aux désinfectants est très différente. *S. aureus* est par exemple une bactérie Gram positif et *E. coli* une bactérie Gram négatif.

Cette coloration se réalise en quatre étapes :

La première étape consiste à réaliser une coloration par le violet de gentiane (cristal violet), le laisser agir une minute.

La deuxième étape est le mordantage avec le lugol. Il s'agit de fixer le colorant violet aux structures internes de la bactérie.

Ces deux premières étapes sont nécessaires pour colorer le contenu de la bactérie.

La troisième étape est la décoloration rapide par l'alcool. Cette étape n'agit que sur les bactéries à Gram négatif en décolorant l'intérieur de la cellule car leur paroi est pauvre en peptidoglycanes et laisse

passer l'alcool qui va éliminer le violet de gentiane. L'alcool ne peut pas pénétrer les bactéries à Gram positif car leur paroi possède une couche de peptidoglycanes plus importante qui est donc plus épaisse et imperméable à l'alcool.

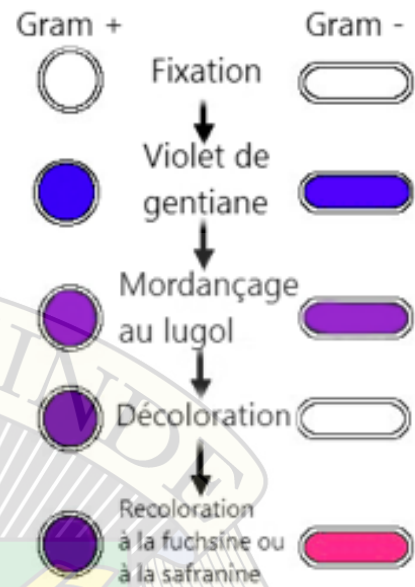


Figure 5- Coloration de Gram

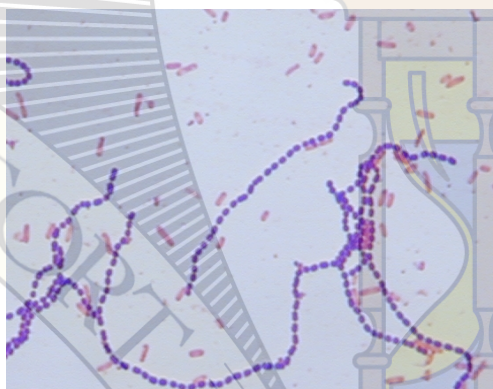


Figure 6 - Observation au microscope de bactéries suite à la coloration de Gram

Enfin, la quatrième étape est une contre-coloration par la safranine. Lors de cette étape, les bactéries gram négatif sont alors coloré en rose et les bactéries gram positif restent inchangées et donc colorées en violet.

### 2.2.3 La paroi bactérienne

La paroi bactérienne est une enveloppe rigide qui assure la forme et la protection des bactéries. Elle protège la bactérie de la forte pression osmotique (5-20 atmosphères) qui règne dans le cytoplasme de la bactérie. La plupart des parois bactériennes sont en partie composées de peptidoglycanes, qui sont des polymères de monosaccharides modifiés, reliés transversalement par de courts polypeptides (polymères d'acides aminés liés par liaisons peptidiques).



La paroi des bactéries à Gram positif est moins complexe que celle des bactéries à Gram négatif. En effet, elle est en grande majorité composée de peptidoglycane (90 %).

Chez les bactéries à Gram négatif, la paroi contient beaucoup moins de peptidoglycane (moins de 15 %), c'est une couche fine et peu dense. Pour cette catégorie de bactéries, la paroi n'est pas uniquement composée de cette couche de peptidoglycane, mais elle comprend également une membrane externe composée d'une bicouche de phospholipides, comprenant des lipopolysaccharides (LPS) dans la partie la plus externe. Les lipopolysaccharides sont des glucides liés à des lipides.

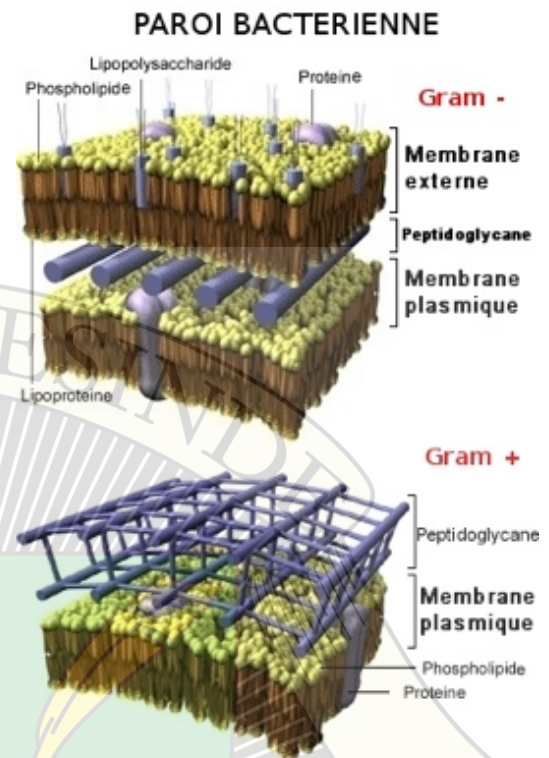


Figure 7 - La paroi bactérienne

Cette différence entre les parois, qui peut être mise en évidence par la coloration de Gram, joue un rôle important pour la médecine, car parmi les bactéries pathogènes, les espèces de bactéries à Gram négatif sont généralement plus dangereuses que les espèces à Gram positif et cela pour deux raisons.

Premièrement à cause de la présence de lipopolysaccharides (antigène O) qui sont souvent toxiques, car ils peuvent provoquer une réaction inflammatoire générale et protéger la bactérie du système immunitaire de l'hôte.

D'autre part, les bactéries à Gram négatif se montrent souvent plus résistantes aux antibiotiques que les bactéries à Gram positif, car la membrane externe des bactéries à Gram négatif est une entrave à la pénétration des antibiotiques dans la cellule de ces dernières.

Enfin, la capsule polysaccharidique a également un rôle à jouer dans l'invasion de la bactérie aux défenses de l'hôte infecté.



#### 2.2.4 Escherichia coli

Escherichia coli (E. coli), également appelée colibacille est une bactérie appartenant à la famille des entérobactéries (enterobacteriaceae).

Escherichia coli est une bactérie qui a été découverte en 1950 par Théodor Escherich et représente l'organisme le plus étudié à ce jour. Cela est dû à la facilité de la cultiver en laboratoire, car dans un milieu de culture riche et à une température de 37°C, elle se reproduit par division cellulaire environ toutes les 20 minutes.

Il s'agit d'un bacille à Gram négatif. E. coli a une forme de bâtonnet et sa taille peut varier entre 0,5 et 3 µm, selon les conditions de croissance. E. coli est une bactérie aérobie-anaérobie facultative, ce qui signifie qu'elle peut utiliser le dioxygène présent dans son environnement. En absence de dioxygène, elle peut passer en métabolisme anaérobie et fermenter le glucose.

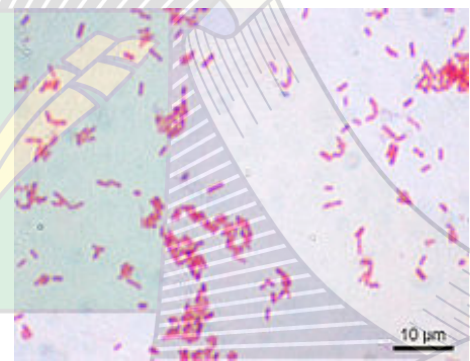


Figure 8 - E. coli après coloration de Gram

E. coli est une bactérie intestinale très commune chez l'être humain. Elle compose environ 80% de la flore intestinale aérobie de l'homme. Son rôle dans le corps humain est d'assurer le bon fonctionnement du système gastro-intestinal ainsi que de le protéger contre d'autres bactéries.

On peut également retrouver des bactéries E. coli dans des aliments et surtout dans des eaux usées, ce qui témoigne d'une contamination fécale, rendant l'eau et les aliments impropres à la consommation.

Le pouvoir pathogène d'E. coli provient en partie de sa structure.

La colonisation par E. coli est possible grâce à sa capacité à adhérer à la surface de la muqueuse intestinale. Cette adhésion est possible grâce à des adhésines fimbriaires également appelées fimbriae ou pili. Les fimbriae jouent un rôle important pour expliquer la virulence de certaines bactéries telles que E. coli. Les infections urinaires par E. coli,

par exemple, sont liées à la reconnaissance et l'adhésion par les pili des glycolipides se trouvant sur la surface des cellules épithéliales du tractus urinaire.

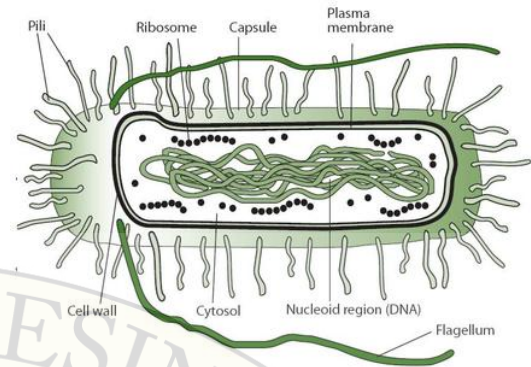


Figure 9- Schéma de E. coli

La multiplication rapide de E. coli joue également un rôle important pour sa virulence. La multiplication rapide est un avantage pour la colonisation, car cette rapidité permet de causer des dégâts à l'organisme avant que le système immunitaire n'ait le temps d'intervenir.

Un facteur essentiel pour le processus de pathogénicité de E. coli est son interférence avec le système immunitaire de l'hôte. Certains types de lipopolysaccharides sont présents sur la surface des bactéries et les protègent contre plusieurs mécanismes de défense de l'organismes tel que la fixation des anticorps et la phagocytose. De plus, la capsule polysaccaridique participe également à la résistance de la bactérie contre les mécanismes de défense de l'hôte.

A cause de ce pouvoir pathogène, E. coli est à l'origine de nombreuses pathologies qui peuvent être regroupées en infections intestinales et infections extra-intestinales.

Les souches d'E. coli qui induisent des infections intestinales peuvent être classées en cinq pathovars. Un pathovar désigne une souche spécifique au sein d'une espèce selon les symptômes et les caractéristiques de pathogénicité.

- E.coli entérotoxigénique (ETEC)

ETEC est une cause majeure de diarrhée aqueuse aigue et est responsable de la « diarrhée du voyageur » (turista).

- E.coli entéroinvasives (EIEC)

EIEC est responsable de syndromes dysentériques, c'est à dire une forte fièvre, des crampes abdominales et des nausées ainsi qu'une diarrhée aqueuse qui peuvent rapidement évoluer en une dysenterie.

- E.coli entéropathogènes (EPEC)

EPEC est responsable de gastroentérites infantiles. Il touche particulièrement les enfants en bas âge en milieu hospitalier.

- E.coli entérohémorragiques (EHEC)

EHEC est responsable pour des colites hémorragiques. Les symptômes sont des diarrhées simples voire sanglantes et abondantes liées à la destruction des cellules intestinales par des cytotoxines.

En plus des pathovars induisant des diarrhées, on distingue également le pathovar des *E. coli* pathogènes extra-intestinales (ExPEC). Ils sont impliqués dans des infections tels que des infections urinaires, des méningites, des septicémies, etc.

*E. coli* est la première cause d'infections urinaires, surtout chez les femmes. Il s'agit également de la bactérie la plus souvent responsable d'infections nosocomiales, contractées par exemple suite à la pose d'un cathéter ou d'un à une sonde urinaire.

Les infections courantes par *E. coli* sont pour la plupart du temps d'ordre alimentaire. Pour éviter ce genre d'infections, il faut entre autre bien cuire la nourriture, surtout la viande. De plus, il faut respecter les recommandations courantes d'hygiène, c'est à dire de bien se laver les mains avant de préparer le repas, de laver soigneusement les ustensiles et évidemment bien se laver les mains après avoir été aux toilettes.



### 2.2.5 Staphylocoque aureus

Staphylocoque aureus (*S. aureus*), également appelé staphylocoque doré est une bactérie appartenant à la famille des staphylocoques (staphylococcaceae).

Il s'agit donc d'un coque Gram positif, de forme arrondie et ayant un diamètre se situant entre 0,5 et 1,5  $\mu\text{m}$ . *S. aureus* possède une capsule composée de polysaccharides et est dépourvu de spores. La bactérie est immobile et apparaît généralement en amas (dit en grappe de raisin). De plus, il s'agit d'une bactérie anaérobie facultatif.

Anaérobie facultatif, signifie qu'elle peut utiliser le dioxygène présent dans l'environnement. En absence de dioxygène, elle passe en métabolisme anaérobie et fermente le glucose sans gaz.

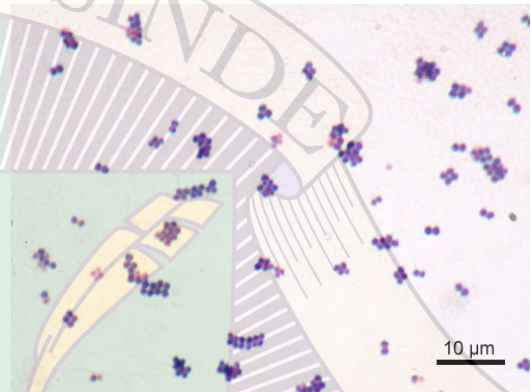


Figure 10 - *S. aureus* après coloration de Gram, disposition en amas

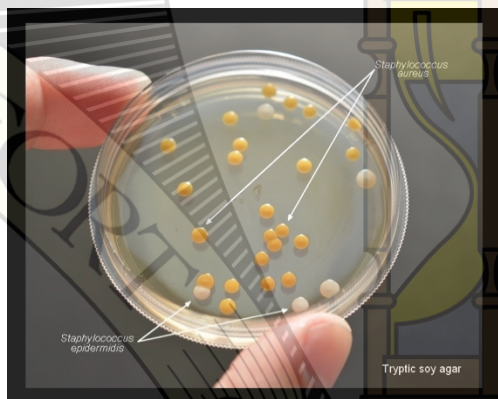


Figure 11 - Culture de *S. aureus*, pigmentation jaune inconstante lui confère sa coloration dorée d'où son nom de staphylocoque doré

Les staphylocoques possèdent la catalase, un enzyme capable de décomposer de l'eau oxygénée ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), ce qui permet de les différencier des streptocoques qui ne la possèdent pas. De plus, *S. aureus* possède une coagulase, un enzyme capable de faire coaguler le plasma sanguin, ce qui le différencie des autres types de staphylocoques.

Le staphylocoque aureus est ubiquitaire dans l'environnement et peut être retrouvé dans de nombreux milieux différents tels que des eaux non-traitées ou dans le sol.

Le *S. aureus* est également une bactérie commensale de l'homme. 15-30% des individus sont des porteurs sains, c'est-à-dire qu'on retrouve la bactérie sur la peau ou les muqueuses et principalement dans les fosses nasales et la gorge, cependant ces porteurs ne présentent pas de symptômes. On retrouve également cette bactérie en faible quantité au niveau du tube digestif et du périnée.



Le pouvoir pathogène de cette bactérie résulte d'une part de la sécrétion d'enzymes tels que la coagulase, la fibrolysine, la phosphatase, la protéase, et d'autres, qui engendrent des lésions des tissus de l'organisme, ce qui donne à *S. aureus* son pouvoir invasif.

D'autre part, *S. aureus* sécrète des toxines après avoir pénétré dans l'organismes. Ces toxines peuvent être, par exemple, des entérotoxines, des staphylosoxines et des leucocidines, qui lui confèrent son pouvoir toxique. Les souches peuvent être plus ou moins pathogènes selon le type et le nombre de toxines sécrétées.

*S. aureus* peut donc être à l'origine de nombreuses pathologies : des infections localisées, des infections généralisées et des intoxications alimentaires.

Les infections localisées sont des infections qui peuvent survenir dans le cas où la barrière cutanée est rompue, par exemple des blessures ou plaies post-opératoires. Dans ce cas les bactéries peuvent proliférer dans l'organisme et mener à une infection cutanée qui sera la plupart du temps de type suppurative, c'est à dire avec présence de pus. Il peut s'agir par exemple de folliculite, furoncle, cellulite, impétigo, etc.

*S. aureus* est également responsable de pneumonies, d'endocardites ainsi que d'infections urinaires.

Les infections généralisées sont moins communes pour *S. aureus* mais peuvent survenir si l'individu n'est pas traité à temps, ce qui permet à l'infection de se développer, ou s'il est immunodéprimé.

Chez les personnes immunodéprimées, les infections sont souvent plus importantes et deviennent plus facilement des infections généralisées. Ceci est dû au fait que le système immunitaire de ces personnes est défaillant et donc moins capable de contrôler les diverses infections.

Dans ce cas il se peut que l'individu souffre d'un sepsis, qui est un syndrome d'infection générale et grave de l'organisme par des microorganismes pathogènes. Le sepsis associe la présence de bactéries dans le sang (bactériémie) à une réponse inflammatoire systémique de l'hôte. Un état septique prolongé peut mener à une défaillance multi-organique et donc du décès du patient.

*S. aureus* peut être impliqué dans des intoxications alimentaires. Ces intoxications sont liées à la présence d'une entérotoxine, produite par *S. aureus*, dans les aliments.

En hôpital, les infections par *S. aureus* ont souvent lieu suite à des interventions invasives telles que la pose d'une voie centrale, d'un cathéter, d'une sonde urinaire ou de prothèses osseuses ou cardiaques. En effet, la pose d'un cathéter, par exemple, va rompre la barrière physique qu'est la peau et va donc rendre le sujet plus sensible à ce genre d'infections. D'autant plus, que *S. aureus* se retrouve plus facilement en milieu hospitalier qu'à l'extérieur.

Pour éviter la transmission en hôpital, le patient porteur de *S. aureus* est placé en isolement et mis sous antibiotiques. Le personnel entrant en contact doit suivre des mesures d'hygiène habituelles tels que le lavage des mains ainsi que le port de vêtements de protection y compris un masque respiratoire normal, des gants et une surblouse. De plus, la réalisation de certains actes invasifs comme par exemple la pose d'une voie centrale nécessite la mise en place d'une antibiothérapie prophylactique. Ce type d'acte invasif résulte quasi systématiquement par une infection en l'absence de couverture antibiotique.

De nos jours, suite à la surutilisation d'antibiotiques depuis leur découverte, certaines bactéries sont devenues résistantes à certains antibiotiques.

Cela concerne notamment certaines souches de *S. aureus*. On parle souvent du SARM (MRSA), le staphylocoque aureus résistant à la méticilline, qui est actuellement un problème majeur dans les hôpitaux. La méticilline est un antibiotique utilisé contre *S. aureus* non résistant et appartient à la famille des pénicillines.

Pour traiter un SARM aujourd'hui, il ne reste plus qu'un antibiotique efficace, la vancomycine. Il existe cependant des souches de *S. aureus* multirésistantes, également à la vancomycine ce qui ne laisse presque plus de possibilité de les traiter.

## 2.3 Les autres microorganismes

### 2.3.1 Archées

Les archées regroupent certaines espèces de procaryotes qui, par leur structure et métabolisme, se différencient des eubactéries.

La majorité des archées sont extrémophiles et peuvent être trouvées dans des environnements extrêmement chauds ou froids, salés, ou dans un milieu avec un pH extrêmement bas (acide). L'adaptation à ce genre d'environnement est l'une des raisons pour lesquelles ces bactéries ont été regroupées spécifiquement.

La majorité des espèces d'archées absorbent les nutriments qui leur sont nécessaires directement depuis leur environnement.

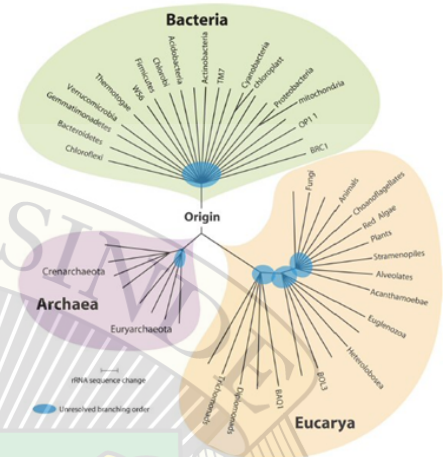


Figure 12 - séparation des bactéries et des archées

### 2.3.2 Virus

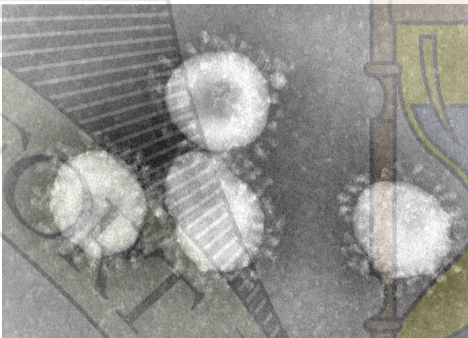


Figure 13 - SARS coronavirus sous le microscope électronique

Les virus ne sont pas considérés comme des organismes vivants car ils ne possèdent pas de métabolisme propre. On a actuellement décrit environ 5000 espèces de virus dont seul quelques-uns sont pathogènes pour l'homme. Les virus ne sont pas des cellules, mais sont composés d'un acide nucléique (ADN ou ARN) entouré d'une capside de protéines. Afin d'identifier les virus, on

étudie leur morphologie (taille et forme), leur matériel génétique (ADN ou ARN) et leurs propriétés biologiques c'est-à-dire quels organismes ou tissus ils infectent. Ils infectent des organismes dans le but de se reproduire car, suite à leur manque de métabolisme, ils nécessitent les structures présentes dans une cellule.

Les virus pathogènes sont à l'origine de certaines maladies endémiques telles que la Grippe, le SIDA ou encore épidémiques comme par exemple la fièvre Ebola.

Une endémie désigne une maladie habituellement présente dans une certaine région ou population. Une épidémie est l'apparition rapide d'une maladie, non obligatoirement contagieuse, à un lieu et un moment donné.



### 2.3.3 Mycètes

Le règne des mycètes (champignons) inclut les levures unicellulaires, les champignons pluricellulaires et les moisissures. Il existe environ 100 000 espèces de mycètes documentées jusqu'à ce jour, mais on soupçonne l'existence de 1,5 millions d'espèces dans la nature.

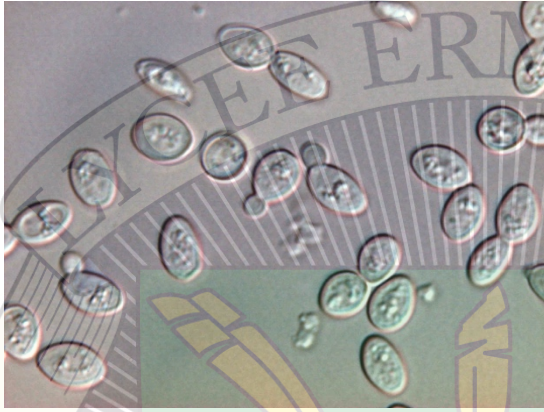


Figure 14 - Levures sous le microscope électronique

La majorité des mycètes se développent idéalement dans des milieux chauds, humides et sécrètent des enzymes digestifs qui permettent de décomposer les nutriments en substances se laissant absorber plus facilement. Les mycètes vivent dans un environnement nutritif et absorbent les nutriments nécessaires depuis ce dernier. Si ce milieu nutritif est un autre

organisme tel que le corps humain, il peut s'agir d'une maladie (mycose). D'autre part, certains mycètes produisent des substances utiles comme, par exemple, la pénicilline, un antibiotique. Certaines espèces de mycètes se rendent également utiles dans divers domaines tels que l'industrie alimentaire, où elles sont entre autre nécessaires à la production de fromage et de bière.

### 2.3.4 Protistes

Le règne des protistes regroupe des unicellulaires eucaryotes, les protozoaires et les algues. On les retrouve seuls ou en association avec des animaux ou des plantes. Ces microorganismes ont différents modes de déplacement, soit à l'aide de flagelles ou de cils, soit en rampant. Les protistes ont diverses méthodes de nutrition. Les protozoaires se nourrissent en absorbant des nutriments depuis leur environnement ou par l'ingestion d'algues et de cellules bactériennes. Les algues font la photosynthèse.

Les protozoaires jouent un rôle important dans l'écosystème car se trouvant tout en bas de la chaîne alimentaire, ils servent de source de nourriture pour de petits organismes.

Les protozoaires peuvent être la cause de certaines maladies comme par exemple le paludisme (malaria).

### 3 Les modes de transmission

La première étape du développement d'une maladie infectieuse chez un individu est l'infection, c'est à dire l'entrée d'un agent pathogène dans l'organisme de cet individu. Les maladies infectieuses peuvent être transmises de différentes manières que l'on appelle les modes de transmission.

Les différents modes de transmission sont divisées en plusieurs catégories :

I. Contact	1) Direct
	2) Indirect
	3) Par gouttelettes
II. Non-contact	1) Aéroporté
	2) Véhicule
	3) Vectorielle

#### 3.1 La transmission par contact

##### 3.1.1 La transmission par contact direct

###### 3.1.1.1 *Transmission interhumaine*

On parle de transmission interhumaine lors de la propagation d'un microorganisme pathogène depuis un individu portant le pathogène à un hôte susceptible par contact physique direct (sans intermédiaire).

Les exemples les plus courants par lesquels les pathogènes peuvent être transmis par contact direct sont lorsqu'on se serre les mains, les baisers, le toucher et les relations sexuelles.

Les maladies transmises par contact direct sont d'ordre virales, tels que la grippe ou le rhume, parfois bactériennes, comme par exemple la syphilis et autres MST (maladies sexuellement transmissibles).

La transmission par contact direct peut également se faire par contact avec des excréments ou liquides biologiques tels que le sang ou les sécrétions, provenant d'une personne infectée.

### 3.1.1.2 *Auto-infection*

On parle d'auto-infection ou d'infection de type endogène lorsqu'un microorganisme faisant partie de la flore normale du corps humain devient pathogène opportuniste (qui ne déclenche d'infections que chez les sujets immunodéprimés).

Si certaines conditions sont remplies, ces espèces arrivent à se multiplier et perturbent l'homéostasie de l'hôte. L'homéostasie est un processus physiologique qui permet le maintien de certaines constantes du milieu intérieur de l'organisme entre les limites des valeurs normales, nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme.

Un exemple type pour ce genre d'espèce opportuniste sont les bactéries du colon *Escherichia coli*, une bactérie commensale du côlon, qui sont souvent impliquées dans des infections des voies urinaires ou des plaies si elles arrivent, par exemple, à migrer du tractus digestif au tractus urinaire.

On considère ces infections comme des infections par contact car elles parcourent les mêmes étapes de la chaîne de contagion qu'une maladie par contact direct entre deux individus, vu que le microorganisme se déplace d'un endroit à l'autre sur la même personne.

### 3.1.1.3 *Transmission animal-humain*

Dans le cas de la transmission occasionnelle de maladies depuis un animal vers l'être humain, on parle de zoonoses. La transmission peut se faire de diverses manières, soit par contact direct avec un animal infecté ou bien par ses matières fécales, ses poils, ses plumes, sa salive, morsure ou griffures, comme par exemple la maladie des griffes du chat. Soit l'infection a lieu suite à l'ingestion de produits provenant d'un animal infecté, tel que la viande, les œufs, le lait. Ceci est par exemple le cas pour la trichinose, une maladie parasitaire transmise par l'ingestion de viande crue ou insuffisamment cuite, alors que l'animal a été contaminé par des larves d'un nématode, un ver rond.

### 3.1.2 La transmission par contact indirect

On parle de transmission par contact indirect lorsque la transmission d'un agent pathogène a lieu à l'aide d'un objet appelé « vecteur passif ». Il peut s'agir de n'importe quel objet, du moment où on peut y trouver des agents pathogènes sur sa surface. On parle de vecteur passif car lors du séjour du microorganisme sur la surface de l'objet, il ne se reproduit pas et ne subit généralement pas de modifications. Ce genre de transmission est particulièrement commun dans le milieu hospitalier où les infections sont transmises par



des objets souillés tels que des seringues, des ustensiles, instruments, pansements, sondes, etc.

### 3.1.3 La transmission par gouttelettes

On parle de transmission par gouttelettes quand les microorganismes pathogènes sont expulsés de leur hôte dans des gouttelettes de mucus (plus grande que  $5\mu\text{m}$ ) lorsque l'individu tousse, éternue, rit ou parle. Les gouttelettes parcourent en général jusqu'à un mètre de distance entre l'hôte et l'individu réceptif, c'est pourquoi on considère que les microorganismes ne sont pas transmis par voie aérienne. Une personne qui éternue, par exemple, produit jusqu'à 20 000 gouttelettes. Les maladies transmises de cette manière sont, entre autre, la pneumonie et la grippe.

## 3.2 La transmission sans contact

### 3.2.1 La transmission aéroportée

On parle de transmission aérienne ou aéroportée lorsque des microorganismes pathogènes, comme par exemple le *Mycobacterium tuberculosis* se propagent par l'intermédiaire de gouttelettes (plus petites que  $5\mu\text{m}$ ), de particules de poussière, etc. et parcourent une distance de plus d'un mètre entre leur point d'origine et l'individu réceptif. Certaines gouttelettes qui proviennent des voies respiratoires supérieures sont assez petites et donc très volatiles et peuvent parcourir de grandes distances.

Certains microorganismes tels que les staphylocoques et les streptocoques survivent assez bien dans des poussières et peuvent être propagés assez loin à l'aide de ces dernières.

Enfin, certaines bactéries et mycètes produisent des spores très volatiles qui se propagent également par voie aérienne, comme c'est par exemple le cas pour *Aspergillus* à l'origine de l'Aspergillose broncho-pulmonaire.

### 3.2.2 La transmission avec véhicule

La transmission avec un véhicule se produit s'il y a un intermédiaire qui risque de propager un microorganisme pathogène à un grand nombre de personnes. Dans la majorité des cas, le véhicule est l'eau.

#### 3.2.2.1 Transmission d'origine hydrique

On parle de transmission d'origine hydrique si des microorganismes pathogènes sont transmis par l'eau. Généralement, cela se produit lors d'un mauvais traitement des eaux

Dans les eaux potables, on trouve souvent une infime quantité de virus suite à la difficulté de les éliminer lors du traitement des eaux.

Lorsqu'une infection est transmise à l'homme depuis un animal, on parle de transmission par un vecteur animal. Le terme « vecteur » représente l'animal transportant les microorganismes pathogènes d'un individu à l'autre. Dans la majorité des cas, le vecteur est un insecte.

### 3.2.3.1 Transmission mécanique

C'est de cette manière que les mouches domestiques qui se sont déposées sur des excréments d'animaux contaminent ensuite des aliments en y déposant des microorganismes pathogènes.

La transmission biologique est beaucoup plus complexe que la transmission mécanique. Lors de la transmission biologique, le vecteur animal joue un rôle essentiel au développement et à la propagation du microorganisme pathogène. Souvent, lorsque

The diagram illustrates the life cycle of *Plasmodium* species, divided into two main parts: the Sporogonic Cycle (Mosquito Stages) and the Erythrocytic Cycle (Human Stages).

**Legend:**

- ▲ Infective Stage
- ▲ Diagnostic Stage
- ▲ = Diagnostic Stage

**Sporogonic Cycle (Mosquito Stages):**

- Oocyst** (1, ▲): Sporozoites released from the blood meal.
- Ruptured oocyst** (2, ▲): Sporozoites released from the oocyst.
- Release of sporozoites** (3, ▲): Sporozoites released from the oocyst.
- Sporozoites** (4, ▲): Sporozoites released from the oocyst.
- Macrogameteocyte** (5, ▲): Macrogameteocyte ingested by the mosquito.
- Exflagellated microgameteocyte** (6, ▲): Exflagellated microgameteocyte released from the macrogameteocyte.
- Gametocytes** (7, ▲): Gametocytes released from the microgameteocyte.

**Erythrocytic Cycle (Human Stages):**

- Immature trophozoite (ring stage)** (1, ▲): Immature trophozoite (ring stage) in the liver cell.
- Mature trophozoite** (2, ▲): Mature trophozoite in the liver cell.
- Schizont** (3, ▲): Schizont in the liver cell.
- Ruptured schizont** (4, ▲): Ruptured schizont in the liver cell.
- Gametocytes** (5, ▲): Gametocytes in the liver cell.
- Schizont** (6, ▲): Schizont in the liver cell.
- Ruptured schizont** (7, ▲): Ruptured schizont in the liver cell.
- Gametocytes** (8, ▲): Gametocytes in the liver cell.

**Human Liver Stages:**

- Liver cell**: The initial site of infection.
- Infected liver cell**: The liver cell containing the parasite.
- Exo-erythrocytic Cycle**: The cycle occurring in the liver cell.

**Human Blood Stages:**

- Erythrocytic Cycle**: The cycle occurring in the blood.
- Gametocytes**: Gametocytes in the blood.

**Transmission:**

- Mosquito takes a blood meal (injects sporozoites)**: A mosquito ingests sporozoites from a human.
- Mosquito takes a blood meal (ingests gametocytes)**: A mosquito ingests gametocytes from a human.

**Species:**

- P. falciparum*
- P. vivax*

31

Il se peut que le microorganisme nécessite une certaine période dans le corps de l'insecte pour se multiplier comme c'est le cas pour le paludisme (malaria).

La malaria est due à des parasites, le plasmodium. La transmission à l'homme se fait par la pique de moustiques femelle infectés faisant partie de la famille des anophèles.

Le paludisme est une maladie endémique dans certaines régions du monde, notamment en Afrique subsaharienne

(*Plasmodium falciparum*) ou en Asie du sud-est et en Amérique du sud (*Plasmodium vivax*).

En tout, près de la moitié de la population mondiale est exposée au risque de contracter cette maladie.

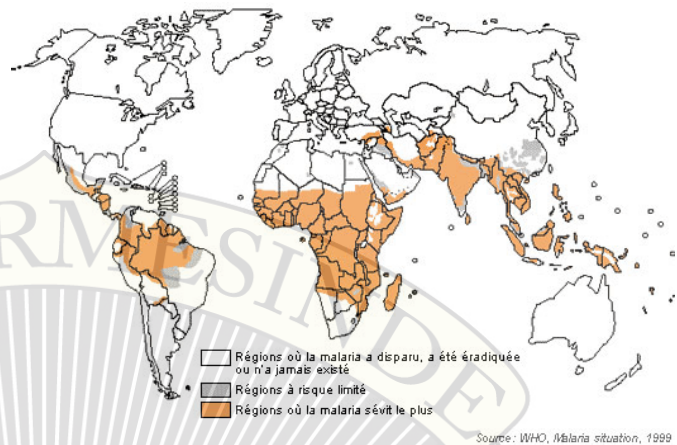


Figure 16 - Régions endémiques de la malaria, 1999



## 4 L'infection nosocomiale

Une infection nosocomiale est une infection contractée au cours, ou suite à une hospitalisation. Il s'agit d'une infection qui était absente au moment de l'admission. On parle d'infection nosocomiale si l'infection se déclare au moins 48 heures après l'admission du patient ou plus tard, si la période d'incubation est connue et est plus longue. Si une infection apparaît suite à une intervention chirurgicale, le délai pour distinguer une infection nosocomiale est repoussé à 30 jours (même si le patient a déjà quitté l'établissement) et elle est repoussé à 1 an, si le patient a reçu une prothèse ou un implant.

Les infections nosocomiales ne concernent cependant pas uniquement les patients mais peuvent également toucher le personnel soignant. Dans le cas d'une infection nosocomiale on peut également parler d'une infection hospitalière.

Les infections nosocomiales ocurrent partout dans le monde, on ne les retrouve pas uniquement dans les hôpitaux de pays en voie de développement, mais également dans les pays développés. En moyenne, partout dans le monde, environ 1,4 millions de personnes sont atteintes de maladies infectieuses contractées en milieu hospitalier.

Les infections nosocomiales sont l'une des causes majeures de mortalité et de morbidité augmentée en hôpital.

Aujourd'hui on constate qu'en moyenne une personne sur vingt, soit 5% contracte une infection nosocomiale. Ce chiffre est en augmentation ces dernières années, ceci pour plusieurs raisons.

La médecine ainsi que les patients ne sont pas les mêmes aujourd'hui, que lorsque les premières études sur les infections nosocomiales ont été réalisées. Avec la moyenne d'âge qui a fortement augmentée et la prise en charge de sujets de plus en plus fragiles et susceptibles aux infections, fait que le nombre d'infection nosocomiales augmente. Cependant, en comparant les résultats de l'enquête française de prévalence des infections nosocomiales de 1996 et de 2001, tout en prenant compte de nombreux critères pouvant influencer le calcul (âge, service de soin, traitement, etc.), on a pu observer une diminution de 13% de la prévalence des infections nosocomiales. Cette tendance semble se confirmer, car la même étude réalisée en 2006 et comparée avec les résultats de 2001 montre encore une diminution de 10%, mais on est encore loin du risque zéro. L'enquête nationale (FR) de prévalence des infections nosocomiales est la plus grande enquête jamais réalisée à ce sujet. Toutes les cinq années, elle est reproduite et comparée avec les

résultats précédents pour pouvoir définir la prévalence des infections nosocomiales et l'efficacité de nouvelles mesures d'hygiène et de traitements.

Ces études montrent également que le taux de patients qui contractent des infections nosocomiales dépend du service dans lequel ils sont admis. En réanimation et dans l'unité des soins intensifs, le taux d'infections nosocomiales contractés est beaucoup plus élevé que dans d'autres services car les patients y sont beaucoup plus fragiles et subissent plus de soins et actes invasifs comme par exemple la mise en place de cathéters, voies centrales et sondes urinaires, que dans d'autres services.

Les infections nosocomiales ont un impact important pour les patients, car en plus d'être un risque important de maladie et même de mort, elles augmentent les frais de soins, augmente la durée de séjour et impliquent de faire subir au patient des examens et des traitements supplémentaires. Ceci a un important impact socioéconomique. De plus, les microorganismes à l'origine des infections peuvent éventuellement être transportés à l'extérieur de l'hôpital par les patients, visiteurs ou le personnel soignant et risquent ainsi une propagation dans la communauté.

#### 4.1 Les facteurs généraux liés à l'apparition d'une infection nosocomiale

##### 4.1.1 L'agent pathogène

Lors de son hospitalisation, le patient est exposé à de nombreux microorganismes. Le simple contact avec un microorganisme ne résulte pas forcément en une infection. Cependant, certains facteurs peuvent influencer le développement d'une infection.

La probabilité de contracter une infection suite à un contact avec un microorganisme dépend des caractéristiques de celui-ci, comme par exemple sa virulence, sa résistance, mais aussi la quantité d'agents pathogènes en question.

Il existe de nombreux microorganismes pouvant être à l'origine d'infections nosocomiales. Ces microorganismes peuvent provenir d'une autre personne, on parle alors d'une infection « croisée ». Ils peuvent également provenir de l'individu lui-même, on parle alors d'infection endogène.

La source la moins commune est l'environnement. Les microorganismes sont également présents dans l'air, l'eau, l'alimentation voir sur des surfaces ou même le matériel de soins. Ils sont généralement inoffensifs, mais peuvent causer des infections chez des patients fragiles ou dans le cas où ils parviennent à pénétrer dans l'organisme du patient par exemple lors d'une intervention chirurgicale.

#### 4.1.2 L'état du patient

L'état du patient joue également un rôle important en ce qui concerne les risques de développer une infection nosocomiale.

Les risques de développer une infection sont plus élevés chez les personnes âgées (plus de 65 ans), les nouveaux nés, les personnes immunodéprimées et les grands brûlés.

Les patients atteints de maladies chroniques tels que la leucémie, le diabète ou encore le syndrome d'immunodéficience acquise (SIDA) sont particulièrement susceptibles aux infections par des microorganismes opportunistes à cause de l'altération de leur système immunitaire, une conséquence de ces maladies chroniques. Certains microorganismes naturellement présents sur ou dans le corps humain peuvent en effet devenir pathogène si les défenses immunitaires de l'individu sont affaiblies.

Des blessures ou plaies au niveau de la peau et des muqueuses constituent une rupture des barrières physiques de défense de l'organisme et peuvent éventuellement permettre à un microorganisme de pénétrer l'organisme.

Les personnes ayant subi des interventions invasives comme par exemple la pose d'un cathéter veineux ou artériel, l'intubation au niveau des voies aériennes ou une intervention chirurgicale sont également susceptibles de contracter des infections nosocomiales, suite donc à la rupture de la continuité de cette barrière physique que constituent la peau et les muqueuses.

#### 4.1.3 Les facteurs environnementaux

Le milieu hospitalier représente un environnement où des personnes atteintes de maladies infectieuses et des personnes plus à risque d'infection se retrouvent. Les patients atteints d'infections ou porteurs de microorganismes pathogènes sont une source majeure de contamination pour les autres patients et le personnel.

La concentration de personnes et les transferts fréquents d'une unité de soins à l'autre sont des facteurs qui contribuent à la propagation d'infections nosocomiales. De plus, la flore microbienne des patients peut contaminer des surfaces, objets ou autres et ainsi provoquer une propagation de ces microorganismes.

#### 4.1.4 Les sites d'infections nosocomiales

Les sites les plus touchés par des infections nosocomiales sont, comme on peut l'observer sur ce graphique, le tractus urinaire, le site opératoire et les voies respiratoires.



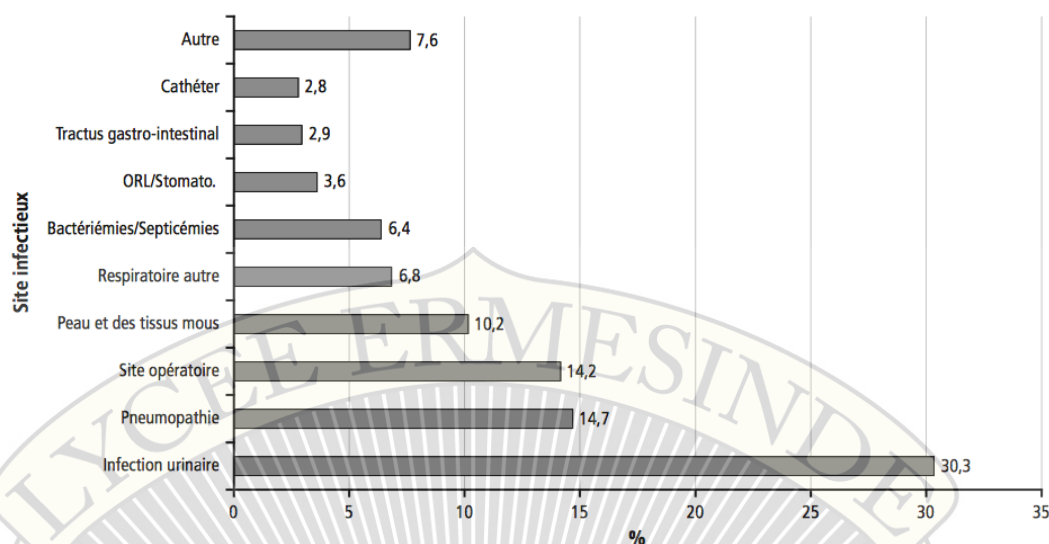


Figure 17 - Répartition des infections nosocomiales par site infectieux, France, 2006

#### 4.1.4.1 Les infections urinaires

Les infections urinaires sont les infections nosocomiales les plus courantes. Dans 80% des cas ces infections sont liées à l'utilisation d'un cathéter urinaire. Dans la majorité des cas, les infections urinaires ne causent pas des risques sérieux pour la santé du patient, cependant elles peuvent mener à des bactériémies sévères et dans certains cas exceptionnels au décès.

Les microorganismes causant les infections urinaires font souvent partie de la flore intestinale du patient comme par exemple *E. coli* ou sont acquise en hôpital comme par exemple *Klebsilla*, notamment chez les patients porteurs d'une sonde urinaire.

Les infections urinaires par *E. coli* occurent aussi souvent, à cause de la reconnaissance par les fimbriae et l'adhésion aux glycolipides se trouvant sur la surface des cellules épithéliales du tractus urinaire. Cela permet à *E. coli* de se reproduire et de coloniser la muqueuse et engendrer l'infection.

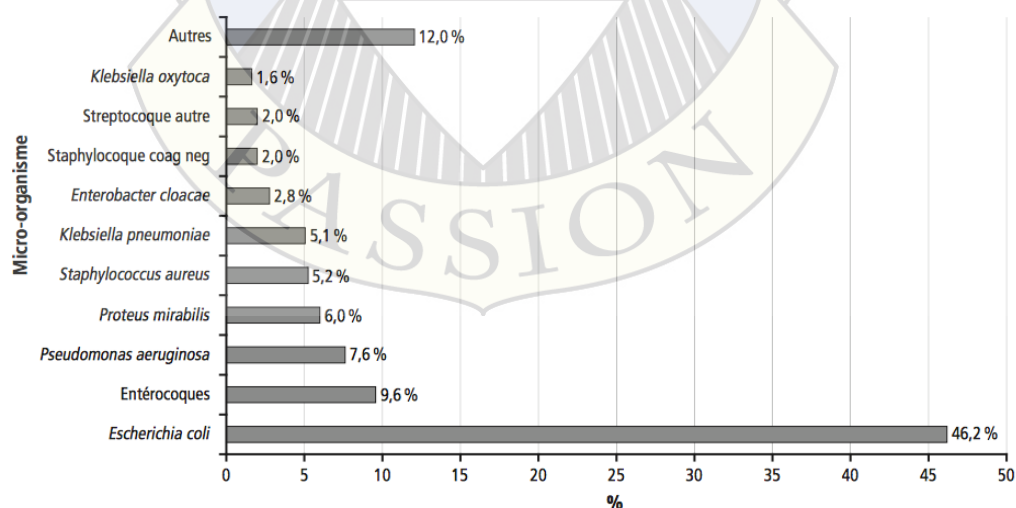


Figure 18 - Distribution des microorganismes responsables d'infections urinaires, France, 2006

#### 4.1.4.2 Les infections du site opératoire :

Les infections du site opératoire représentent également une partie importante des infections nosocomiales reportées.

Ce genre d'infection est caractérisé par l'apparition de pus au niveau de la plaie ou de l'emplacement du drain.

L'infection a normalement lieu lors de l'opération. Elle est soit exogène, c'est à dire qu'elle provient de l'air, de l'équipement médical, du personnel opératoire, ..., ou endogène et provient de la flore de la peau ou du site opéré. Dans ce cas, elle se développe dans les jours suivant l'opération, mais peut être prévenue par une antibiothérapie prophylactique à large spectre.

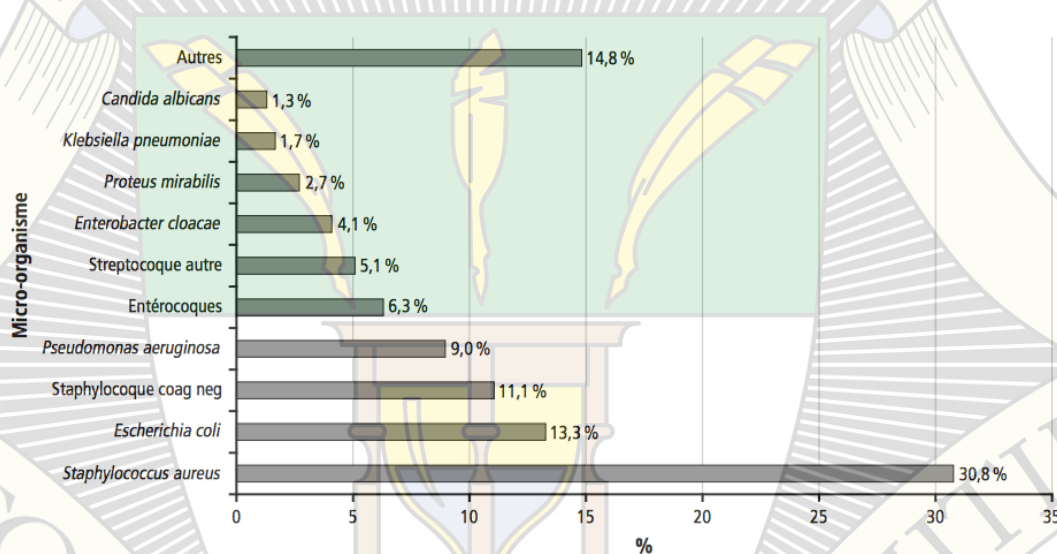


Figure 19 - Distribution des microorganismes responsables d'infections du site opératoire, France, 2006

Sur le graphique, on remarque que la majorité des infections du site opératoire sont liées à *S. aureus*, cela est dû au fait que de nombreuses personnes sont porteuses de cette bactérie au niveau des fosses nasales et de la gorge. Il est cependant également possible que certaines bactéries se trouvent sur la peau au niveau du site opératoire et profitent de l'ouverture des tissus pour pénétrer dans l'organisme et le contaminer. Plus rarement, il est également possible que certaines bactéries *S. aureus* soient présentes sur le matériel médical ou amenées dans le bloc opératoire par le personnel soignant.

#### 4.1.4.3 Les infections des voies respiratoires :

Les infections des voies respiratoires surviennent surtout chez certains patients spécifiques tels que les patients sous aide respiratoire à l'unité de soins intensifs, d'autant plus si ces patients sont déjà atteints d'une pathologie respiratoire chronique tel que l'asthme. Ces infections provoquent des pneumopathies avec un taux de létalité assez élevé.

Ces pneumopathies nosocomiales sont souvent endogènes, provoquées par exemple par des microorganismes de l'appareil digestif, mais peuvent être exogènes, généralement liées à la contamination de l'appareil respiratoire.

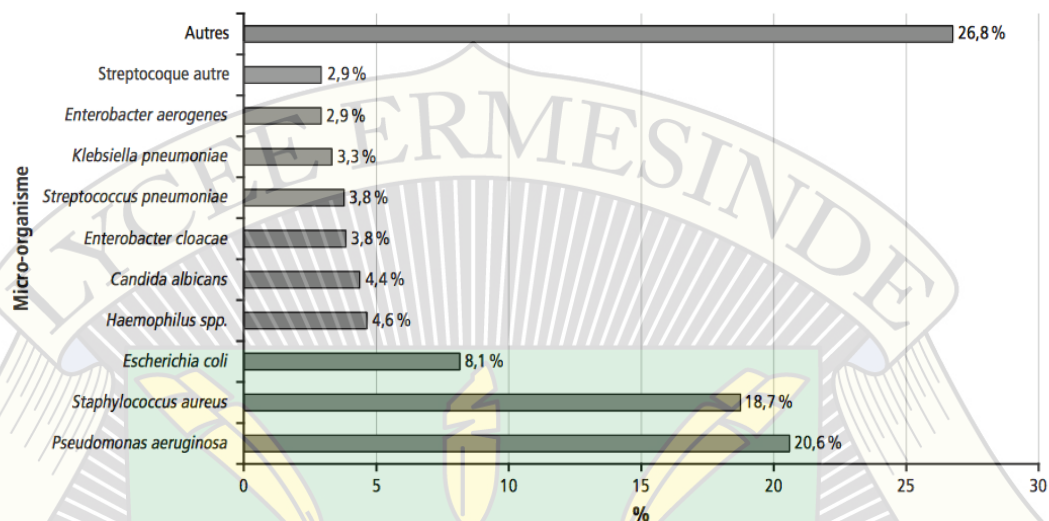


Figure 20 - Distribution des microorganismes responsables de pneumopathies, France, 2006

Comme on peut l'observer sur ce graphique, la majorité des pneumopathies contractées en milieu hospitalier sont causées par *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*.

#### 4.1.5 Les modes de transmission

Il existe plusieurs modes de transmission des infections nosocomiales.

La majorité des infections nosocomiales sont liées à des bactéries et peuvent être transmises de plusieurs manières.

La plupart de ces infections sont de type endogène. Dans ce cas, le malade s'infecte lui-même avec ses propres germes, généralement suite à des lésions des muqueuses ou des lésions cutanées. Les germes proviennent de la flore commensale (normale), par exemple des muqueuses, de la peau ou des voies digestives, et peuvent provoquer une infection s'ils se retrouvent à un autre site du corps.

Par exemple, les bactéries *E. coli*, naturellement présentes au niveau des voies digestives, sont souvent à l'origine d'infections urinaires chez des patients avec une sonde ou d'infections des plaies du site opératoire, suite à une intervention chirurgicale au niveau des voies digestives. De même, la proximité entre l'abouchement au niveau du périnée des voies digestives et urinaires fait que *E. coli* est la principale cause d'infections urinaires, comme par exemple des cystites chez les femmes.

En milieu hospitalier, on distingue trois types de modes de transmission exogènes :



On parle d'hétéro-infection, si l'agent responsable de l'infection provient d'un autre malade et peut provoquer ce qu'on appelle une infection croisée. La transmission peut se faire à l'aide d'un intermédiaire, comme par exemple le personnel soignant ou par contact lors d'épidémies.

Dans le cas où des agents pathogènes sont transmis depuis l'extérieur du milieu hospitalier, on parle de xéno-infections. Cela peut se produire si un membre du personnel soignant ou un visiteur présentant une maladie infectieuse entre en contact avec le patient. Les infections environnementales exogènes sont les moins fréquentes mais peuvent cependant survenir, on parle alors d'exo-infections. Certaines bactéries sont présentes dans l'eau ou les milieux liquides, d'autres peuvent se trouver sur des objets tels que le matériel médical ou le linge. On retrouve aussi un certain nombre de bactéries sur les surfaces. On les retrouve également dans des poussières fines ou gouttelettes pouvant rester en suspension dans l'air pendant plusieurs heures.

#### 4.1.6 Les trois bactéries les plus souvent à l'origine d'infections nosocomiales sont :

- *Escherichia coli* (naturellement présent dans les intestins de chacun)
- *Staphylococcus aureus* (présents au niveau des muqueuses nasales et de la gorge)
- *Pseudomonas aeruginosa* (se développe dans sols et milieux humides)

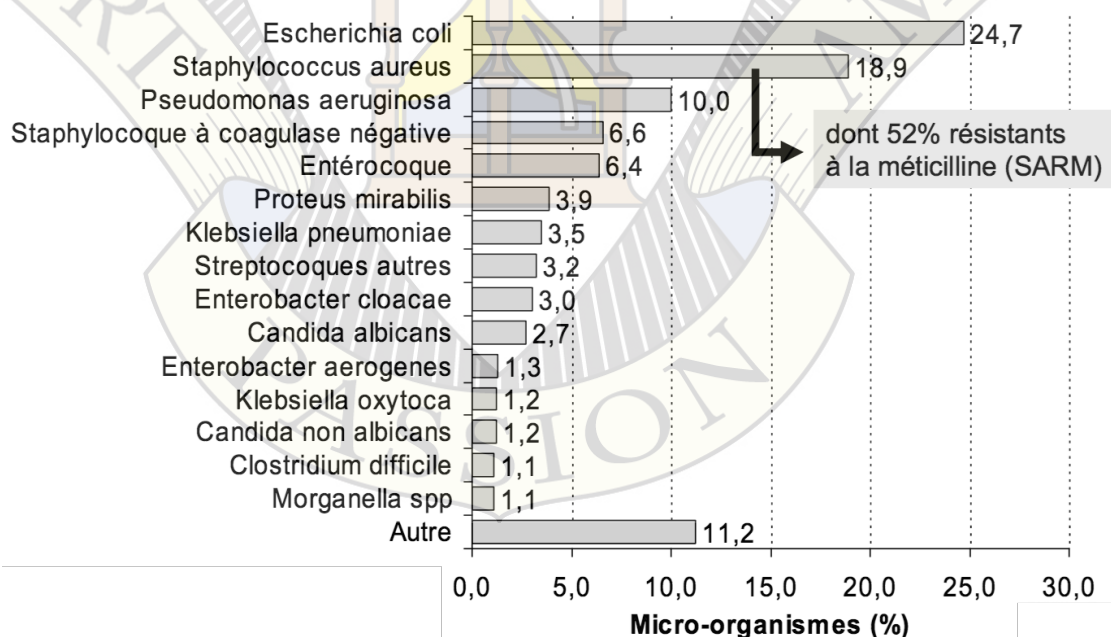


Figure 21 - Microorganismes responsables d'infections nosocomiales, France, 2006

On remarque, à l'aide de ce graphique, que plus de la moitié (53,6%) des infections nosocomiales sont causées par ces trois bactéries. De plus, on y voit, que plus de la moitié (52%) des *S. aureus*, sont des *S. aureus* résistants à la méticilline. Cela est un nombre très important si on considère la difficulté à combattre une infection par SARM, mais l'enquête nationale de prévalence des infections nosocomiales citée auparavant affirme que le taux de SARM parmi les *S. aureus* est en diminution. Ces résultats très encourageants sont une conséquence des campagnes de prévention contre la surutilisation d'antibiotiques.



## 5 L'hygiène hospitalière

Pour éviter les infections nosocomiales, il est important de respecter certaines règles d'hygiène. Une prévention optimale contre les infections nosocomiales passe par le respect scrupuleux des règles d'hygiène préconisées. Ces règles d'hygiène en milieu hospitalier ont pour but d'éviter la transmission d'agents pathogènes entre patients, mais également entre le patient et le personnel soignant.

L'hygiène est définie comme étant l'ensemble des principes et des pratiques visant à conserver la santé et à assurer l'intégrité des fonctions de l'organisme.

L'hygiène hospitalière est donc spécifique à l'hôpital et cherche à éviter les infections dans ce milieu qui favorise la prolifération de germes. Cela est possible en assurant une propreté microbiologique des locaux et du matériel de soin. Pour plus d'efficacité, le personnel soignant est soumis à des règles strictes visant à réduire au maximum les risques de transmission.

Les règles d'hygiène hospitalière sont regroupées en catégories, selon qu'elles sont liées au personnel soignant, à l'entretien des locaux, à l'élimination des déchets de soin, aux circuits du linge et aux spécificités des patients.

Je vais traiter une partie importante des règles concernant le personnel soignant, l'entretien des locaux et celles liées à l'état du patient mais pas celles concernant l'élimination des déchets ni celles concernant le cycle du linge.

### 5.1 Les règles liées au personnel

Les règles d'hygiène liées au personnel sont d'ordre corporel et vestimentaire.

Au niveau de l'hygiène corporelle, il est préconisé de prendre des douches quotidiennes, avant et après le service. Il faut avoir les cheveux propres (courts, attachés ou relevés) et un rasage quotidien pour les hommes. Le port de bijoux est interdit. L'hygiène des mains est très importante, il faut se couper les ongles régulièrement et se laver les mains fréquemment (selon la nécessité).



## 5.2 L'hygiène des mains

Le véhicule le plus fréquent de transmission de microorganismes de patient à patient, de patient au personnel ou du personnel au patient sont les mains. Cela signifie que les mains sont le principal vecteur de transmission des microorganismes responsables d'infections nosocomiales.

Une bonne hygiène des mains en hôpital est donc la mesure la plus simple et la plus efficace pour prévenir les infections nosocomiales.

Il existe trois types de lavage des mains en hôpital : le lavage simple, le traitement hygiénique par friction avec un produit hydro-alcoolique et la désinfection chirurgicale par friction.

Efficacité comparée des techniques d'hygiène des mains

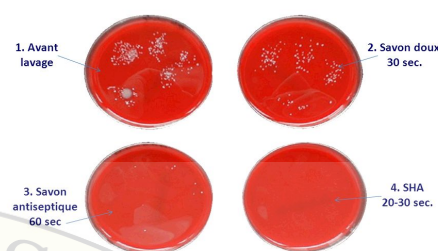


Figure 22 - Comparaison de l'efficacité de l'hygiène de mains

### 5.2.1 Le lavage simple des mains

Le lavage simple des mains a pour but d'éliminer les souillures des mains, c'est à dire d'éliminer les salissures visibles, mais également de réduire la flore transitoire par action mécanique.

Il doit être effectué lorsque les mains sont visiblement souillées mais également au début et à la fin du service, avant un repas, après s'être mouché et après avoir utilisé les toilettes.

Ce lavage dure environ 1 minute et se réalise en plusieurs étapes avec un savon neutre.

La première étape consiste à se mouiller les mains avec de l'eau tiède. Ensuite, prendre du savon et se savonner les mains pendant au moins 20 secondes, y compris les espaces interdigitaux. Puis, se rincer les mains et les



Figure 23 - Lavage simple des mains

sécher avec des serviettes en papier à usage unique. Enfin, refermer le robinet avec la serviette avant de l'éliminer.

### 5.2.2 Lavage des mains par friction avec un produit hydro-alcoolique

Le traitement hygiénique par friction des mains avec un produit hydro-alcoolique a pour but de désinfecter les mains. Cela signifie diminuer la flore commensale (résidante) des mains et éliminer la flore transitoire récemment acquise au contact avec un patient, son environnement ou encore de matériel contaminé.

Il doit être effectué avant et après contact avec un patient, il doit donc être fait avant d'entrer et en sortant de la chambre du patient. Il doit également être fait avant un geste invasif ou aseptique tel qu'un prélèvement ou une injection, ainsi qu'après toute exposition à des liquides biologiques.

Les produits hydro-alcooliques ne doivent pas être utilisés sur des mains visiblement souillées, humides ou montrant des lésions.

Ce lavage dure au moins 30 secondes et les différentes étapes citées ci-dessous doivent être répétées jusqu'au séchage complet des mains.

La désinfection à la solution hydro-alcoolique est une procédure simple et rapide. On prend une dose de solution hydro-alcoolique dans la paume de la main, ensuite on frictionne les mains pendant au moins 30 secondes pour étendre le produit sur toute la surface des mains, puis on laisse sécher les mains.

La friction est réalisée en 7 points et renouvelée autant de fois que possible dans la durée impartie. Cette durée sera d'au moins 20 secondes et à définir en fonction du produit.

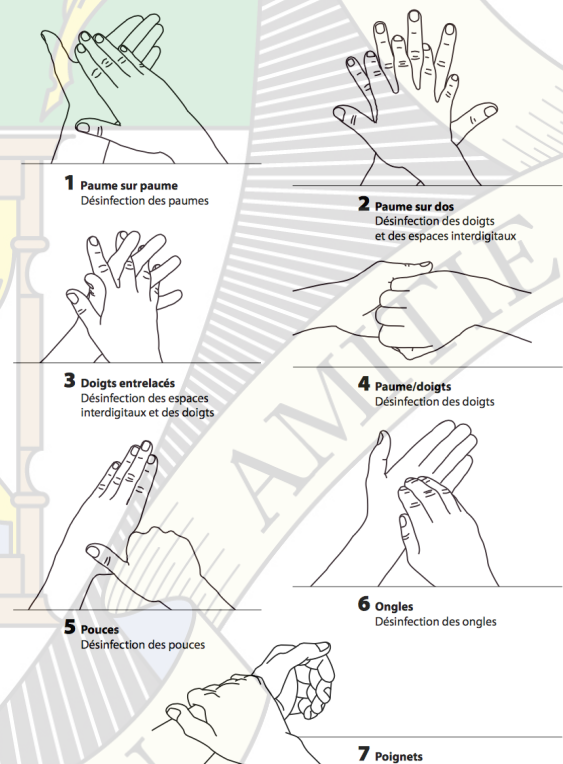


Figure 24 - Désinfection des mains avec une solution hydro-alcoolique

### 5.2.3 Le lavage chirurgical des mains

La désinfection chirurgicale par friction a un objectif similaire à celui du traitement hygiénique par friction. Cependant, il cherche à éliminer la flore transitoire et à diminuer significativement la flore commensale des mains, contrairement au lavage avec une

solution hydro-alcoolique qui agit principalement sur la flore transitoire mais que peu sur la flore commensale.

Il doit être effectué avant chaque acte invasif à haut risque tel que la pose d'un cathéter central, et avant un acte chirurgical.

Ce lavage se déroule avant d'entrer dans un bloc opératoire, et doit durer au moins 5 minutes.

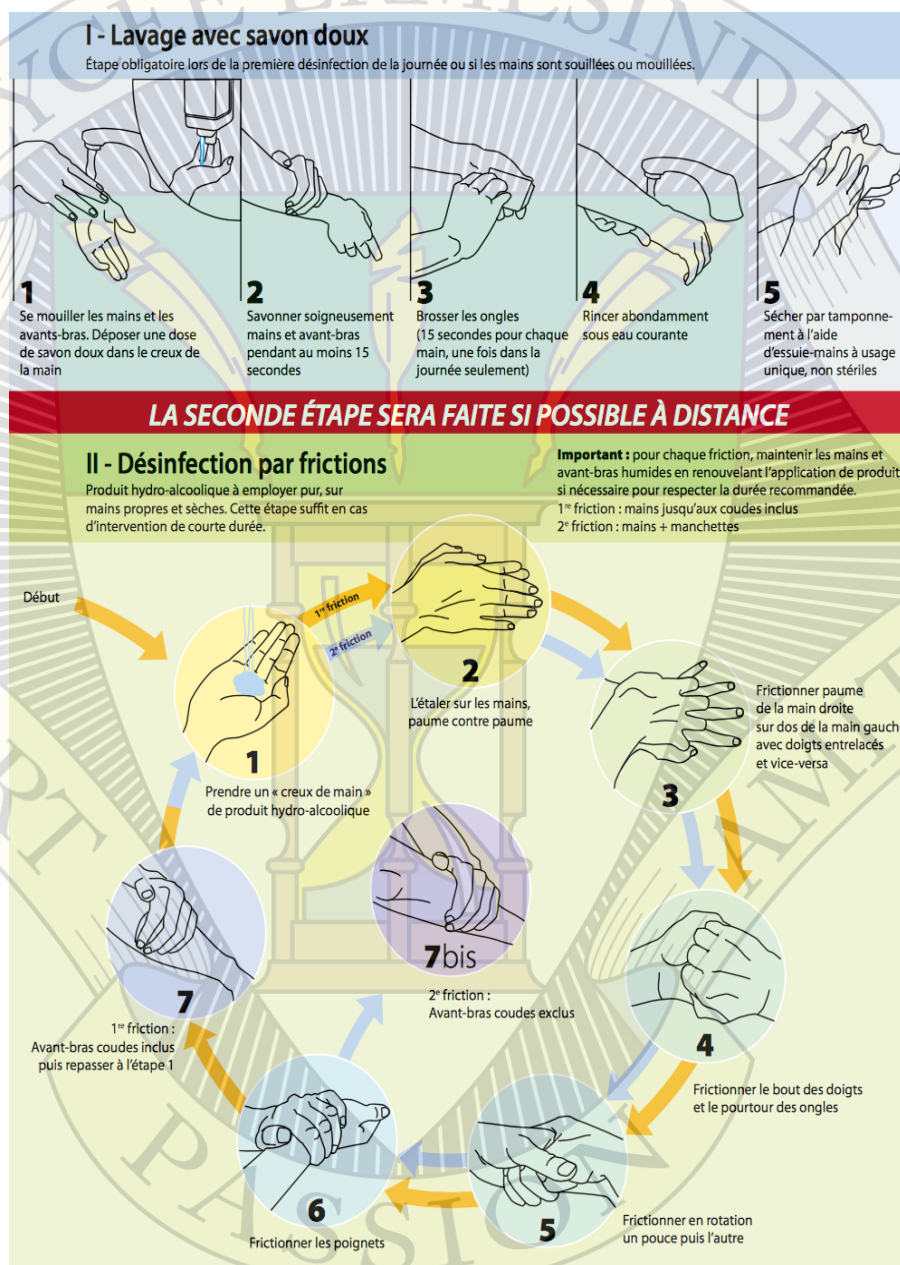


Figure 25 - Lavage chirurgical des mains



### 5.3 L'hygiène vestimentaire

Au niveau de l'hygiène vestimentaire, le port de la tenue professionnelle est obligatoire. En ce qui concerne les infirmiers, brancardiers, sages femmes, etc., elle doit être ample avec de courtes manches, lavable à haute température et non-allergisante. Elle est d'utilisation individuelle et doit être changée quotidiennement.

Des chaussures fermées, lessivables adaptées et réservées à l'usage professionnel sont obligatoires.

En cas de nécessité, le port de tenues de protection tels que les surblouses, masques, coiffes et surchaussures est obligatoire.



Figure 26 - Tenue vestimentaire de base

Enfin le port de gants non stériles à usage unique a pour objectif de protéger les mains du personnel soignant de l'exposition à des sécrétions et liquides biologiques ainsi que de limiter le risque de contamination des mains par des microorganismes transmissibles. De plus, ces gants ont pour but de réduire le risque de contamination lorsqu'un infirmier se pique au cours d'une prise de sang, par exemple, chez un patient porteur d'une hépatite B ou C.

Il est préconisé dans certaines situations :

- Lors du contact avec du sang, des muqueuses, de la peau lésée ou de produits d'origine humaine.
- Lors de la manipulation de linges ou de matériel souillé.
- Lors de la présence de lésions sur les mains du soignant.

Les gants à usage unique doivent être changés entre deux patients et entre deux activités. Les gants ne remplacent cependant pas le lavage approprié des mains qui doit être réalisé avant la mise des gants s'il y a contact avec un patient et après le retrait des gants.

Le port de gants stériles à usage unique est préconisé pour tout acte invasif et opératoire. Il permet de réaliser des procédures aseptiques et opératoires.

## 5.4 Hygiène des locaux

Les règles d'hygiène concernant l'entretien des locaux, des sols et des surfaces sont réalisées à l'aide de produits adaptés au résultat recherché. Les microorganismes étant assez résistants et invisibles, il existe plusieurs différences et nuances dans la propreté nécessaire d'un établissement.

Il existe deux types de nettoyage.

Le nettoyage simple a pour but d'éliminer les salissures. Pour ce nettoyage, on utilise un produit détergeant (produit nettoyant ne contenant pas d'agent antimicrobien).

Le bionettoyage est pratiqué dans des zones à risque comme, par exemple, le bloc opératoire ou la chambre de patients infectieux. Ce bionettoyage a pour but de 'réduire momentanément la biocontamination d'une surface'. Ce résultat est obtenu en combinant le nettoyage avec un produit détergent, puis l'évacuation de la salissure et des produits utilisés et enfin l'application d'un désinfectant. Le bionettoyage est adapté au niveau de risque de la zone en question.

## 5.5 Les désinfectants et les antiseptiques

Les désinfectants et les antiseptiques sont des produits chimiques antimicrobiens. Ils ont la capacité de tuer les microorganismes ou d'inhiber leur croissance.

Les désinfectants sont utilisés pour les matières inertes telles que les sols ou le matériel médical. Les antiseptiques sont utilisés sur les tissus vivants, tels que la peau saine, les muqueuses ou les plaies.

Les désinfectants et les antiseptiques ont une action momentanée et ne permettent pas d'éviter une nouvelle contamination ni d'empêcher la prolifération naturelle des microorganismes. Ils doivent donc régulièrement être réappliqués.

### 5.5.1 Le mode d'action des désinfectants et des antiseptiques

Certains désinfectants et antiseptiques ont la capacité d'inhiber la croissance des microorganismes. Dans le cas des bactéries, on parle alors d'une action bactériostatique. D'autres ont la capacité d'éliminer ces microorganismes, on parle d'action bactéricide pour les bactéries.

Certains produits peuvent, selon la concentration utilisée, avoir les deux actions.

Dans la grande majorité des cas, plus la concentration est élevée, plus le produit a un effet létal.

Il y a trois principaux modes d'action que peuvent avoir les antiseptiques et les désinfectants :

- Ils peuvent altérer de manière irréversible la paroi bactérienne ou la membrane cytoplasmique des microorganismes.
- Ils peuvent inhiber certains enzymes nécessaires à la survie des microorganismes.
- Ils peuvent dénaturer les protéines et l'ADN, c'est-à-dire modifier leur structure spatiale en trois dimensions, les rendant non fonctionnelles.

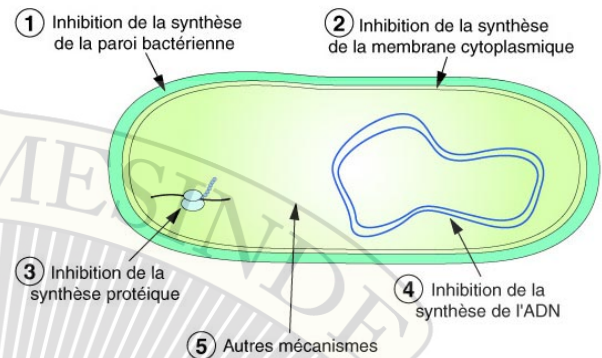


Figure 27 - Sites d'action des désinfectants et antibiotiques

Les désinfectants agissent le plus souvent par dénaturation des protéines et ont un mode d'action peu spécifique. Ils ne peuvent pas être utilisés chez l'homme et les animaux car ils n'agissent pas uniquement sur les protéines du microorganisme ciblé, mais également sur l'organisme traité.

Certains antiseptiques ont un mode d'action plus spécifique. Leur toxicité plus faible permet leur utilisation chez l'homme et les animaux de manière localisée.

Il existe plusieurs familles d'antiseptiques et de désinfectants classées en fonction de leur mode d'action sur les microorganismes :

Familles	Exemples	Cible et mode d'action	Remarques
ALCOOLS	Ethanol, Isopropanol	Dénaturation des protéines cytoplasmiques et membranaires, inhibition de la synthèse des acides nucléiques et des protéines	présence d'eau nécessaire à l'activité (utilisation d'alcool 70%) / ↓ activité par matières biologiques
ALDEHYDES	Formaldehyde	Altération de la paroi cellulaire, inhibition de la synthèse des acides nucléiques et des protéines	↓ activité par matières biologiques
AMMONIUMS QUATERNAIRES	Benzalkonium	Liaison aux acides gras et groupes phosphates de la membrane cellulaire → fuite de constituants cellulaires et lyse de la cellule	↓ activité par matières biologiques, savons et oxydants
BIGUANIDES	Chlorhexidine	Liaison aux acides gras et groupes phosphates de la membrane cellulaire → fuite de constituants cellulaires, coagulation du cytosol	↓ activité par matières biologiques et savons
HALOGENES CHLORES ET IODES	Hypochlorite de sodium (Javel, Dakin) PVP-iodé	Destruction des protéines membranaires et chromosomiques (halogénéation)	↓ activité par matières biologiques et savons / dégradation par rayons UV
OXYDANTS	Peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée)	Production de radicaux libres qui interagissent avec les lipides, protéines et ADN	↓ activité par matières biologiques



Comme on peut l'observer sur ce tableau récapitulatif, les différents groupes de désinfectants et d'antiseptiques agissent sur plusieurs niveaux de la cellule. En milieu hospitalier, l'antiseptique le plus couramment utilisé est la solution hydro-alcoolique. Elle est utilisée en permanence par le personnel soignant pour éviter une contamination transmise par les mains. On l'utilise pour son large spectre d'action, sa simplicité et rapidité d'utilisation, ainsi que pour sa tolérance cutanée. En effet d'autres antiseptiques ne pourraient pas être appliquées aussi répétitivement que les solutions hydro-alcooliques.

Les solutions hydro-alcooliques ont plusieurs actions, d'une part, elles sont tout d'abord absorbées par la paroi bactérienne et parviennent ainsi à atteindre la membrane cytoplasmique, laquelle se perfore augmentant la perméabilisation. Cela permet de facilement pénétrer dans la cellule, où elle inhibe la synthèse des protéines et de l'acide nucléique.

En plus de la concentration, il y a un certain nombre de facteurs qui peuvent influencer l'action des produits :

- Le temps de contact : l'action du produit augmente si le temps de contact augmente
- La température : plus la température est élevée, plus le produit est efficace
- Le pH augmente ou diminue l'action du produit selon la famille de ce produit
- La présence de matières biologiques telles que le sang ou l'urine diminue l'action du produit, sauf pour les phénols.
- La présence de savon diminue l'action de nombreux produits

### 5.5.2 Le spectre d'action

Le spectre d'action représente l'ensemble des microorganismes sensibles à l'action d'un désinfectant ou d'un antiseptique.

Familles	Spectre d'activité							
	Gram+	Gram -	Mycobactéries	Levures	Moisissures	Virus nus	Virus enveloppés	Spores
ALCOOLS	+	+	+	+/-	+/-	+/-	+	-
ALDEHYDES	+	+	+	+	+	+	+	+
AMMONIUMS QUATERNAIRES	+	+/-	-	+	+	+/-	+	-
BIGUANIDES	+	+	+/-	+	+/-	+/-	+	-
HALOGENES CHLORES ET IODES	+	+	+	+	+	+	+	+
OXYDANTS : DESINFECTION	+	+	+	+	+	+	+	+
OXYDANTS : ANTISEPSIE	+	+	-	+	+	+/-	+	-

**+** produits actifs

**+/-** produits inconstamment actifs

**-** produits inactifs

(Remarques : Aldéhydes, désinfection uniquement ; Halogénés et iodés, antiseptie uniquement)<sup>1</sup>

Comme on peut l'observer sur le tableau ci-dessus, les bactéries et les virus enveloppés sont sensibles à toutes les familles de désinfectants et d'antiseptiques.

Pour les autres microorganismes, il va falloir choisir un produit adapté en fonction du type de désinfection, respectivement antiseptie envisagée, ainsi que de l'objectif à atteindre.

L'objectif correspond au niveau de désinfection recherché (haut, moyen ou bas).

Pour bien choisir le produit à utiliser, il faut donc être en connaissance du type de microorganisme auquel on est confronté. Malheureusement, cela n'est pas toujours le cas. Dans ces situations, il vaut mieux recourir à des produits à large spectre pour couvrir un maximum de microorganismes.

### 5.5.3 Résistance aux antiseptiques et désinfectants

#### 5.5.3.1 La résistance intrinsèque des bactéries

On parle de résistance intrinsèque si cette résistance est due à la structure même du microorganisme, contrairement à la résistance acquise.

Chez les bactéries, c'est la paroi (voir chapitre Bactéries, paroi) qui est le facteur principal de résistance. Cela est dû au fait que la plupart des désinfectants et antiseptiques agissent sur la membrane de la cellule et doivent donc traverser la paroi bactérienne.

Les bactéries à Gram négatif, tels que *Pseudomonas aeruginosa*, sont donc plus résistantes que les bactéries à Gram positif tel que *Clostridium difficile*.

Les mycobactéries telles que *Mycobacterium tuberculosis* possèdent une membrane très épaisse et sont donc encore plus résistantes aux antiseptiques et désinfectants.

Une autre forme de résistance intrinsèque est la formation de biofilms, une communauté de bactéries sur une surface adhérente entre-elles et protégée par une matrice adhérente. Les bactéries se trouvant au centre d'un biofilm sont résistantes aux antibiotiques du fait qu'elles sont inaccessibles à ces antibiotiques.

---

<sup>1</sup> Pour spectre d'action détaillé voir : [http://www.hpci.ch/files/formation/hh\\_desinfect-antisept.pdf](http://www.hpci.ch/files/formation/hh_desinfect-antisept.pdf)

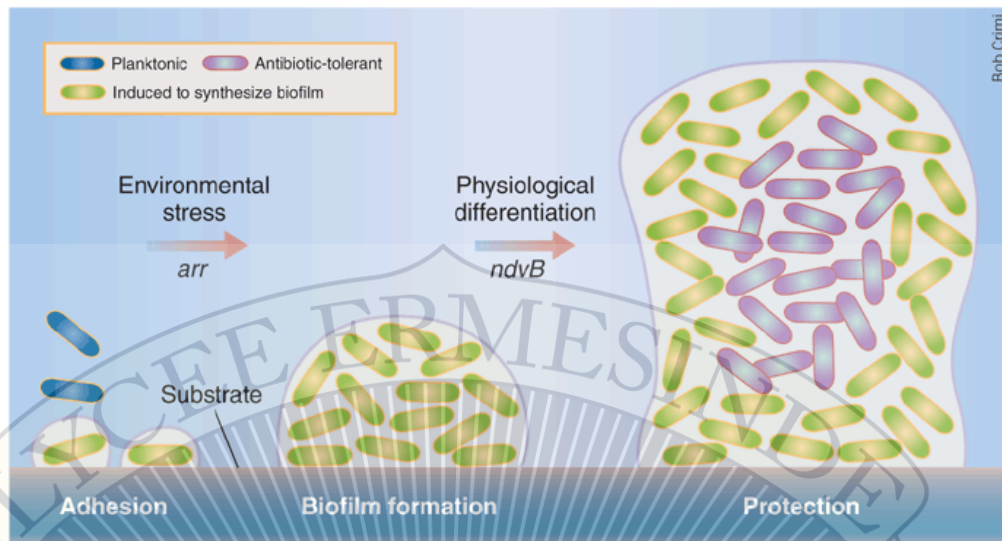


Figure 28 - Formation et résistance du biofilm

Les spores bactériennes montrent la plus importante résistance aux désinfectants et antiseptiques due à la structure de leur enveloppe extérieure.

#### 5.5.3.2 La résistance acquise des bactéries

Une résistance acquise est le développement d'une résistance suite à un changement génétique dans la cellule, comme par exemple une mutation. Ce développement est moins fréquent que le développement de résistance aux antibiotiques, c'est probablement le cas grâce aux multiples sites d'actions des désinfectants et antiseptiques.

La résistance acquise peut se développer suite à plusieurs types de modifications à l'intérieur de la bactérie. Elle résulte généralement de changements au niveau génétique, soit par mutation, soit par l'acquisition d'un plasmide porteur d'un ou de plusieurs gènes de résistance. Un plasmide est une molécule d'ADN, généralement circulaire, ne faisant pas partie du matériel génétique chromosomal de la cellule. Il n'est pas indispensable à la survie de la cellule mais il peut cependant contenir des informations cruciales pour la résistance, il peut par exemple modifier la perméabilité de l'enveloppe cellulaire en modifiant les porines, ou encore, favoriser l'extrusion active des substances antimicrobiennes par un mécanisme appelé efflux actif.

Un critère important de la résistance liée à un plasmide est la capacité des bactéries de transmettre ce plasmide d'une bactérie à l'autre par l'intermédiaire de pili sexuels. Ce mécanisme est appelé la conjugaison bactérienne.



## 5.6 Les règles d'hygiène liées aux spécificités des patients

Les mesures d'hygiène peuvent varier selon l'état du patient ou des soins qu'il nécessite. Selon les cas spécifiques, il faut appliquer différentes mesures qui sont généralement affichées sur la porte de la chambre du patient en question.

Ces précautions supplémentaires ayant pour but d'éviter la transmission de microorganismes pathogènes s'additionnent aux précautions standard et sont cruciales, notamment pour maîtriser des infections par des bactéries multirésistantes telles que MRSA.

J'ai ici plusieurs images des affiches présentes devant chaque chambre montrant les différents types de mesure d'hygiène à prendre avant de pénétrer dans la chambre.

Je vais expliquer le contenu de ces affiches informatives à l'aide des informations qu'il m'a communiquées. Ces différentes affiches représentent les mesures les plus courantes à l'hôpital.

Les affiches rappellent la procédure à respecter en quittant la chambre : si les mains sont souillées elles doivent être lavées avec de l'eau et du savon. Elles rappellent également qu'il faut toujours se désinfecter les mains avec une solution hydro-alcoolique.

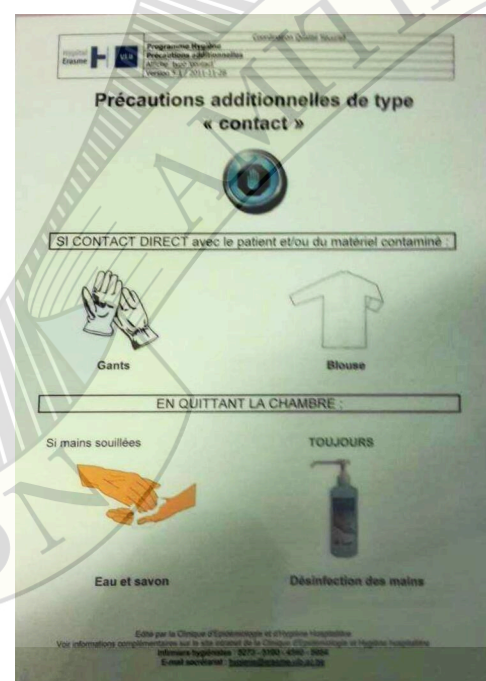
La première affiche indique : Précautions additionnelles de type « contact »

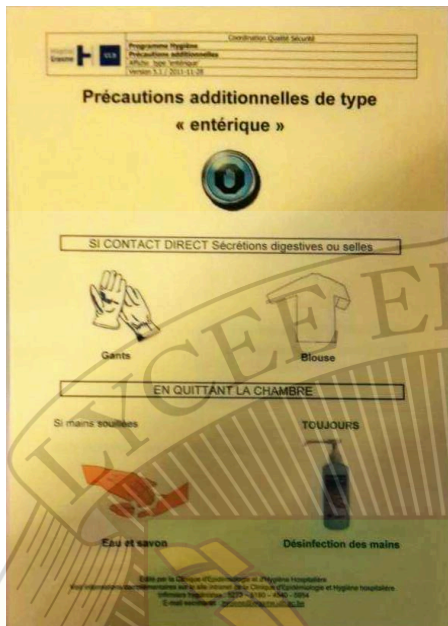
Elle indique que le port de gants médicaux et d'une blouse (surblouse) est obligatoire s'il y a contact direct avec le patient ou avec du matériel souillé.

Ces précautions sont nécessaires chez des patients colonisés par un microorganisme transmissible dont la transmission se fait principalement par les mains, ou par des objets de l'environnement direct du patient.

Dans le cas où le patient est colonisé par du SARM, on utilise une affiche similaire (orange)

indiquant la de mettre un masque chirurgical lors de toute activité risquant une aérosolisation (dispersion dans l'air de liquide ou solide de taille microscopique). Cela inclut, le changement de pansement, la réfection du lit et les soins respiratoires.





La deuxième affiche indique : Précautions additionnelles de type « entérique »

Ces mesures sont prises pour prévenir la transmission d'agents d'entérites (agents responsables d'inflammations de l'intestin grêle) qui se propagent par transmission oro-fécale. Cela signifie que ces précautions sont nécessaires s'il y a un contact avec des sécrétions digestives ou des selles. Elle indique que le port de gants médicaux et d'une blouse (surblouse) est obligatoire.

Ce genre de précautions est par exemple nécessaire chez un patient avec une récurrence de colite à

*Clostridium difficile*. *C. difficile* est un bacille Gram positif principalement responsable pour des diarrhées nosocomiales chez les patients sous antibiotiques.

La troisième affiche indique : Précautions additionnelles de type « aérien »

Cette mesure est nécessaire s'il y a un risque de transmission par voie aérienne, notamment si les agents pathogènes sont véhiculés par des fines particules qui peuvent rester en suspension pendant de longues périodes.

L'affiche rappelle que le port d'un masque filtrant et la désinfection des mains avec un produit hydro-alcoolique est obligatoire avant de pénétrer la chambre du patient.

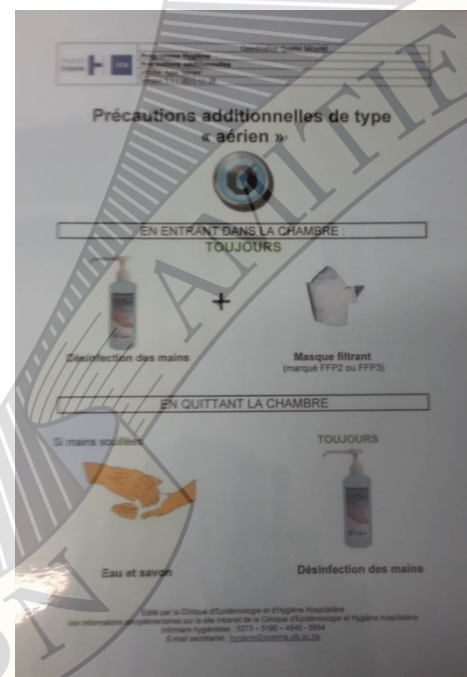


Figure 29 - Masque filtrant

Le masque filtrant est un masque spécifique muni d'un dispositif filtrant destiné à protéger le porteur contre l'inhalation d'agents infectieux transmissibles par voie aérienne, ainsi que la transmission par gouttelettes du patient au personnel et vice versa.



La quatrième affiche indique : Précautions additionnelles de type « strict »

Ces précautions sont à prendre chez des patients à haut risque de développer des infections. Ces précautions sont également destinées aux situations où la transmission peut se faire par plusieurs moyens. Elles cumulent les précautions de type contact et de type aérien.

Sur l'image du milieu on peut observer une personne traitant un patient avec des graves brûlures et donc à haut risque d'infection car il y a une perte de la continuité de la peau et donc de défense naturelle qu'est la barrière cutanée.

L'affiche (gauche) indique que le port des gants, d'une surblouse et d'un masque anti-projections est obligatoire en entrant dans la chambre du patient.



Le masque anti-projection (de type chirurgical) a pour but d'éviter la projection de sécrétions provenant des voies aériennes supérieures ou de salive du porteur, qui pourraient contenir des agents infectieux transmissibles (par gouttelettes ou fines particules aéropoortées) tel que c'est le cas pour la tuberculose.



Figure 30 - masque chirurgical



## 6 Conclusion

Tout au long de ce mémoire, j'ai essayé de répondre à la question : est-ce que le savoir en microbiologie a permis de réduire la transmission de maladies infectieuses dans le milieu hospitalier.

Afin de répondre à cette question, j'ai commencé par m'intéresser à cette science qu'est la microbiologie. C'est dans ce cadre que j'ai introduit les débuts du développement de cette science et ai montré son évolution au cours du temps afin de comprendre l'état actuel de nos connaissances à ce sujet.

En m'intéressant aux microorganismes, j'ai décidé de me concentrer sur les bactéries, vu que celle-ci représentent de loin le groupe le plus significatif des microorganismes, surtout au niveau clinique. Pour encore mieux comprendre la relation entre bactéries et infections nosocomiales, j'ai décidé de me concentrer sur les deux bactéries majoritairement responsables d'infections hospitalières : *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*.

J'ai montré les différents modes de transmission des microorganismes pour mieux comprendre comment les infections nosocomiales peuvent survenir, et quels sont les sujets qui sont à risque de s'infecter. Il est important de connaître et de comprendre ces mécanismes pour pouvoir lutter contre.

Enfin, je me suis penché sur les modes de prévention des infections nosocomiales.

J'ai décidé de ne pas me concentrer sur leur traitement car cela n'est pas d'une importance majeure pour pouvoir répondre à ma question initiale.

J'ai donc pu constater que la prévention des infections nosocomiales passe par une hygiène hospitalière rigoureuse, notamment par un lavage des mains, par des mesures d'isolement des personnes infectées et par un usage adéquat d'antibiotiques.

Des protocoles sur ces mesures d'hygiène sont appliqués dans les hôpitaux et autres centres de soins et sont régulièrement révisés afin de rester les plus efficaces possibles, en fonction de l'évolution de nos connaissances en la matière. L'OMS dicte également régulièrement des nouvelles mesures à appliquer.

La découverte des antibiotiques a donc été une étape déterminante dans le contrôle des maladies infectieuses et a permis de faire reculer la mortalité attribuable aux infections de la première à la troisième place au niveau mondial. Malheureusement, de plus en plus

de microorganismes commencent à développer des résistances à ces mêmes antibiotiques, suite à un usage abusif au cours des dernières années de ceux-ci. Cela est par exemple le cas d'une souche spécifique de *S. aureus* résistant à la méticilline (MRSA), une bactérie qui pose de nombreux problèmes actuellement dans nos hôpitaux.

C'est suite à cela, que de nombreuses campagnes de préventions ont été mise en place dans le monde, visant à informer la population de ne pas prendre d'antibiotiques si ce n'est pas nécessaire car de nombreuses personnes perçoivent encore les antibiotiques comme un remède miracle.

De nombreuses recherches sont régulièrement faites au sujet des infections nosocomiales afin de comprendre leur étiologie et pour pouvoir les contrôler, afin de diminuer la morbidité et la mortalité dans les hôpitaux. D'après l'enquête française de prévalence des infections nosocomiales on a pu constater une régression du nombre d'infections nosocomiales en France, mais ces études semblent également refléter l'évolution dans d'autres parties du monde.

Cela permet de conclure, que oui, notre compréhension des microorganismes a permis de réduire la transmission de maladies infectieuses dans le milieu hospitalier. Cette réduction du nombre d'infections nosocomiale est une avancée majeure pour la santé publique, cependant on est encore loin de l'objectif recherché par les institutions de santé et de contrôle épidémiologique, celui de zéro infections nosocomiales.

Actuellement, on affirme, qu'une partie non-négligeable des infections nosocomiales pourraient être évitées si on donnait d'avantage d'importance aux mesures d'hygiène déjà en vigueur.

## 7 Sources

Bourg, Geoffrey, étudiant en médecine.

Livres :

Campbell, Neil ; Reece, Jane, Biologie.  
Pearson, 7<sup>e</sup> édition (2007), 9<sup>e</sup> édition (2009)

Cooper, Geoffrey, La cellule.  
Une approche moléculaire : DeBoeck Université, 1<sup>e</sup> édition, 1999.

Debroise, Anne, Les maladies émergentes.  
Quand les virus voyagent, Paris : Petite encyclopédie Larousse, 2006.

Pommerville, Jeffrey, Alcamo's fundamentals of microbiology.  
Massachusetts : Jones and Bartlett publishers, 9<sup>e</sup> edition, 2011.

Wainstein, Jean-Pierre, Le Larousse médical.  
Paris : Larousse, 2009.

Internet:

Bouvet, Elisabeth, Enquête nationale de prévalence des infections nosocomiales 1996, URL :  
[http://invs.santepubliquefrance.fr/beh/1997/9736/beh\\_36\\_1997.pdf](http://invs.santepubliquefrance.fr/beh/1997/9736/beh_36_1997.pdf)  
(consulté le 02/09/16)

Davoust Pierre, La cellule bactérienne : écosociosystèmes, URL :  
[http://www.ecosociosystemes.fr/cellule\\_bacterienne.html](http://www.ecosociosystemes.fr/cellule_bacterienne.html)  
(consulté le 25/08/16)

Didier, Paul, La naissance de la microbiologie : Biologie amusante, URL :  
<http://www.didier-pol.net/1MICROB.html>  
(consulté le 25/08/16)

Fillon, Martin, L'évolution, la taxinomie et la diversité microbienne : Microbiologie, URL :  
[http://www8.umoncton.ca/umcm-filion\\_martin/cours/microbiologie/chapitre%2019.pdf](http://www8.umoncton.ca/umcm-filion_martin/cours/microbiologie/chapitre%2019.pdf)  
(consulté le 25/08/16)

Fonzo-Christe, Caroline, Désinfectants et antiseptiques, Hôpitaux Universitaires de Genève, URL :  
[http://pharmacie.hug-ge.ch/ens/conferences/bgcf\\_desinfection2009.pdf](http://pharmacie.hug-ge.ch/ens/conferences/bgcf_desinfection2009.pdf)  
(consulté le 02/09/16)



Lavigne, Jean-Phillipe, Escherichia coli : Université de Montpellier, URL :  
[http://www.med.univ-montpl.fr/enseignement/cycle\\_2/UE\\_agent\\_infectieux\\_hote/Ressources\\_locales/1\\_Interaction\\_hote-agent\\_infectieux/E\\_coli.pdf](http://www.med.univ-montpl.fr/enseignement/cycle_2/UE_agent_infectieux_hote/Ressources_locales/1_Interaction_hote-agent_infectieux/E_coli.pdf)  
(consulté le 02/09/16)

Lucet, Jean-Christophe, Infections nosocomiales : institut national de la santé et de la recherche médicale, URL :  
<http://www.inserm.fr/thematiques/immunologie-inflammation-infectiologie-et-microbiologie/dossiers-d-information/infections-nosocomiales>  
(consulté le 25/08/16)

Maurice Vincent, Anatomie fonctionnelle des bactéries : faculté de médecine Pierre et Marie Curie , URL :  
<http://www.chups.jussieu.fr/polys/bacterio/bacterio/POLY.Chp.1.2.html#ID-4>  
(consulté le 25/08/16)

Maurice Vincent, Escherichia coli : faculté de médecine Pierre et Marie Curie, URL :  
<http://www.chups.jussieu.fr/polys/bacterio/resistlacta/POLY.Chp.7.html>  
(consulté le 02/09/16)

Msadek, Tarek, Staphylocoque : Institut Pasteur, URL :  
<http://www.pasteur.fr/fr/institut-pasteur/presse/fiches-info/staphylocoque>  
(consulté le 02/09/16)

Phillipon, Alain, Morphologie (Anatomie – structure) : cours de bactériologie générale, URL :  
<http://www.microbes-edu.org/etudiant/anatomie.html>  
(consulté le 25/08/16)

Weill, François-Xavier, Escherichia coli : Institut Pasteur, URL :  
<http://www.pasteur.fr/fr/institut-pasteur/presse/fiches-info/escherichia-coli>  
(consulté le 02/09/16)

Internet, auteur inconnu:

Enquête nationale de prévalence des infections nosocomiales 2006, Institut de Veille Sanitaire, URL :  
[http://invs.santepubliquefrance.fr/publications/2009/enquete\\_prevalence\\_infections\\_nosocomiales/enquete\\_prevalence\\_infections\\_nosocomiales\\_vol1.pdf](http://invs.santepubliquefrance.fr/publications/2009/enquete_prevalence_infections_nosocomiales/enquete_prevalence_infections_nosocomiales_vol1.pdf)  
(consulté le 02/09/16)

Enquête nationale de prévalence des infections nosocomiales 2006, Institut de Veille Sanitaire, URL :  
[http://opac.invs.sante.fr/doc\\_num.php?explnum\\_id=7751](http://opac.invs.sante.fr/doc_num.php?explnum_id=7751)  
(consulté le 02/09/16)

Les modes de transmission : la chaîne de contagion, URL :  
[http://biologie.cmaisonneuve.qc.ca/epidemiologie/modes\\_de\\_transmission.html#v%E9hicule](http://biologie.cmaisonneuve.qc.ca/epidemiologie/modes_de_transmission.html#v%E9hicule)  
(consulté le 25/08/16)

Les modes de transmission et leur maîtrise : L'association des facultés de médecine au Canada, URL :

<http://phprimer.afmc.ca/Lapratiqeameliorerlasante/Chapitre11LaLutteContreLesMaladiesInfectieuses/Lesmodesdetransmissionetleurmatrise>

(consulté le 25/08/16)

L'infection nosocomiale : soins-infirmiers.com, URL :

[http://www.soins-infirmiers.com/infection\\_nosocomiale.php](http://www.soins-infirmiers.com/infection_nosocomiale.php)

(consulté le 25/08/16)

Microbiologie : Larousse (encyclopédie), URL :

<http://www.larousse.fr/encyclopedia/divers/microbiologie/70002>

(consulté le 25/08/16)

Internet, Wikipédia:

Agent infectieux : Article Wikipédia, URL :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Agent\\_infectieux](https://fr.wikipedia.org/wiki/Agent_infectieux)

(consulté le 25/08/16)

Antoni van Leeuwenhoek : Article Wikipédia, URL :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Antoni\\_van\\_Leeuwenhoek](https://fr.wikipedia.org/wiki/Antoni_van_Leeuwenhoek)

(consulté le 25/08/16)

Escherichia coli: Article Wikipédia, URL :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Escherichia\\_coli#Antig.C3.A8nes\\_somatiques\\_O](https://fr.wikipedia.org/wiki/Escherichia_coli#Antig.C3.A8nes_somatiques_O)

(consulté le 02/09/16)

Génération spontanée : Article Wikipédia, URL :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Génération\\_spontanée](https://fr.wikipedia.org/wiki/Génération_spontanée)

(consulté le 25/08/16)

Girolamo Fracastoro : Article Wikipédia, URL :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Girolamo\\_Fracastoro](https://fr.wikipedia.org/wiki/Girolamo_Fracastoro)

(consulté le 25/08/16)

Historique de la microbiologie : Wikiversity, URL :

[https://fr.wikiversity.org/wiki/Introduction\\_à\\_la\\_microbiologie/Historique\\_de\\_la\\_microbiologie](https://fr.wikiversity.org/wiki/Introduction_à_la_microbiologie/Historique_de_la_microbiologie)

(consulté le 25/08/16)

Infection nosocomiale: Article Wikipédia, URL :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Infection\\_nosocomiale](https://fr.wikipedia.org/wiki/Infection_nosocomiale)

(consulté le 25/08/16)

Infection virale : Article Wikipédia, URL :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Catégorie:Infection\\_virale](https://fr.wikipedia.org/wiki/Catégorie:Infection_virale)

(consulté le 25/08/16)

Microbiologie médicale: Article Wikipédia, URL :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Microbiologie\\_médicale](https://fr.wikipedia.org/wiki/Microbiologie_médicale)

(consulté le 25/08/16)

Micro-organisme : Article Wikipédia, URL :  
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Micro-organisme>  
(consulté le 25/08/16)

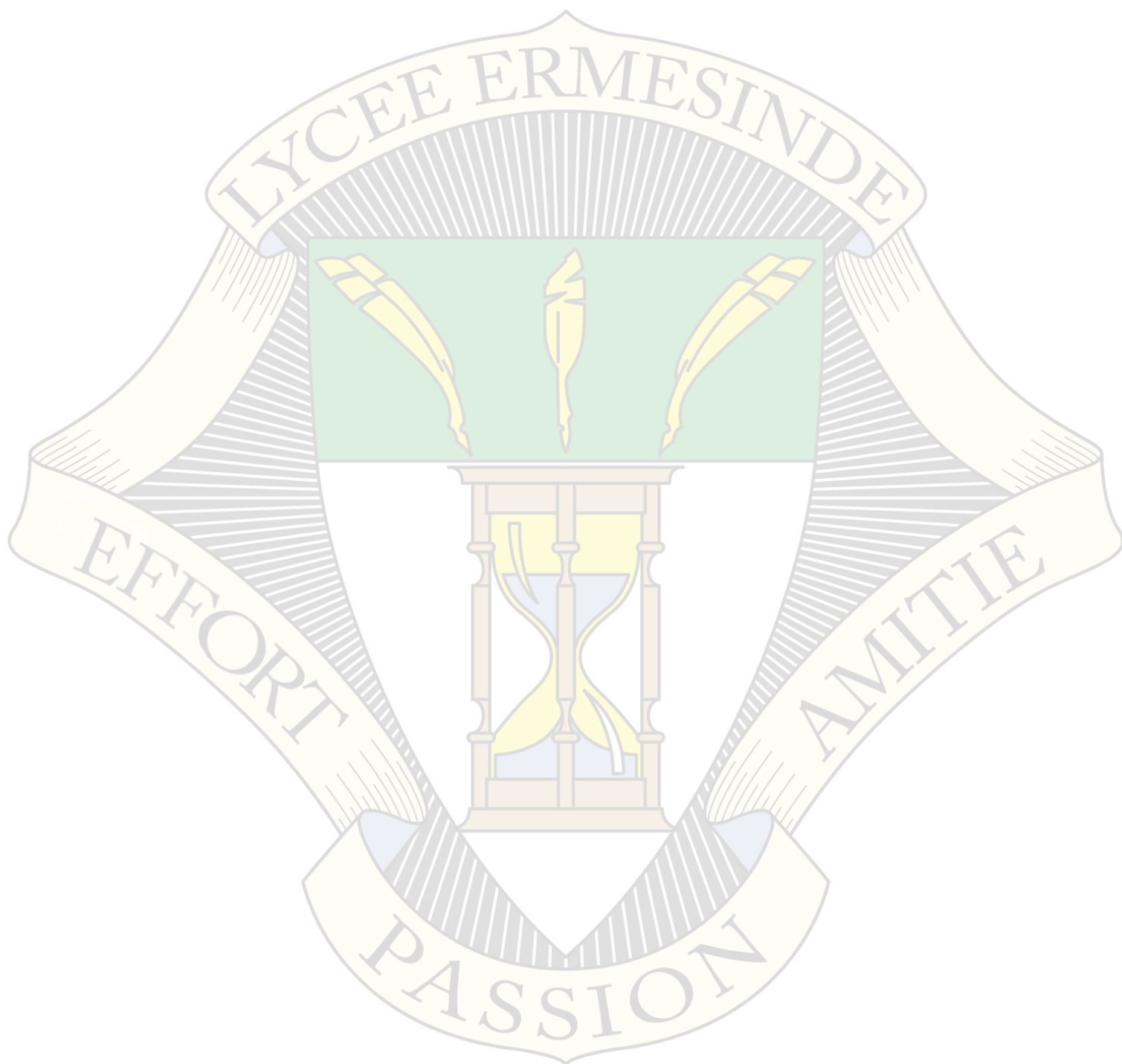




FIGURE 1 - MICROSCOPE OPTIQUE DE ANTONI VAN LEEUWENHOEK .....	8
<a href="http://www.podcastscience.fm/wp-content/uploads/2014/01/image5.jpg">HTTP://WWW.PODCASTSCIENCE.FM/WP-CONTENT/UPLOADS/2014/01/IMAGE5.JPG</a>	
FIGURE 2 - EXPERIENCE DE PASTEUR .....	10
<a href="http://edusofad.com/www/demo/wged-scp/demo/scie1m01e1.php">HTTP://EDUSOFAD.COM/WWW/DEMO/WGED-SCP/DEMO/SCIE1M01E1.PHP</a>	
FIGURE 3 - CAMPAGNE DE PREVENTION POUR L'UTILISATION D'ANTIBIOTIQUES .....	15
<a href="http://www.sante.public.lu/fr/publications/a/affect-antibio-bonbons-fr-de/affect-antibio-bonbons-fr.pdf">HTTP://WWW.SANTE.PUBLIC.LU/FR/PUBLICATIONS/A/AFF-ANTIBIO-BONBONS-FR-DE/AFF-ANTIBIO-BONBONS-FR.PDF</a>	
FIGURE 4 - MORPHOLOGIE DES BACTERIES.....	17
<a href="https://fr.wikipedia.org/wiki/Bacterie#/media/File:Bacterial_morphology_diagram_fr.svg">HTTPS://FR.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BACTERIE#/MEDIA/FILE:BACTERIAL_MORPHOLOGY_DIAGRAM_FR.SVG</a>	
FIGURE 5- COLORATION DE GRAM .....	18
<a href="http://www.futura-sciences.com/magazines/sante/infos/dossiers/d/medecine-bacteries-microbes-tout-genre-704/page/3/">HTTP://WWW.FUTURA-SCIENCES.COM/MAGAZINES/SANTE/INFOS/DOSSIERS/D/MEDECINE-BACTERIES-MICROBES-TOUT-GENRE-704/PAGE/3/</a>	
FIGURE 6 - OBSERVATION AU MICROSCOPE DE BACTERIES SUITE A LA COLORATION DE GRAM.....	18
<a href="http://www.geniebio.ac-aix-marseille.fr/biospip/spip.php?article252">HTTP://WWW.GENIEBIO.AC-AIX-MARSEILLE.FR/BIOSPIP/SPIP.PHP?ARTICLE252</a>	
FIGURE 7 - LA PAROI BACTERIENNE.....	19
<a href="http://www.sirtin.fr/2012/04/17/pourquoi-le-savon-nentraîne-pas-de-résistance-chez-les-bactéries/">HTTP://WWW.SIRTIN.FR/2012/04/17/POURQUOI-LE-SAVON-NENTRAINE-PAS-DE-RESISTANCE-CHEZ-LES-BACTERIES/</a>	
FIGURE 8 - E. COLI APRES COLORATION DE GRAM.....	20
<a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Escherichia_coli">HTTPS://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ESCHERICHIA_COLI</a>	
FIGURE 9- SCHEMA DE E. COLI .....	21
<a href="https://sharonhs-taxa-2013-p3.wikispaces.com/E.+COLI">HTTPS://SHARONHS-TAXA-2013-P3.WIKISPACES.COM/E.+COLI</a>	
FIGURE 10 - S. AUREUS APRES COLORATION DE GRAM, DISPOSITION EN AMAS.....	23
<a href="https://fr.wikipedia.org/wiki/Staphylococcus">HTTPS://FR.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/STAPHYLOCOCCUS</a>	
FIGURE 11 - CULTURE DE S. AUREUS, PIGMENTATION JAUNE INCONSTANTE LUI CONFERE SA COLORATION DOREE D'OU SON NOM DE STAPHYLOCOQUE DORE .....	23
<a href="http://www.microbiologyinpictures.com/bacteria-photos/staphylococcus-epidermidis-photos/staph-epidermidis-tsa.html">HTTP://WWW.MICROBIOLOGYINPICTURES.COM/BACTERIA-PHOTOS/STAPHYLOCOCCUS-EPIDERMIDIS-PHOTOS/STAPH-EPIDERMIDIS-TSA.HTML</a>	
FIGURE 12 - SEPARATION DES BACTERIES ET DES ARCHEES.....	26
<a href="http://www.podcastscience.fm/tag/archees/">HTTP://WWW.PODCASTSCIENCE.FM/TAG/ARCHEES/</a>	
FIGURE 13 - SARS CORONAVIRUS SOUS LE MICROSCOPE ELECTRONIQUE.....	26
<a href="http://e-sante.futura-sciences.com/_dictionnaire/vue-microscope-electronique-transmission.html">HTTP://E-SANTE.FUTURA-SCIENCES.COM/_DICTIONNAIRE/VUE-MICROSCOPE-ELECTRONIQUE-TRANSMISSION.HTML</a>	
FIGURE 14 - LEVURES SOUS LE MICROSCOPE ELECTRONIQUE.....	27
<a href="http://www.tomberdanslespoires.com/vinification-levure-de-boulangier.html">HTTP://WWW.TOMBERDANSLESPOIRES.COM/VINIFICATION-LEVURE-DE-BOULANGER.HTML</a>	
FIGURE 15 - CYCLE DE REPRODUCTION DU PLASMODIUM .....	31
<a href="https://www.cdc.gov/dpdx/malaria/index.html">HTTPS://WWW.CDC.GOV/DPDX/MALARIA/INDEX.HTML</a>	
FIGURE 16 - REGIONS ENDEMIQUES DE LA MALARIA, 1999 .....	32
<a href="http://www.chu-charleroi.be/travelclinic/maladies/malariaLong.asp">HTTP://WWW.CHU-CHARLEROI.BE/TRAVELCLINIC/MALADIES/MALARIALONG.ASP</a>	
FIGURE 17 - REPARTITION DES INFECTIONS NOSOCOMIALES PAR SITE INFECTIEUX, FRANCE, 2006 .....	36
<a href="http://invs.santepubliquefrance.fr/publications/2009/enquete_prevalence_infections_nosocomiales/enquete_prevalence_infections_nosocomiales_vol1.pdf">HTTP://INVS.SANTEPUBLIQUEFRANCE.FR//PUBLICATIONS/2009/ENQUETE_PREVALENCE_INFECTIONS_NOSOCOMIALES/ENQUETE_PREVALENCE_INFECTIONS_NOSOCOMIALES_VOL1.PDF</a>	

FIGURE 18 - DISTRIBUTION DES MICROORGANISMES RESPONSABLES D'INFECTIONS URINAIRES, FRANCE, 2006.....	36
<a href="http://invs.santepubliquefrance.fr/publications/2009/enquete_prevalence_infections_nosocomiales/enquete_prevalence_infections_nosocomiales_vol1.pdf">HTTP://INVS.SANTEPUBLIQUEFRANCE.FR//PUBLICATIONS/2009/ENQUETE_PREVALENCE_INFECTIONS_NOSOCOMIALES/ENQUETE_PREVALENCE_INFECTIONS_NOSOCOMIALES_VOL1.PDF</a>	
FIGURE 19 - DISTRIBUTION DES MICROORGANISMES RESPONSABLES D'INFECTIONS DU SITE OPERATOIRE, FRANCE, 2006 .....	<b>ERREUR ! LE SIGNET N'EST PAS DEFINI.</b>
<a href="http://invs.santepubliquefrance.fr/publications/2009/enquete_prevalence_infections_nosocomiales/enquete_prevalence_infections_nosocomiales_vol1.pdf">HTTP://INVS.SANTEPUBLIQUEFRANCE.FR//PUBLICATIONS/2009/ENQUETE_PREVALENCE_INFECTIONS_NOSOCOMIALES/ENQUETE_PREVALENCE_INFECTIONS_NOSOCOMIALES_VOL1.PDF</a>	
FIGURE 20 - DISTRIBUTION DES MICROORGANISMES RESPONSABLES DE PNEUMOPATHIES, FRANCE, 2006 .....	<b>ERREUR ! LE SIGNET N'EST PAS DEFINI.</b>
<a href="http://invs.santepubliquefrance.fr/publications/2009/enquete_prevalence_infections_nosocomiales/enquete_prevalence_infections_nosocomiales_vol1.pdf">HTTP://INVS.SANTEPUBLIQUEFRANCE.FR//PUBLICATIONS/2009/ENQUETE_PREVALENCE_INFECTIONS_NOSOCOMIALES/ENQUETE_PREVALENCE_INFECTIONS_NOSOCOMIALES_VOL1.PDF</a>	
FIGURE 21 - MICROORGANISMES RESPONSABLES D'INFECTIONS NOSOCOMIALES, FRANCE, 2006 ...	<b>ERREUR ! LE SIGNET N'EST PAS DEFINI.</b>
<a href="http://invs.santepubliquefrance.fr/dossiers-thematiques/maladies-infectieuses/infections-associees-aux-soins/surveillance-des-infections-associees-aux-soins-ias/surveillance-en-prevalence/enp-2006-2001-1996">HTTP://INVS.SANTEPUBLIQUEFRANCE.FR//DOSSIERS-THEMATIQUES/MALADIES-INFECTIONNEUSES/INFECTIONS-ASSOCIEES-AUX-SOINS/SURVEILLANCE-DES-INFECTIONS-ASSOCIEES-AUX-SOINS-IAS/SURVEILLANCE-EN-PREVALENCE/ENP-2006-2001-1996</a>	
FIGURE 22 - COMPARAISON DE L'EFFICACITE DE L'HYGIENE DE MAINS .....	42
<a href="http://images.slideplayer.fr/26/8860968/slides/slide_26.jpg">HTTP://IMAGES.SLIDEPLAYER.FR/26/8860968/SLIDES/SLIDE_26.JPG</a>	
FIGURE 23 - LAVAGE SIMPLE DES MAINS .....	42
<a href="http://www.sante.dz/guide_hygiene_mains.pdf">HTTP://WWW.SANTE.DZ/GUIDE_HYGIENE_MAINS.PDF</a>	
FIGURE 24 - DESINFECTION DES MAINS AVEC UNE SOLUTION HYDRO-ALCOOLIQUE .....	43
<a href="http://www.sf2h.net/publications-sf2h/sf2h_recommandations_hygiene-des-mains-2009.pdf">HTTP://WWW.SF2H.NET/PUBLICATIONS-SF2H/SF2H_RECOMMANDATIONS_HYGIENE-DES-MAINS-2009.PDF</a>	
FIGURE 25 - LAVAGE CHIRURGICAL DES MAINS.....	44
<a href="http://www.sf2h.net/publications-sf2h/sf2h_recommandations_hygiene-des-mains-2009.pdf">HTTP://WWW.SF2H.NET/PUBLICATIONS-SF2H/SF2H_RECOMMANDATIONS_HYGIENE-DES-MAINS-2009.PDF</a>	
FIGURE 26 - TENUE VESTIMENTAIRE DE BASE .....	45
<a href="http://www.blouseblanche.net/15-pantalon-medical">HTTP://WWW.BLOUSEBLANCHE.NET/15-PANTALON-MEDICAL</a> <a href="http://www.cdiseout.com/livres-bd/r-blouse+medicale.html#_his_">HTTP://WWW.CDISCOUNT.COM/LIVRES-BD/R-BLOUSE+MEDICALE.HTML#_HIS_</a>	
FIGURE 27 - SITES D'ACTION DES DESINFECTANTS ET ANTIBIOTIQUES.....	47
<a href="http://pharmacieledepoulle.com/blog/tag/antibiogramme/">HTTP://PHARMACIEDELEPOULLE.COM/BLOG/TAG/ANTIBIOGRAMME/</a>	
FIGURE 28 - FORMATION ET RESISTANCE DU BIOFILM .....	<b>ERREUR ! LE SIGNET N'EST PAS DEFINI.</b>
<a href="http://www.nature.com/nbt/journal/v23/n11/fig_tab/nbt1105-1378_F1.html">HTTP://WWW.NATURE.COM/NBT/JOURNAL/V23/N11/FIG_TAB/NBT1105-1378_F1.HTML</a>	
FIGURE 29 - MASQUE FILTRANT .....	52
<a href="https://www.logismarket.fr/singer-freres/demi-masque-respiratoire-filtrant/2202800126-2655340634-p.html">HTTPS://WWW.LOGISMARKET.FR/SINGER-FRERES/DEMI-MASQUE-RESPIRATOIRE-FILTRANT/2202800126-2655340634-P.HTML</a>	
FIGURE 30 - MASQUE CHIRURGICAL.....	53
<a href="http://www.easyparapharmacie.com/orgakiddy-masque-anti-projection-adulte-blanc-sachets-de-5.html#">HTTP://WWW.EASYPARAPHARMACIE.COM/ORGAKIDDY-MASQUE-ANTI-PROJECTION-ADULTE-BLANC-SACHETS-DE-5.HTML#</a>	

Ce mémoire aborde le sujet des infections nosocomiales qui représentent un problème majeur dans nos hôpitaux. Comprendre leur origine est essentiel pour pouvoir lutter contre. Les responsables de ces infections hospitalières sont les microorganismes, étudiés par la microbiologie. La majorité des infections nosocomiales sont causées par des bactéries. Savoir comment elles peuvent migrer d'un individu à l'autre est essentiel pour pouvoir interrompre leur propagation. Les mesures que nous appliquons actuellement pour contrer ce problème sont principalement regroupées en ce que nous appelons l'hygiène.

L'hygiène hospitalière, et bien sur les antibiotiques, ont-ils permis de réduire la transmission des maladies infectieuses en milieu hospitalier ?

