

# LE CORONAVIRUS ET CES MICROBES QU'IL NOUS FAUT COMBATTRE,

Première Édition

ÉDITEURS: Michel Goldman, Alain Fischer et Paul-Henri Lambert  
PUBLIÉ DANS: Frontiers for Young Minds





# frontiers

## FOR YOUNG MINDS

### Déclaration de droits d'auteur du livre électronique de Frontiers

Le texte des articles individuels de ce livre électronique est la propriété de leurs auteurs respectifs ou de leurs institutions ou bailleurs de fonds respectifs et peuvent être protégés par des droits d'auteur. Les éléments graphiques ou visuels et des images contenus dans chaque article peuvent être sujets aux droits d'auteur d'autres parties. Dans les deux cas, tous droits d'auteur font l'objet d'une licence accordée à Frontiers.

La compilation des articles constituant ce livre électronique est la propriété exclusive de Frontiers.

Chaque article de ce livre électronique, et le livre électronique lui-même, sont publiés sous la version la plus récente de la licence Creative Commons CC-BY. La version en vigueur à la date de publication de ce livre électronique est CC-BY 4.0. Si la licence CC-BY devait être mise à jour, la licence accordée par Frontiers serait automatiquement mise à jour pour s'aligner sur la version la plus récente.

Dans l'exercice de tout droit attribué par la licence CC-BY, Frontiers doit être crédité comme l'éditeur original de l'article ou du livre électronique, selon le cas.

Il incombe aux auteurs de s'assurer que tous les éléments graphiques ou autres éléments qui sont la propriété de tiers peuvent donner lieu à licence dans les conditions de la licence CC-BY avant soumission pour publication par Frontiers. Toute mention de droits d'auteur relative à ces éléments doit être respectée.

Les mentions de droits d'auteur et d'attribution de l'œuvre originale ne peuvent être supprimées et doivent figurer dans toute copie, œuvre dérivée ou copie partielle du matériel ou du contenu protégés.

Tous droits d'auteur, et tous les droits y afférents, sont protégés par des lois nationales et internationales sur les droits d'auteur. Ce qui précède ne représente qu'un résumé. Pour obtenir davantage d'informations, veuillez lire les conditions d'utilisation du site web et la déclaration de droits d'auteur de Frontiers, ainsi que les termes de la licence CC-BY applicable.

ISSN 2296-6846

ISBN 978-2-88974-211-0

DOI 10.3389/978-2-88974-211-0

# ÉDITION FRANÇAISE DU LIVRET ÉLECTRONIQUE "HOW TO FIGHT HARMFUL MICROBIAL BUGS AND SUPERBUGS?"

En accès libre à l'adresse : <https://www.doi.org/10.3389/978-2-88971-466-7>

**Citation:** Fischer, A., Goldman, M., Lambert, P.-H., eds. (2022). How to Fight Harmful Microbial Bugs and Superbugs? Lausanne: Frontiers Media SA.  
doi: 10.3389/978-2-88971-466-7

# LE CORONAVIRUS ET CES MICROBES QU'IL NOUS FAUT COMBATTRE, Première Édition

Éditeurs:

**Michel Goldman**, Université libre de Bruxelles, Belgique

**Alain Fischer**, Collège de France

**Paul-Henri Lambert**, Université de Genève, Suisse

La pandémie COVID-19 nous a d'abord rappelé à quel point nous sommes vulnérables face aux virus issus du monde animal. Elle nous a ensuite démontré le rôle-clé des vaccins pour limiter les ravages qu'ils causent.

De nouvelles maladies infectieuses ne manqueront pas de menacer à nouveau les êtres humains dans les décennies à venir. Ce sont les enfants et adolescents d'aujourd'hui qui seront en première ligne pour les combattre. L'objectif de cette collection d'articles est de susciter leur intérêt pour la science qui leur permettra d'affronter ces pandémies du futur.

**Citation:** Goldman, M., Fischer, A., Lambert, P.-H., eds. (2022). Le coronavirus et ces microbes qu'il nous faut combattre. Lausanne: Frontiers Media SA.  
doi: 10.3389/978-2-88974-211-0

# Table des matières

- 05 Les Vaccins Anti-COVID-19 : Comment Cela Marche ?**  
Loïc De Doncker, Charlotte Martin et Michel Goldman
- 12 Comprendre la COVID-19**  
Gabriela Gama Freire Alberca, Iara Grigoletto Fernandes, Maria Notomi Sato and Ricardo Wesley Alberca  
Hilde Stevens et Marie Neunez  
*Traduction adaptée : Charlotte Martin*
- 22 Les vaccins, ces piqûres qui nous protègent**  
Marie Neunez, Michel Goldman, Sylvie Goldman and Paul-Henri Lambert  
*Traduction adaptée : Marie Neunez*
- 29 La vaccination des femmes enceintes : protéger les bébés avant leur naissance**  
Kirsten Maertens, Marjolein Orije and Elke Leuridan  
*Traduction adaptée : Loïc De Doncker*
- 37 La confiance, une clé indispensable au succès des vaccins**  
Laura Spinney  
*Traduction adaptée : Caroline Van Swieten et Michel Goldman*
- 41 Pourquoi la vaccination contre la rougeole est-elle si importante ?**  
Emma Slack, Markus Arnoldini, Daniela Latorre, Selma Aslani, Valentina Biagioli, Tania Cruz, Naomi Elina Dünki, Antonia Chiara, Jeanne Eichelberg, Matthias Goldiger, Nicole Howald, Giovanni Marastoni, Thierry Marti, Vega Peterhans, Lavanja Selvakumar and Anna Winterberg  
*Traduction adaptée : Charlotte Martin*
- 50 Les vaccins contre les méningites : une révolution technologique**  
Simone Pecetta, Vega Massignani, Mariagrazia Pizza and Rino Rappuoli  
*Traduction adaptée: Loïc De Doncker*
- 58 Le papillomavirus humain: des cancers évitables par la vaccination**  
Marie Neunez, Hilde Stevens, Susan Nassif et Pierre Smeesters  
*Traduction adaptée: Marie Neunez*
- 67 Vaccins et anticorps : des armes dans la lutte contre le virus Ebola**  
Patrice Debré, Marie Neunez and Michel Goldman  
*Traduction adaptée : Patrice Debré*
- 76 La résistance antimicrobienne : une histoire de méchants ennemis et d'armes puissantes**  
Maria Letícia Bonatelli, Laura Maria Andrade Oliveira and Tatiana Castro Abreu Pinto  
Fabiola Vacca, Dario Cardamone, Marco Troisi, Claudia Sala and Rino Rappuoli  
*Traduction adaptée : Charlotte Martin*

# LES VACCINS ANTI-COVID-19 : COMMENT CELA MARCHE ?

## Auteurs

**Loïc De Doncker, Charlotte Martin et Michel Goldman**

**Université libre de Bruxelles, Belgium**

## RÉSUMÉ

Le virus SARS-CoV-2 est la cause de la maladie appelée COVID-19 et est le responsable d'une pandémie encore en cours. Historiquement, depuis son invention, la vaccination a toujours été le meilleur moyen de combattre les épidémies de maladies contagieuses. En temps normal, il faut au moins 10 ans pour fabriquer un vaccin contre un nouveau microbe. En effet, il faut d'abord le fabriquer, prouver qu'il n'est pas dangereux et qu'il est efficace, puis le fabriquer en quantité nécessaire pour de grandes populations. Vu l'ampleur de la pandémie et le fait que le SARS-CoV-2 ressemblait à certains virus déjà connus, les scientifiques ont réussi à fabriquer un vaccin rapidement. Ainsi, à peine un an après l'arrivée du virus SARS-CoV-2, la vaccination a pu démarrer et grâce à cela, de nombreuses personnes sont aujourd'hui protégées contre les formes sévères de COVID-19.

Il existe plusieurs sortes de vaccins. Pour le vaccin anti-COVID-19, ce sont les techniques à ARN messager et à vecteur viral qui ont d'abord été disponibles. Des vaccins anti-COVID-19 utilisant d'autres techniques vaccinales seront bientôt dans nos pays. De nouveaux défis attendent les scientifiques qui font face aujourd'hui à de nouveaux SARS-CoV-2, appelés « variants », qui pourraient résister à la vaccination. La durée de protection après la vaccination, ou le nombre de doses nécessaire pour être bien protégé contre la COVID-19 sont aussi des données en évolution actuellement.

## COMMENT UN VACCIN ANTI-COVID-19 PEUT-IL NOUS AIDER DANS CETTE PANDÉMIE ?

Depuis décembre 2019, le virus SARS-CoV-2 s'est répandu à travers le monde. La maladie causée par ce virus est appelée COVID-19. Ce virus a entraîné une vague de décès et d'hospitalisations comme l'humanité n'en avait plus connus depuis l'arrivée du VIH (virus de l'immunodéficience humaine) il y a plus de 40 ans. Il existe 2 moyens de lutter contre une maladie contagieuse : diminuer la transmission entre les individus et traiter la maladie. Le virus SARS-CoV-2 se transmet surtout par les voies respiratoires, par exemple en toussant ou en parlant avec quelqu'un. Un bon moyen d'éviter la transmission de ce virus est de diminuer les contacts entre les gens par un confinement, un couvre-feu ou en gardant ses distances avec

les autres. Porter un masque est aussi un bon moyen d'empêcher le virus de se répandre. Cependant, les confinements et les couvre-feux ne peuvent être maintenus car la vie sociale est indispensable à l'être humain. Pour traiter la maladie, on cherche des médicaments qui combattent directement le virus, appelés antiviraux, et aussi des médicaments qui diminuent l'inflammation causée par le virus. On a déjà trouvé plusieurs médicaments assez efficaces mais aucun qui n'arrive à guérir toutes les personnes malades. Alors comment pourrait-on combattre à la fois la transmission et la maladie ? Par la vaccination ! De nombreuses équipes de scientifiques du monde entier travaillent sur la fabrication de vaccins qui permettraient de vivre (nous l'espérons) comme avant l'arrivée du virus SARS-CoV-2.

## **COMMENT FABRIQUE-T-ON UN NOUVEAU VACCIN ? COMMENT A-T-ON FABRIQUÉ LES VACCINS ANTI-COVID-19 AUSSI RAPIDEMENT ?**

La première étape de la recherche pour fabriquer un nouveau vaccin consiste à identifier une cible du virus qui sera utilisée pour stimuler notre système immunitaire. La cible est appelée antigène. Pour l'identifier comme cible, il faut une certaine connaissance du virus. Dans le cas du SARS-CoV-2, la cible qui a été choisie est la protéine Spike, cette excroissance du virus qui lui permet de pénétrer dans nos cellules. Dès que l'on connaît la cible, elle devient l'élément essentiel du vaccin. On ajoute parfois des substances dans le vaccin, appelées adjuvants, qui réveillent le système immunitaire pour que le vaccin soit encore plus efficace et que l'efficacité dure plus longtemps.

En général, la fabrication d'un nouveau vaccin prend 10 à 15 ans. Pourtant, des vaccins contre le SARS-CoV-2 ont pu être proposés à la population après seulement 12 mois et il y a encore plusieurs dizaines de candidats-vaccins qui sont actuellement en train de passer les phases de vérifications. Comment expliquer une telle rapidité ?

Pour cela, il faut remonter en 2002 et en 2012. Ces deux années avaient été marquées par des épidémies causées par d'autres coronavirus (des cousins du SARS-CoV-2), le SARS-CoV-1 et le MERS-CoV, en Asie et au Moyen-Orient. Depuis, beaucoup de scientifiques travaillent sur un vaccin anti-coronavirus pour éviter une nouvelle vague d'infections. Et par chance, le SARS-CoV-2 ressemble beaucoup à ses cousins : par exemple, la protéine Spike, la cible choisie pour être l'élément essentiel du vaccin, est quasi identique chez le SARS-CoV-1 et le SARS-CoV-2. Les chercheurs ont donc pu gagner un temps précieux au début de la pandémie en identifiant rapidement cette cible.

En 2009, il y a eu une autre pandémie d'un virus appelé 'grippe H1N1' mais qui, heureusement, était très peu virulent. Cette pandémie a aussi été un signal d'alerte important pour les scientifiques et pour les autorités et a permis de nombreuses avancées en terme de surveillance d'apparition de nouveaux virus, de tests diagnostiques ou encore de techniques vaccinales.

C'est vrai que les premiers vaccins anti-COVID-19 ont été fabriqués rapidement. Mais comme pour tous les médicaments et même en situation d'urgence, les vaccins anti-COVID-19 n'ont pas échappé à une règle essentielle : avant qu'un vaccin puisse être mis à disposition de la population, il faut vérifier qu'il est efficace pour prévenir la maladie et qu'il n'est pas dangereux. Ces conditions ont été parfaitement remplies pour les vaccins anti-COVID-19 actuellement disponibles dans nos pays. De plus, après le début de l'utilisation d'un vaccin/médicament dans une population, il y a toujours une phase où des agences spécialisées et indépendantes continuent à surveiller les éventuels effets secondaires pendant plusieurs années de façon à s'assurer que cette sécurité se maintient sur le long terme (c'est ce qu'on appelle 'la pharmacovigilance').

## COMMENT FONCTIONNENT LES VACCINS ANTI-COVID-19 ?

Le principe d'un vaccin, c'est de préparer notre organisme à se défendre contre un microbe s'il venait à nous infecter. Les vaccins agissent en entraînant le système immunitaire à se défendre efficacement contre un envahisseur, et les vaccins anti-COVID-19 fonctionnent sur le même principe.

Les vaccins ne fonctionnent pas tous de la même manière et chaque technique de fabrication a des avantages et des inconvénients. Prenons deux exemples : les vaccins vivants atténués, comme celui contre les oreillons, et les vaccins protéiques, comme celui contre le tétanos. Quand on vaccine avec un vaccin vivant atténué, on introduit dans le corps une forme affaiblie mais vivante des virus ou des bactéries contre lesquels on veut protéger la personne. Ces vaccins sont très efficaces mais peuvent donner des effets secondaires à la personne vaccinée de façon assez fréquente. Si on vaccine avec un morceau de virus, comme dans les vaccins protéiques, cela n'entraîne pas ou peu d'effets secondaires mais c'est moins efficace. Il faut alors parfois y ajouter un adjuvant pour améliorer la protection. L'adjuvant peut aussi entraîner des effets secondaires comme de la fièvre ou des courbatures dans les jours qui suivent le vaccin.

Les principaux vaccins anti-COVID-19 reposent sur quatre techniques différentes.

Les vaccins à ARN messager et les vaccins à vecteur viral reposent sur des techniques qui permettent de fabriquer des vaccins très facilement et très rapidement. Or, dans le cadre d'une pandémie qui touche des millions de gens, il est urgent de développer un vaccin le plus vite possible.

Qu'est-ce qu'un vaccin à ARN messager ?

L'ARN messager est comme un mode d'emploi du virus. Il s'agit d'une molécule très fragile, elle se désintègre très rapidement. Jusqu'à récemment il était impossible de l'utiliser à cause de cette fragilité mais récemment, des scientifiques ont mis au point un composant (appelé nanoparticule lipidique, petite bulle de graisse) qui protège l'ARNm de la désintégration pour qu'il puisse être utilisé dans des médicaments et des vaccins. Quand on est vacciné avec

l'ARNm du virus, ce mode d'emploi de la protéine Spike (la cible choisie, l'antigène) va être capté par les cellules du bras vacciné, qui vont produire la protéine Spike pendant quelques heures. Nos cellules ne fabriquent que des protéines Spike, pas le virus entier car elles n'en ont pas le mode d'emploi. Quand les protéines Spike sont relâchées, notre corps pense que c'est un vrai coronavirus et se défend en fabriquant des anticorps et des cellules-tueuses spécialisées ; il est donc prêt en cas d'attaque réelle du SARS-CoV-2.

Qu'est-ce qu'un vaccin à vecteur viral ?

En médecine, un vecteur, c'est quelque chose qui peut transporter un microbe d'un être vivant à un autre. Les vaccins à vecteur viral fonctionnent un peu comme les vaccins à ARN, en utilisant la même cible. La différence la plus importante est qu'au lieu d'utiliser une bulle de graisse, le mode d'emploi se trouve dans un virus entier, appelé vecteur. Ce virus n'est évidemment absolument pas dangereux pour l'homme, il ne sert que de transporteur puis est immédiatement détruit.

Ces deux types de vaccins, arrivés un an après le début de la pandémie, ont l'immense avantage d'être très efficaces contre les formes graves de COVID-19, celles qui mènent à l'hospitalisation ou pire. Par contre, ils semblent n'être que partiellement efficaces pour éviter de transmettre l'infection.

Des vaccins basés sur la protéine Spike et basés sur le SARS-CoV-2 entier inactivé seront très prochainement disponibles en Belgique.

Qu'est-ce qu'un vaccin à protéine Spike recombinante ?

Ces vaccins sont basés sur la protéine Spike produite artificiellement en laboratoire. Cette protéine est mélangée dans ces vaccins avec un produit adjuvant. La protéine, directement injectée par la vaccination, est captée par le système immunitaire, qui se met en marche pour se défendre.

C'est une technologie utilisée dans des vaccins connus et administrés depuis plusieurs dizaines d'années.

Qu'est-ce qu'un vaccin à virus entier inactivé ?

Ces vaccins sont basés sur le virus SARS-CoV-2 inactivé par un traitement chimique qui le rend totalement inoffensif. Il s'agit d'une technologie ancienne utilisée notamment dans le vaccin contre la grippe. Dans certains de ces vaccins anti-COVID-19, un adjuvant est ajouté au virus inactivé pour stimuler plus efficacement le système immunitaire.

Ces quatre types de vaccin anti-COVID-19 sont bien tolérés. Les effets secondaires fréquents sont peu graves et disparaissent en quelques jours, comme la douleur à l'endroit de la vaccination ou des courbatures, maux de tête, parfois un peu de fièvre. Les complications

graves sont tout à fait exceptionnelles. Pour les vaccins à ARN messagers, notons de très rares réactions allergiques, de très rares inflammations du cœur, qui n'ont pas entraîné de complication grave.

Pour les vaccins à vecteur viral, on a noté la survenue exceptionnelle de caillots sanguins dans des vaisseaux du cerveau. C'est pourquoi ces vaccins sont actuellement beaucoup moins utilisés.

Dans un futur proche, d'autres vaccins vont arriver. Il y a entre autres beaucoup d'espoir placé dans les vaccins que l'on pourrait pulvériser dans le nez. En effet, cela pourrait améliorer les défenses à l'endroit même où l'on attrape le virus.

## COMBIEN DE TEMPS DURE LA PROTECTION QUAND ON EST VACCINÉ ? COMBIEN DE DOSES DE VACCIN FAUT-IL POUR ETRE PROTÉGÉ ?

La durée pendant laquelle nous sommes protégés d'une maladie par un vaccin est différente en fonction du vaccin utilisé. Par exemple, le vaccin contre la fièvre jaune nous protège presque toute la vie alors que celui contre la grippe ne nous protège que pour un an. Comme c'est le cas pour la plupart des vaccins, la protection après la vaccination anti-COVID-19 diminue au cours du temps, car la mémoire de notre système immunitaire n'est pas infinie. La diminution d'efficacité est d'autant plus rapide que la personne vaccinée est âgée, ou avec un système immunitaire plus faible. L'apparition des variants du SARS-CoV-2, qui résistent aux défenses immunitaires fabriquées par le vaccin, est une autre cause de la diminution d'efficacité des vaccins. Si la cible a changé, les vaccins fonctionnent moins bien car le système immunitaire vise un peu à côté de sa cible ou ne reconnaît même plus la cible. Cette résistance n'est en général pas totale et peut être surmontée au moins partiellement par un rappel du vaccin.

Jusqu'à l'arrivée du variant Omicron (en décembre 2021), tous les vaccins protégeaient efficacement contre les formes sévères de COVID-19, qui nécessitent une hospitalisation. Vis-à-vis du variant Omicron, un rappel par un vaccin à ARN messager est indispensable pour garantir cette protection.

Les rappels de vaccin sont importants pour maintenir la protection à l'égard du virus. Le rythme auquel ces rappels devront être administrés dépendra du type de vaccin et des variants du virus en circulation.

Les scientifiques travaillent actuellement sur de nouveaux vaccins qui pourraient nous protéger plus longtemps et contre tous les variants, présents et futurs.

## GLOSSAIRE

- **Vaccin** : médicament administré à une personne pour entraîner le système immunitaire d'une personne à se défendre contre une maladie causée par un micro-organisme particulier.

- **Antigène** : morceau d'un micro-organisme qui sert de cible pour les défenses du corps.
- **Adjuvant** : substance administrée avec l'antigène qui réveille le système immunitaire pour que le vaccin soit encore plus efficace et que l'efficacité dure longtemps.
- **ARN messager** : photocopie du matériel génétique du virus qui peut servir d'antigène et d'adjuvant dans un vaccin, alors appelé vaccin à ARN messager.
- **Vecteur viral** : virus inoffensif utilisé pour transporter l'antigène d'un vaccin, alors appelé vaccin à vecteur viral.
- **Variants du SARS-CoV-2** : descendants des coronavirus du début de la pandémie qui peuvent comporter des différences par rapport au virus de départ.

## FIGURES

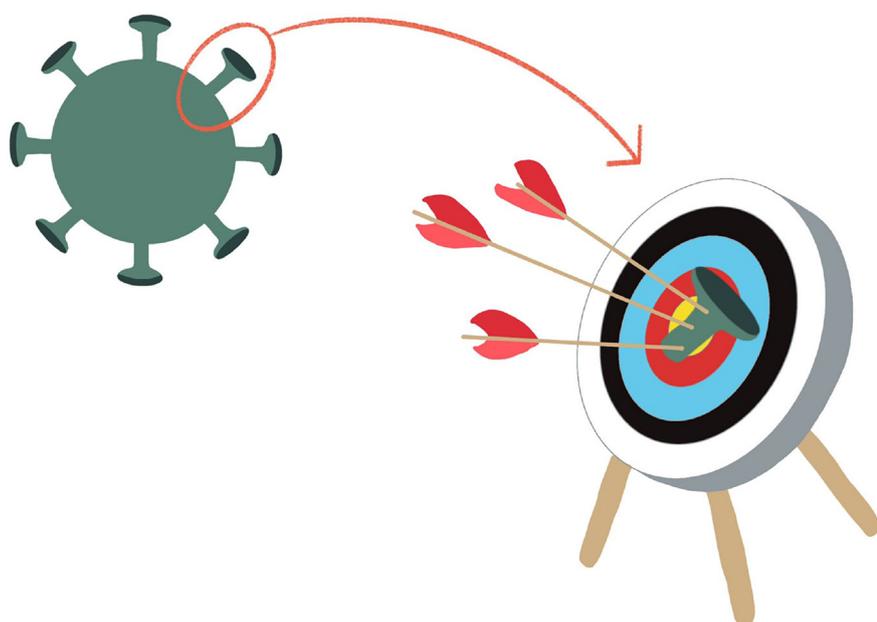
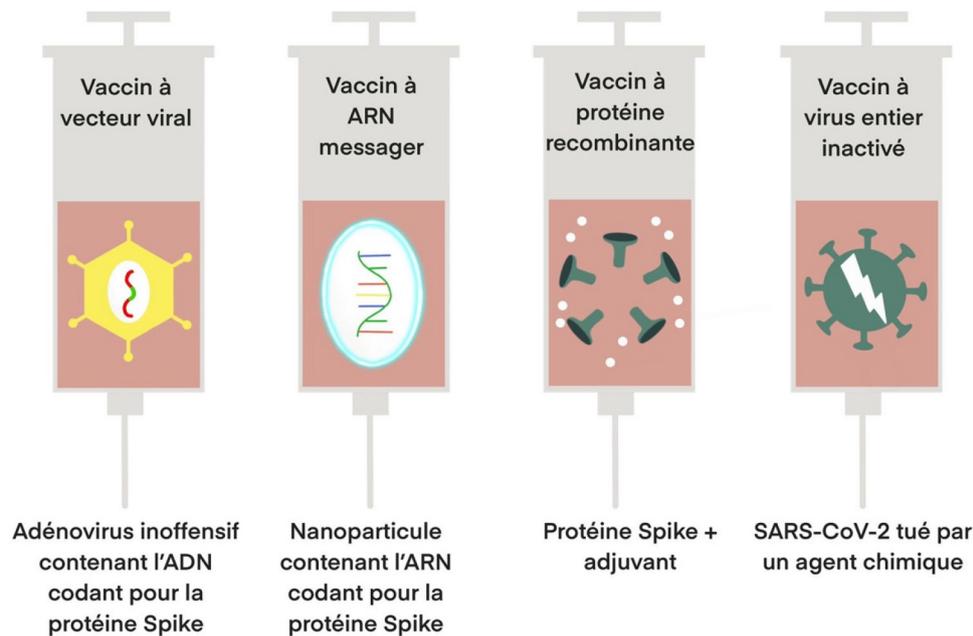


Figure 1 - La protéine Spike exprimée à la surface du SARS-CoV-2 est la cible du virus contenue dans les vaccins anti-COVID-19



Légende:



ADN codant pour la protéine Spike



Protéine Spike



Virus entier inactivé



ARN codant pour la protéine Spike



Adjuvant

Figure 2 – Les différents vaccins anti-COVID-19.

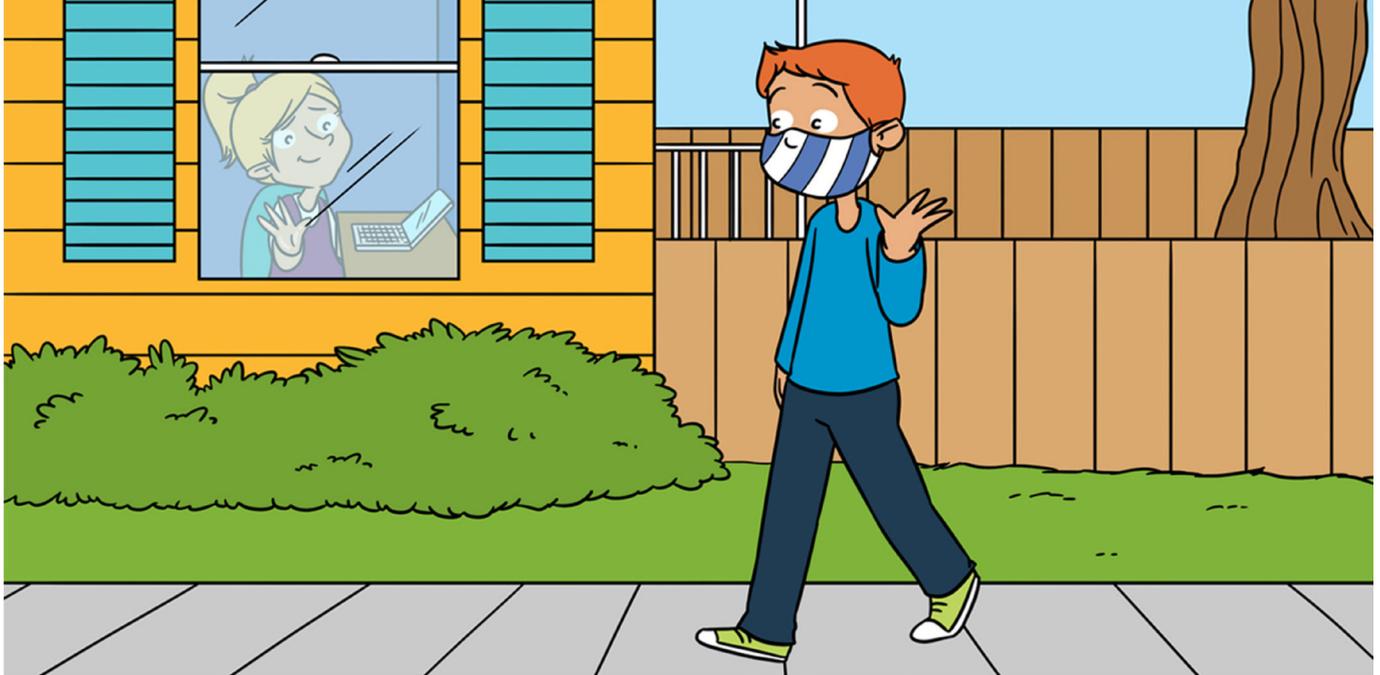
Les vaccins anti-COVID19 reposent sur 4 technologies principales : (1) le vaccin à vecteur viral contenant l'ADN codant pour la protéine Spike ; (2) le vaccin à ARN messager (ARNm) : contenu dans des nanoparticules lipidiques, l'ARNm guide la synthèse de la protéine Spike ; (3) le vaccin à protéine Spike recombinante, contenant un adjuvant stimulant les réponses immunes ; (4) le vaccin à virus entier inactivé contenant le virus SARS-CoV-2 préalablement tué.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions Sophie Grignard pour la préparation des illustrations.

**Note de l'éditeur :** Cet article n'a pas été publié dans le journal Frontiers for Young Minds mais a été spécialement préparé pour la première édition française de "Le coronavirus et ces microbes qu'il nous faut combattre".

# What Is COVID-19?



## Authors



Gabriela Gama Freire Alberca



Lara Grigoletto Fernandes



Maria Notomi Sato



Ricardo Wesley Alberca

## Young Reviewers



Marina



Miriam

# COMPRENDRE LA COVID-19

## RÉSUMÉ

COVID-19, est le nom de la maladie causée par un virus nommé SARS-CoV-2 (abréviation de Coronavirus 2 du Syndrome respiratoire aigu sévère). Le premier rapport concernant ce nouveau virus est venu de Wuhan, en Chine, en novembre 2019. Ensuite, ce virus s'est répandu dans le monde entier, on parle donc de 'pandémie'. Cette infection virale peut provoquer de la fièvre, de la toux, de la fatigue, un essoufflement et, dans certains cas, de la diarrhée. L'infection provoque généralement des symptômes légers chez les enfants et les adolescents, mais elle

peut être mortelle pour les personnes âgées. Ce virus peut se transmettre très facilement d'une personne à l'autre, il est donc important de comprendre comment prévenir sa propagation. Les moyens les plus efficaces sont de se couvrir la bouche quand on tousse ou éternue, d'éviter de se toucher le visage, de se laver régulièrement les mains avec de l'eau et du savon, d'aérer régulièrement les locaux et de garder une distance de sécurité avec les autres personnes.

## QU'EST-CE QUE LA COVID-19 ?

La COVID-19 est une nouvelle maladie, causée par un type de virus appelé Coronavirus-2 du Syndrome respiratoire aigu sévère (SARS-CoV-2). Elle s'est maintenant répandue dans le monde entier; c'est ce qu'on appelle une pandémie. Les coronavirus sont une famille de virus qui peuvent causer des problèmes au niveau du système respiratoire. Les précédentes épidémies causées par des coronavirus nommés SARS-CoV-1 (en 2002) et MERS-CoV (syndrome respiratoire du Moyen-Orient) (en 2012) ont infecté plus de 10 000 personnes.

Le premier rapport concernant le SARS-CoV-2 a été fait en novembre 2019, à Wuhan, en Chine [1], mais on sait peu de choses sur son origine exacte. À l'heure actuelle, il n'existe aucun traitement spécifique pour le SARS-CoV-2 mais il existe par contre des traitements pouvant atténuer les conséquences néfastes de l'infection. Lorsqu'une personne est infectée par ce nouveau virus, elle peut ou non présenter des symptômes. Si une personne présente des symptômes, ceux-ci peuvent être légers ou graves. Les symptômes les plus courants sont la fièvre, la toux sèche, la fatigue, les maux de gorge et l'essoufflement (**Figure 1**) [1]. Ces symptômes apparaissent 2 à 14 jours après que la personne ait été infectée par le virus. On estime que chaque personne infectée contaminera ~6-7 autres personnes. Ainsi, si l'on considère cela comme un problème de mathématiques, on estime que le nombre de personnes infectées pourrait approximativement être multiplié par 6 ou 7 chaque semaine, si aucune mesure de prévention n'est prise.

## QUI RISQUE DE DÉVELOPPER UNE FORME GRAVE DE COVID-19 ?

On ne sait toujours pas pourquoi certaines personnes présentent des symptômes graves, et ont parfois même besoin de soins intensifs et d'une ventilation mécanique pour aider leurs poumons à fonctionner correctement. On sait que les personnes souffrant de certains problèmes de santé chroniques, comme le diabète et l'hypertension artérielle, ainsi que les personnes âgées (60 ans ou plus) ont un risque plus élevé de développer des complications graves et d'être hospitalisées. Des facteurs tels que les maladies respiratoires chroniques et le cancer [2] peuvent jouer un rôle dans l'apparition de symptômes graves. Les enfants, les adolescents et les jeunes adultes ne sont pas protégés contre le SARS-CoV-2, mais ils ne présentent pas aussi souvent des symptômes graves. Des recherches sont toujours en cours

pour identifier d'autres facteurs susceptibles de provoquer une forme grave de la COVID-19. Ce n'est pas encore clair s'il existe des conséquences à long terme associées à la COVID-19.

## COMMENT LES GENS PEUVENT-ILS S'INFECTER PAR LE SARS-COV-2 ?

Le SARS-CoV-2 est un virus respiratoire. Il se transmet donc principalement d'une personne à l'autre lorsqu'une personne infectée éternue, tousse ou parle. De très petites gouttelettes de salive peuvent être expulsées par une personne infectée lors de ces actions, et ces gouttelettes peuvent transporter le virus directement vers le nez, les yeux ou la bouche d'une autre personne. Si on est infecté et qu'on se touche le nez ou la bouche, nos mains transporteront le SARS-CoV-2 pendant plusieurs minutes et seront donc parfois des sources d'infection pour les autres. Ces microgouttelettes peuvent également flotter dans l'air de plusieurs minutes à plusieurs heures dans les locaux mal aérés, et être alors inspirées par une personne qui s'infectera.

Il est intéressant de noter qu'on peut encore trouver des traces de virus sur des matériaux comme l'acier inoxydable ou le plastique, même plusieurs jours après que le matériau ait été contaminé [3]. Il n'est pas encore clair à quel point ce type de contamination est important dans la transmission du SARS-CoV-2.

## POURQUOI LE VIRUS ATTAQUE-T-IL LES POUMONS ?

Même si le SARS-CoV-2 peut pénétrer dans l'organisme par de nombreuses voies, il ne peut infecter une cellule que si celle-ci possède à sa surface une molécule appelée ACE-2. Cette molécule est appelée récepteur (récepteur ACE2), et elle est présente entre autres en grande quantité sur les cellules des poumons. C'est la raison pour laquelle le SARS-CoV-2 attaque les poumons et se reproduit à l'intérieur des cellules pulmonaires (**Figure 2**). Lorsque le virus pénètre dans les poumons, le système immunitaire de la personne infectée tente d'éliminer le virus, générant une énorme quantité d'inflammation dans les poumons. Cette inflammation peut finir par endommager les tissus des poumons, les empêchant de jouer leur rôle d'échanges gazeux (la respiration).

## COMMENT SAVOIR SI UNE PERSONNE A ÉTÉ INFECTÉE ?

Si une personne présente les symptômes de la COVID-19, un médecin peut prescrire un test pour déterminer si la personne a été infectée par le SARS-CoV-2. Il existe deux façons de savoir si une personne est infectée ou a été infectée récemment.

Un test permet de déterminer si la personne malade a actuellement le SARS-CoV-2 dans son organisme. Pour ce test, l'équipe médicale prélève généralement un échantillon de sécrétions du nez (ou parfois un échantillon de salive) à l'aide d'un écouvillon (une sorte de coton-tige).

Comme la quantité de virus recueillie de cette façon est très faible, on utilise une technique appelée réaction en chaîne par polymérase (PCR) qui va faire de nombreuses copies du matériel génétique du virus, afin de faciliter la détection du virus dans l'échantillon par le personnel du laboratoire d'analyse (**Figure 3**).

Une autre façon de vérifier si une personne a été infectée récemment par le SARS-CoV-2 est d'analyser si elle possède des anticorps contre le virus. Les anticorps ne sont créés qu'après qu'une personne ait été infectée par un virus, et ils aident parfois à protéger la personne contre une nouvelle infection. Il faut plusieurs jours pour que l'organisme fabrique ces anticorps. Parfois, en fonction du type d'anticorps, il est possible de savoir si l'infection est récente (le test montrera la présence d'un type d'anticorps appelé IgM) ou si la personne a été infectée par le passé (le test montrera la présence d'un autre type d'anticorps, appelé IgG) [4].

Si une personne est infectée, il est très important qu'elle s'isole et minimise ses contacts avec les autres, afin d'éviter de propager l'infection. L'équipe médicale qui a fait le diagnostic peut normalement fournir toutes les informations nécessaires pour aider la personne malade à s'isoler efficacement.

## COMMENT PRÉVENIR LA COVID-19 ?

Pour nous protéger et pour protéger les personnes qui pourraient développer une COVID-19 grave, nous pouvons prendre quelques mesures simples. Selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), il est indispensable de maintenir une certaine distance (1 à 2 m) lorsque l'on parle à d'autres personnes. Nous devons également éviter les endroits bondés, aérer fréquemment les locaux, nous laver fréquemment les mains avec de l'eau et du savon ou utiliser des désinfectants pour les mains contenant de l'alcool à au moins 70 %. Il est également très important d'éviter de se toucher le visage et de se couvrir la bouche avec les bras lorsque nous toussons ou éternuons. Il est également efficace de porter des masques dans les lieux publics (**Figure 4**) [5]. Ces mesures peuvent contribuer à réduire la propagation du virus et aider à faire en sorte que les hôpitaux ne soient pas surchargés, afin que toutes les personnes ayant besoin d'une aide médicale puissent en bénéficier.

Dans le monde entier, différents traitements sont testés chez des personnes infectées par le SARS-CoV-2, mais il faudra un certain temps pour déterminer quels médicaments sont efficaces et sûrs. Certains médicaments ont déjà été identifiés comme étant efficaces quand l'inflammation des poumons devient trop importante pour que la personne malade puisse continuer à respirer normalement: ils diminuent cette inflammation. On cherche toujours des médicaments qui visent à empêcher le virus d'infecter d'autres cellules ou de se répliquer.

Comme de nombreux scientifiques et médecins du monde entier ont travaillé d'arrache-pied pour aider les personnes atteintes du SARS-CoV-2, plusieurs vaccins ont déjà été mis à la disposition de la population fin 2020, ce qui est un record en termes de temps de mise au point d'un vaccin ! Un vaccin est administré aux personnes avant qu'elles ne tombent malades, afin de prévenir la maladie.

A l'heure actuelle (automne 2021), les vaccins disponibles sont bien efficaces pour protéger des formes graves mais n'empêchent que partiellement la transmission du virus d'une personne à l'autre.

## CONCLUSION

En conclusion, le SARS-CoV-2 est un nouveau coronavirus qui peut causer une maladie grave chez certaines catégories de personnes, appelée la COVID-19. Actuellement, il n'existe pas encore de traitement spécifique contre ce virus. Bien que certaines personnes peuvent ne pas présenter de symptômes, ils peuvent néanmoins être infectés et contaminer d'autres personnes, dont certaines peuvent ensuite développer une COVID-19 grave. Pour se protéger et protéger les autres, de nombreux gestes peuvent être très utiles, comme maintenir une distance entre soi et les autres, éviter les lieux bondés et aérer fréquemment les locaux, se laver fréquemment les mains avec de l'eau et du savon, et se couvrir la bouche quand on tousse ou éternue. La vaccination permet aussi de se protéger des formes graves et de diminuer la transmission d'une personne à l'autre. Ces mesures simples aideront les gens du monde entier à se protéger de la COVID-19.

## GLOSSAIRE

- **COVID-19**: une nouvelle causée par un virus appelé SARS- CoV-2
- **SARS-COV-2** (coronavirus 2 du syndrome respiratoire aigu sévère): un coronavirus récemment découvert qui cause la maladie appelé la COVID-19
- **Pandémie**: une maladie infectieuse qui se répand dans le monde entier
- **Système respiratoire**: système responsable de l'inspiration de l'oxygène et de l'expiration du dioxyde de carbone. Les principaux organes du système respiratoire sont les poumons, responsables des échanges de gaz lorsque nous respirons
- **Récepteur ACE2**: molécule de la surface cellulaire utilisée par le SARS-CoV-2 pour envahir les cellules-hôtes (=les cellules de la personne infectée)
- **Inflammation**: réaction de protection de l'organisme contre une infection ou une blessure, se traduisant par de la chaleur, de la rougeur et du gonflement. Si l'inflammation n'est pas contrôlée, elle peut être nocive pour l'organisme

- **Réaction en chaîne par polymérase (PCR):** méthode qui permet de faire des copies du matériel génétique d'un échantillon. Cette méthode permet de détecter la présence de matériel génétique du SARS-CoV-2 dans l'échantillon, même si sa quantité est très faible
- **Anticorps:** protéine produite par le système immunitaire en réponse à un virus ou à un autre micro-organisme, qui aide parfois à protéger l'organisme contre une réinfection par ce même organisme. Les anticorps appelés IgM sont produits au début de l'infection et d'autres appelés IgG sont produits plus tard.

## FIGURES

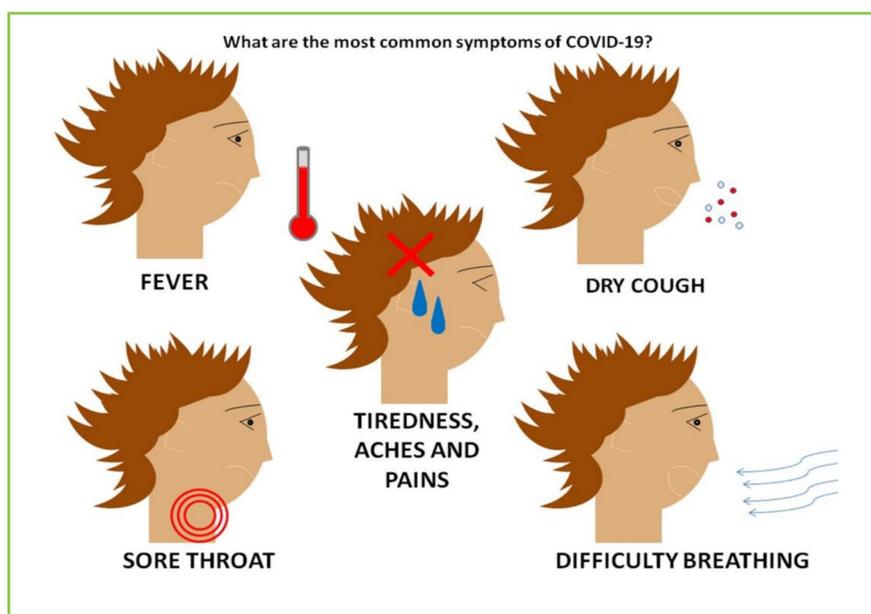


Figure 1 - Quels sont les symptômes les plus courants de la COVID-19 ? Les symptômes les plus courants sont la fièvre, la toux sèche, les maux de gorge, la fatigue, les courbatures et les difficultés respiratoires.

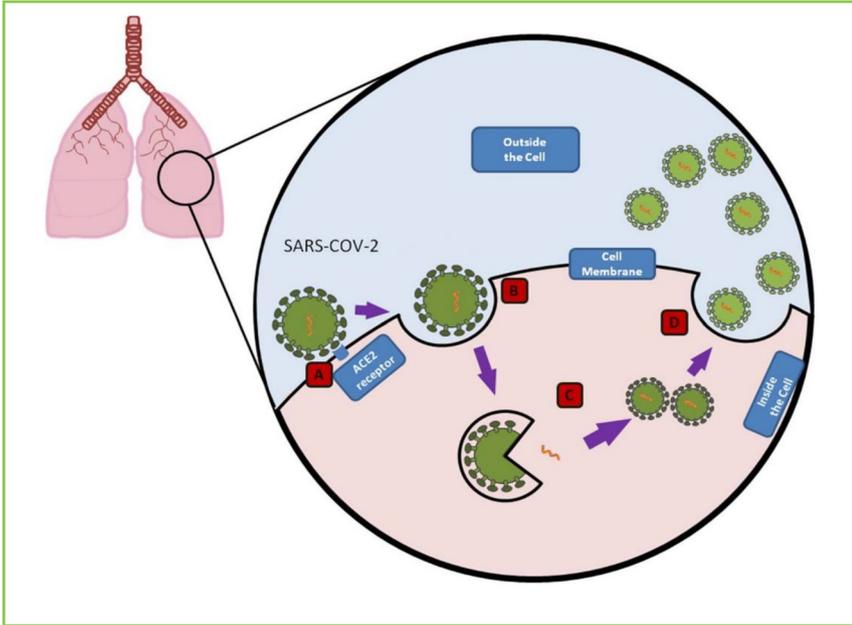


Figure 2 - Cycle de vie du SARS-CoV-2.

(A) Lorsque le SARS-CoV-2 pénètre dans l'organisme, il se lie au récepteur ACE-2 des cellules des poumons. (B) Le virus est alors absorbé par la cellule. (C) Une fois à l'intérieur, le virus libère son matériel génétique et utilise la machinerie de réplication de la cellule pour produire de nouveaux virus. (D) Les SARS-CoV-2 nouvellement créés sont libérés de la cellule pour recommencer le processus.

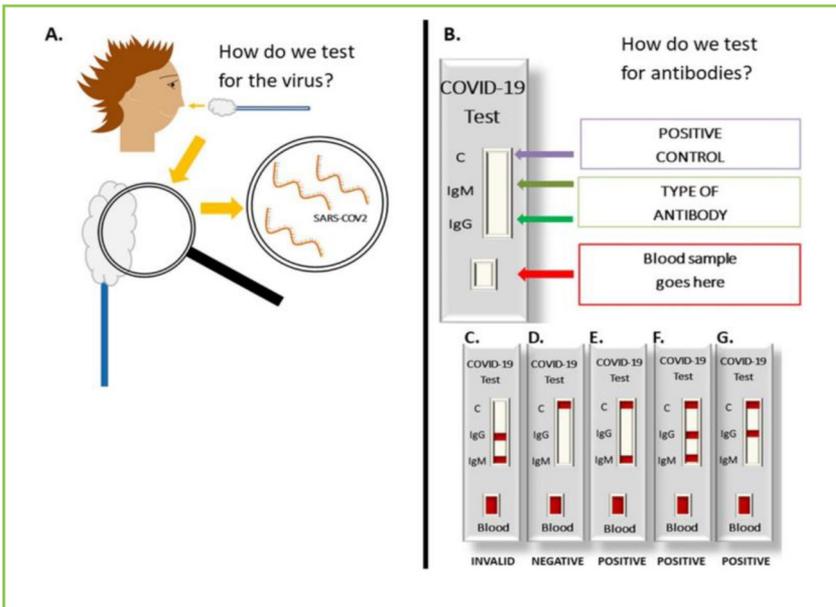


Figure 3 - Comment fonctionne un test de dépistage du coronavirus ?

(A) Comment fait-on le test de dépistage du virus ? Un petit échantillon de sécrétions est prélevé dans le nez avec un écouvillon, puis le laboratoire recherche la séquence génétique du SARS-CoV-2 dans l'échantillon. (B) Comment tester les anticorps ? Un échantillon de sang est prélevé et placé au bon endroit sur le kit de test, et les résultats apparaissent alors dans la fenêtre, montrant 5 résultats possibles. (C) Si le contrôle positif ne s'allume pas, le test n'est pas valide. (D) Si le contrôle positif s'allume, mais qu'il n'y a pas d'IgM ou d'IgG, la personne n'a pas d'anticorps contre le SARS-CoV-2 et n'a donc pas été infectée. (E-G) Si le contrôle positif et les IgM et/ou IgG s'allument, la personne a été infectée plus ou moins récemment et produit des anticorps contre le SARS-CoV-2.

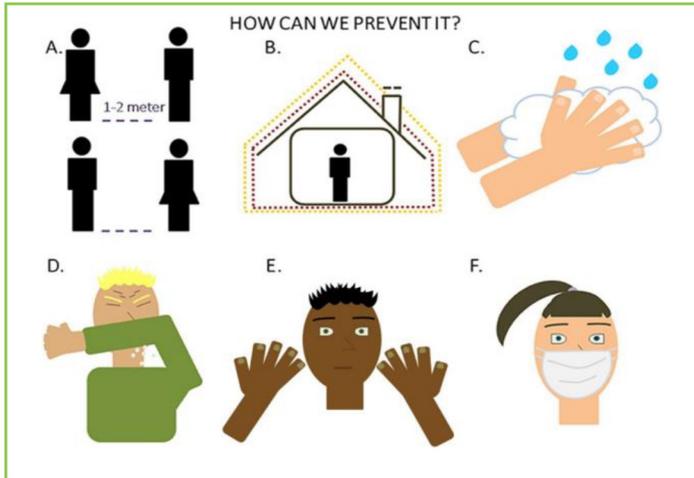


Figure 4 - Comment prévenir l'infection par le SARS-CoV-2.

(A) Gardez une certaine distance (1-2 m) lorsque vous parlez à d'autres personnes. (B) Restez chez vous ou évitez les lieux bondés. (C) Lavez-vous fréquemment les mains avec de l'eau et du savon, ou utilisez des désinfectants pour les mains à base d'alcool. (D) Couvrez-vous la bouche avec votre bras lorsque vous toussiez ou éternuez. (E) Évitez de vous toucher le visage. (F) Portez un masque de protection.

## RÉFÉRENCES

[1] Huang, C., Wang, Y., Li, X., Ren, L., Zhao, J., Hu, Y., et al. 2020. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*. 395:497–506. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5

[2] Yu, N., Li, W., Kang, Q., Xiong, Z., Wang, S., Lin, X., et al. 2020. Clinical features and obstetric and neonatal outcomes of pregnant patients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective, single-centre, descriptive study. *Lancet Infect Dis*. 20:559–64. doi: 10.1016/S1473-3099(20)30176-6

[3] Chin, A. W. H., Chu, J. T. S., Perera, M. R. A., Hui, K. P. Y., Yen, H.-L, Chan, M. C. W., et al. 2020. Stability of in different environmental conditions. *Lancet Microbe*. 1:E10. doi: 10.1016/S2666-5247(20)30003-3

[4] Li, B., Feng, F., Yang, G., Liu, A., Yang, N., Jiang, Q., et al. 2020. Immunoglobulin G/M and cytokines detections in continuous sera from patients with novel coronaviruses (2019-nCoV) infection. *SSRN Electron J*. doi: 10.2139/ssrn. 3543609

[5] World Health Organization (WHO). 2020. Rational Use of Personal Protective Equipment for Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). WHO.

Edité par: Jorge Galindo-Villegas, Nord University, Norway

**Traduction adaptée: Charlotte Martin**

COPYRIGHT © 2020 Alberca, Fernandes, Sato and Alberca

Il s'agit d'un article à accès libre distribué selon les termes de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). L'utilisation, la distribution ou la reproduction dans d'autres forums est autorisée, à condition que le(s) auteur(s) original(aux) et le(s) titulaire(s) du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans ce journal soit citée, conformément aux pratiques académiques acceptées. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

## JEUNES REVIEWERS



MARINA, AGE: 14

J'ai décidé d'examiner cet article car je pense qu'il s'agit d'un problème vraiment grave (puisque n'existe actuellement aucun vaccin contre le coronavirus). Je pense qu'il est vraiment important, non seulement pour les personnes de mon âge, mais pour tout le monde, d'en savoir le plus possible sur le coronavirus. Parce que si nous collaborons tous, nous pourrions mettre fin à cette situation le plus rapidement possible. Je recommande vivement de lire ce genre d'articles et de se protéger de ce malheur.



MIRIAM, AGE: 14

J'aime beaucoup les sciences et j'étais curieuse d'en savoir plus sur la COVID-19. Je voulais contribuer à l'amélioration de cet article en donnant mon avis, car ce virus est un énorme problème aujourd'hui, et nous n'avons jamais vu quelque chose de semblable à cette pandémie mondiale. Je regarde et écoute beaucoup les informations ces jours-ci et la lecture de cet article m'a donné le sentiment de comprendre ce qui se passe.

## AUTEURS



GABRIELA GAMA FREIRE ALBERCA

Je suis doctorante à l'Institut des sciences biomédicales de l'Université de São Paulo. Mes recherches portent sur la compréhension de l'influence des bactéries gastro-intestinales sur le développement des maladies. Pendant mon temps libre, j'aime cuisiner.



#### IARA GRIGOLETTO FERNANDES

Je suis doctorante à l'Institut de médecine tropicale de l'Université de São Paulo. Mes recherches portent sur le stress oxydatif et les infections virales cutanées chez les personnes âgées. Mes loisirs sont de prendre soin des plantes et de jouer avec mon chat.



#### MARIA NOTOMI SATO

Je suis professeur à l'Université de São Paulo. Mes recherches portent sur les interactions materno-fœtales, les allergies et les infections virales. J'aime le café et les desserts à la noix de coco.



#### RICARDO WESLEY ALBERCA

Je suis post-doctorant à l'Université de Sao Paulo. Mes recherches portent sur le développement de traitements pour les maladies respiratoires, comme l'asthme et d'autres syndromes inflammatoires. J'aime les livres et les films.  
\*ricardowesley@usp.br

# Vaccines, Shots That Protect You



## Authors



Marie Neunez



Michel Goldman



Sylvie Goldman



Paul-Henri Lambert

## Young Reviewers

— Florimont

# LES VACCINS, CES PIQÛRES QUI NOUS PROTÈGENT

## RÉSUMÉ

Demain, ta maman t’emmène chez le médecin pour recevoir un vaccin. Pourquoi as-tu besoin de cette piqûre alors que tu es en bonne santé et que tu as déjà été vacciné(e) lorsque tu étais bébé ? Dans cet article, tu découvriras les nombreuses raisons pour lesquelles les rappels de vaccination sont indispensables, pour te protéger toi, ta sœur, ton frère, mais aussi tes camarades de classe et tes amis.

## LES VACCINS, DES MEDICAMENTS PAS COMME LES AUTRES

Alors que les médicaments sont en général donnés aux personnes malades pour les guérir, les vaccins eux sont injectés à des personnes en bonne santé pour les protéger des maladies transmises par des microbes. La vaccination est la meilleure manière d'empêcher l'apparition de ces maladies qu'on nomme maladies infectieuses.

## LA ROUGEOLE, UNE MALADIE INFECTIEUSE OUBLIÉE

Lorsque tes grands-parents avaient ton âge, de nombreux enfants souffraient de la rougeole, une maladie causée par un virus. Le plus souvent, ils guérissaient de cette maladie mais parfois, de graves complications au niveau des poumons et du cerveau, parfois mortelles, survenaient au décours de la maladie. La rougeole a presque complètement disparu chez nous grâce à la vaccination. Il en est de même pour de nombreuses autres maladies de l'enfant comme la poliomyélite qui causait des paralysies des jambes. Aujourd'hui, ce sont plus de 10 maladies infectieuses qui peuvent être évitées grâce aux vaccins. Malheureusement, tous les enfants n'ont pas la chance d'être vaccinés soit parce qu'ils vivent dans des régions du monde où les vaccins ne sont pas facilement accessibles, soit parce que leurs parents ne sont pas favorables à la vaccination.

## CERTAINS MICROBES CAUSENT DES CANCERS

Chez certains individus, les infections de longue durée peuvent provoquer un cancer. Par exemple, les femmes infectées par le virus du papillome humain peuvent développer un cancer d'une partie de l'utérus, un organe essentiel à la reproduction humaine. La vaccination est le moyen le plus efficace de prévenir l'apparition de ce cancer.

## LES MICROBES SE DÉPLACENT D'UNE PERSONNE À UNE AUTRE

Les microbes peuvent être transmis d'une personne à l'autre, par différentes voies. Dans le cas de la rougeole, un individu infecté peut potentiellement contaminer jusqu'à 20 autres personnes en propageant le virus dans l'air. C'est ce que signifie le terme "contagieux" lorsqu'on parle de maladie infectieuse. Plus la maladie est contagieuse, au plus important est la vaccination.

## LES ENFANTS VACCINÉS, UNE CHAÎNE DE SOLIDARITÉ CONTRE LES MALADIES INFECTIEUSES

Quand tu es vacciné, en plus d'être protégé contre le microbe, tu diminues également le risque de transmettre la maladie à ton entourage. C'est ce qu'on appelle l'immunité collective (**Figure 1**). Si la majorité de la population est vaccinée, le microbe ne parviendra pas à se répandre. Ainsi, on estime que lorsque 9 personnes sur 10 sont vaccinées, la maladie devient « invisible ». Toutefois, elle peut

resurgir à tout instant si la proportion d'individus vaccinés diminue. C'est malheureusement ce qui se passe aujourd'hui avec la rougeole: au cours des 6 premiers mois de l'année 2018, plus de 40.000 européens ont développé la rougeole alors que certains pensaient que cette maladie avait définitivement disparu.

La vaccination est donc très importante; en as-tu déjà discuté avec tes parents ? La vaccination ne se fait pas seulement lorsque on est tout petit ! Tout au long de la vie, il est nécessaire de répéter certains vaccins pour maintenir leur action protectrice. Tu comprendras pourquoi dans les pages qui suivent.

## LE RÔLE DU SYSTÈME IMMUNITAIRE DANS LES MALADIES INFECTIEUSES

Pour découvrir ce qu'est un vaccin, il faut d'abord comprendre notre système de défense naturel vis-à-vis des microbes dangereux. Il s'agit du système immunitaire. Après avoir pénétré dans notre corps, les microbes se multiplient et peuvent infecter certaines de nos cellules, les empêchant ainsi de fonctionner correctement. Le plus souvent, nous arrivons à combattre ces microbes grâce à l'armée de cellules qui constituent notre système immunitaire. Dans certaines situations, le système immunitaire n'arrive pas à éliminer rapidement les microbes agressifs: c'est alors que se déclenche la maladie.

Quand un microbe pénètre dans ton corps, plusieurs cellules entrent en action. Les premières cellules mises en jeu repèrent l'intrus, le capturent et le mangent. Après l'avoir digéré, elles appellent à la rescousse les lymphocytes. Ces derniers reconnaissent des morceaux du microbe digéré que l'on appelle antigènes. Chaque lymphocyte reconnaît un antigène particulier et attaque ensuite le microbe qui porte cet antigène. Cette attaque se développe grâce à des « missiles biologiques » qui vont se fixer sur le microbe et le détruire. Ces missiles portent le nom d'anticorps. La bataille se poursuit jusqu'à ce que tous les microbes soient tués (**Figure 2**).

La victoire du système immunitaire sur le microbe assure la guérison de la maladie. A l'issue de ce combat, certains lymphocytes conservent le souvenir du microbe. Grâce à cette mémoire les lymphocytes peuvent réagir très rapidement face à une nouvelle agression par le même microbe et le détruire par de nouveaux missiles avant même que la maladie n'apparaisse.

## LES VACCINS C'EST QUOI ET COMMENT FONCTIONNENT-ILS ?

Les vaccins stimulent ton système immunitaire sans passer par le stade de la maladie [1]. Ils contiennent des antigènes inoffensifs qui te protègent doublement : premièrement, ils induisent la production d'anticorps qui persistent longtemps dans ton corps et deuxièmement, ils génèrent des lymphocytes doués de mémoire dans ton organisme. Dans l'éventualité où ton corps

rencontre ce même microbe, ton système de défense sera prêt à réagir beaucoup plus vite et avec beaucoup plus de force que si c'était la première fois qu'il le rencontrait (**Figure 3**).

## **POURQUOI AUTANT DE PIQÛRES ?**

Étant donné que chaque microbe est différent, plusieurs vaccins doivent être développés et utilisés. Heureusement, il est possible de mettre plusieurs vaccins dans la même seringue. Ces combinaisons de vaccins permettent de réduire le nombre de piqûres nécessaires pour protéger chaque enfant.

Tu te demandes pourquoi l'injection d'un même vaccin doit être répétée plusieurs fois au cours de la vie. L'explication est très simple. Comme tu le sais, notre mémoire a ses limites et nos souvenirs tendent à s'estomper avec le temps. Il en est de même pour le système immunitaire. Il est donc nécessaire de rafraîchir régulièrement sa mémoire: c'est le principe du rappel des vaccins. Ces rappels sont indispensables pour maintenir une protection efficace contre les maladies infectieuses.

## **QUI PEUT/DOIT SE FAIRE VACCINER ?**

La majeure partie des enfants du monde entier peut recevoir des vaccins. Cependant certains enfants qui souffrent de maladie rare qui affaiblit leur système immunitaire ne peuvent pas bénéficier de la vaccination: ils sont dits immunodéficients. Cependant, lorsque les enfants en bonne santé sont vaccinés, ils protègent ces enfants malades grâce à l'immunité collective.

Aujourd'hui, certains vaccins sont aussi injectés aux femmes enceintes dans le but de protéger leur bébé. La future maman vaccinée transmet ses anticorps au fœtus pendant la grossesse et au bébé durant l'allaitement. De cette manière, l'enfant est protégé contre le microbe dès ses premiers jours de vie, avant d'être lui-même vacciné. Un exemple est la coqueluche, une maladie respiratoire très contagieuse qui peut entraîner des complications graves chez les nouveaux nés avec un risque de décès.

## **QUELS SONT LES RISQUES DE LA VACCINATION ?**

Il faut savoir que les vaccins peuvent parfois entraîner un léger malaise, mais le pincement d'une piqûre n'est jamais aussi grave que la maladie causée par un microbe dangereux.

Les vaccins que tu as reçus et recevras ont tous été évalués en profondeur de façon à s'assurer qu'ils soient sûrs et efficaces.

## POURQUOI CERTAINES PERSONNES ONT MALGRÉ TOUT DES DOUTES SUR LES VACCINS ?

Malheureusement, les informations dont dispose le public sur les avantages et les risques des vaccins sont souvent incomplètes, voire inexacts, notamment sur Internet [2]. Certaines personnes pensent que les maladies infectieuses ne menacent plus les enfants et nient donc la nécessité de la vaccination. Elles oublient que si les vaccins ne sont pas utilisés, les maladies réapparaîtront rapidement.

Maintenant que tu es informé(e) sur la vaccination, parles-en avec tes parents.

### GLOSSAIRE

- **Vaccins** : substances qui protègent contre les maladies causées par des microbes.
- **Microbes** : microorganismes qui causent des infections et des maladies comme la rougeole.
- **Rougeole** : maladie affectant les personnes (adultes et enfants) non vaccinés.
- **Virus** : petit microbe.
- **Lymphocytes** : globules blancs qui produisent des anticorps et tuent les microbes.
- **Antigènes** : partie du microbe reconnue par les anticorps.
- **Anticorps** : armes que nous produisons pour attaquer les microbes.

### FIGURES

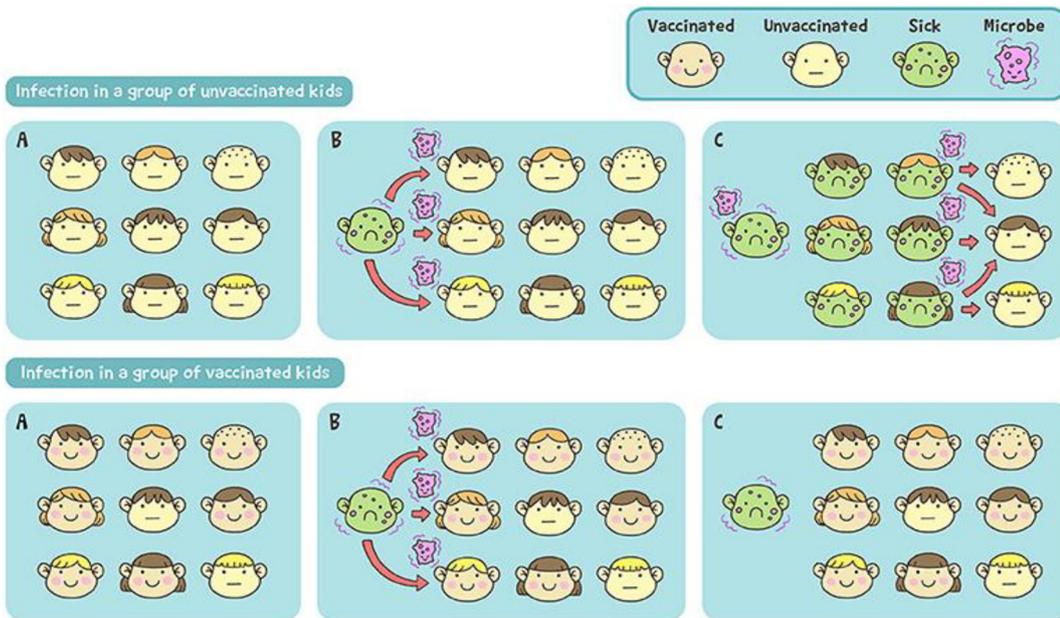


Figure 1 - Immunité collective.

Vaccinated (vacciné), unvaccinated (non vacciné), sick (malade), microbe (microbe)

Infection in a group of unvaccinated kids (infection au sein d'un groupe d'enfants non vaccinés)

Infection in a group of vaccinated kids (infection au sein d'un groupe d'enfants vaccinés)

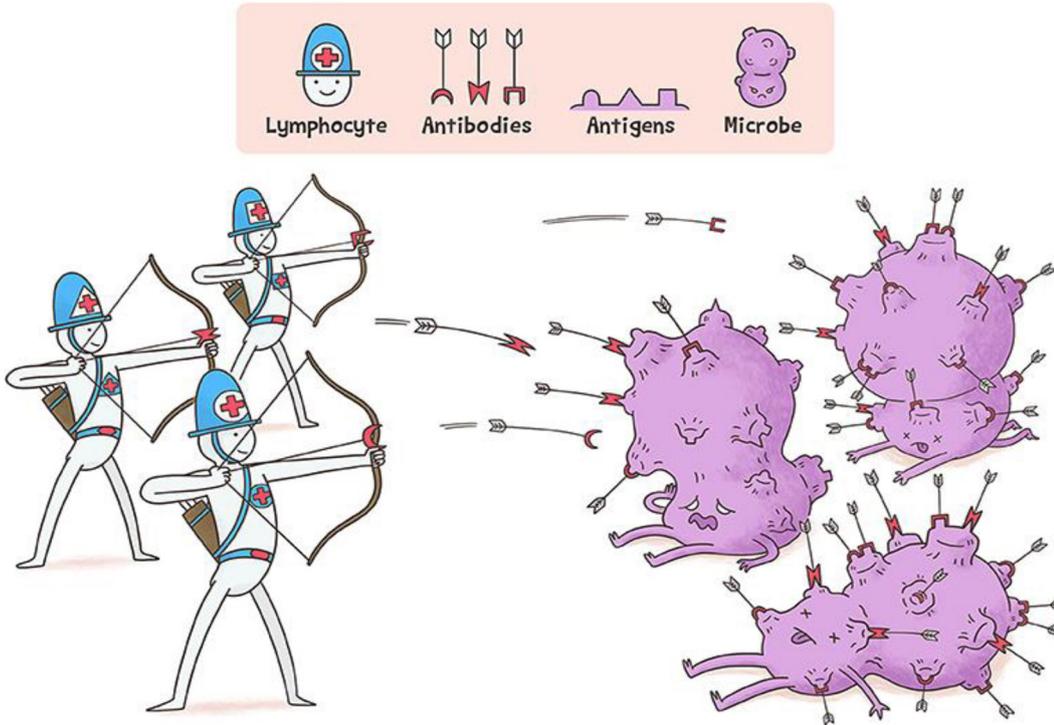


Figure 2 - Les anticorps produits par les lymphocytes se lient aux antigènes ce qui permet de tuer les microbes. Lymphocyte (lymphocyte), antibodies (anticorps), antigens (antigènes), microbe (microbe)

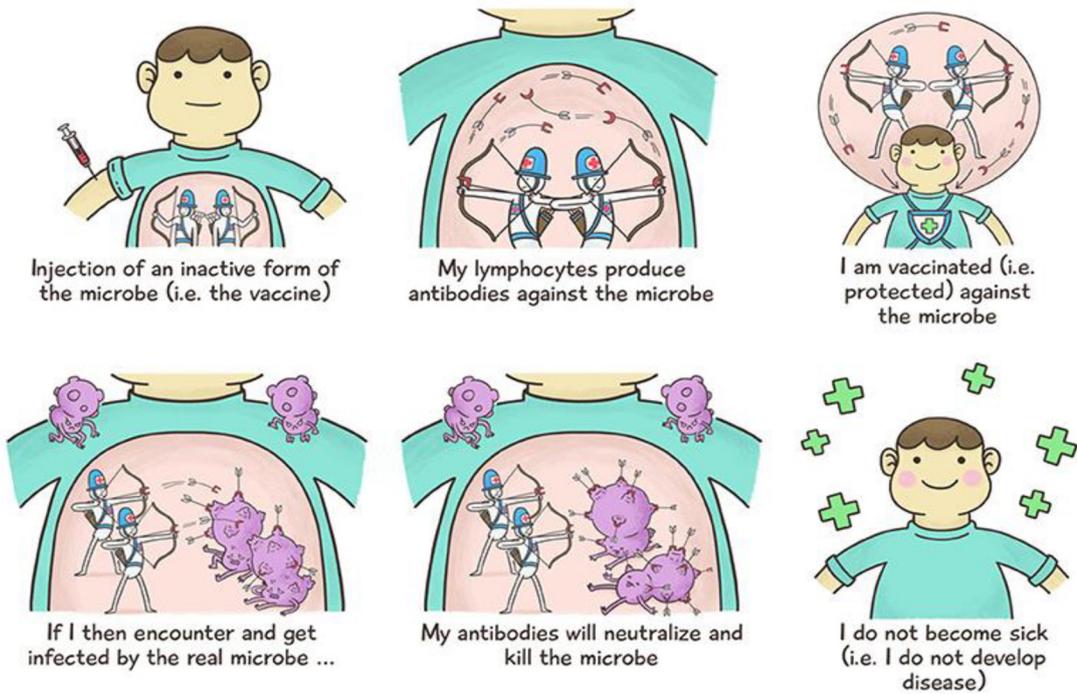


Figure 3 – Le fonctionnement des vaccins.  
 Injection of an inactive form of the microbe (i.e. the vaccine)  
 Injection d'une forme inactive du microbe (c'est-à-dire le vaccin)

My lymphocytes produce antibodies against the microbe  
Mes lymphocytes produisent des anticorps contre le microbe

I am vaccinated (i.e. protected) against the microbe  
Je suis vaccine(e) (c'est-à-dire protégé(e)) contre le microbe

If I then encounter and get infected by the real microbe ...  
Si par la suite je rencontre et m'infecte du vrai microbe...

My antibodies will neutralize and kill the microbe  
Mes anticorps neutraliseront et tueront le microbe

I do not become sick (i.e. I do not develop disease)  
Je ne deviens pas malade (c'est-à-dire je ne développe pas la maladie)

## RÉFÉRENCES

[1] Bloom, B. R., and Lambert, P.-H. (Eds.). 2016. *The Vaccine Book*, 2nd Edn. (San Diego, CA: Academic Press).

[2] Arif, N., Al-Jefri, M., Bizzi, I. H., Perano, G. B., Goldman, M., Haq, I., et al. 2018. Fake news or weak science? Visibility and characterization of antivaccine webpages returned by google in different languages and countries. *Front. Immunol.* 9:1215. doi: 10.3389/fimmu.2018.01215

Edité par: Fulvio D'Acquisto

CITATION DE L'ORIGINAL EN ANGLAIS: Neunez M, Goldman M, Goldman S and Lambert P (2019) Vaccines, Shots That Protect You. *Front. Young Minds.* 7:31. doi: 10.3389/frym.2019.00031

***Traduction adaptée : Marie Neunez***

COPYRIGHT © 2019 Neunez, Goldman, Goldman and Lambert

Il s'agit d'un article à accès libre distribué selon les termes de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). L'utilisation, la distribution ou la reproduction dans d'autres forums est autorisée, à condition que le(s) auteur(s) original(aux) et le(s) titulaire(s) du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans ce journal soit citée, conformément aux pratiques académiques acceptées. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

# Vaccination of Pregnant Women: Protecting Babies Even Before Birth



## Authors

 **Kirsten Maertens**  **Marjolein Orije**  **Elke Leuridan**

## Young Reviewers

 **Lili**

# LA VACCINATION DES FEMMES ENCEINTES: PROTÉGER LES BÉBÉS AVANT LEUR NAISSANCE !

## RÉSUMÉ

Les vaccins protègent les humains contre les micro-organismes qui causent des maladies. Habituellement, les vaccins sont administrés aux nourrissons ou aux enfants plus âgés à intervalles réguliers. Par exemple, vous connaissez probablement le vaccin contre le tétanos,

administré suite à une blessure ou avant comme prévention contre la maladie. L'immunisation maternelle correspond à la vaccination d'une femme en cours de grossesse. Cela permet de protéger la femme enceinte et son enfant à naître contre les maladies, et peut également protéger ultérieurement le nouveau-né. La protection est assurée par des anticorps, des molécules fabriquées par le corps de la mère grâce à la vaccination. Ceux-ci sont transportés à travers le placenta et le lait maternel jusqu'au bébé. Certains vaccins sont recommandés pendant la grossesse et, à l'avenir, certains vaccins pourraient être spécifiquement conçus pour être administrés pendant la grossesse. Cet article explique comment fonctionne cette vaccination.

## POURQUOI VACCINE-T-ON PENDANT LA GROSSESSE ?

Les vaccins sont capables de vous protéger des maladies infectieuses causées par des micro-organismes. De nombreux vaccins sont sans danger pour tout le monde et peuvent même être administrés à la femme enceinte. L'immunisation maternelle correspond à la vaccination d'une femme pendant la grossesse. Ce type de vaccination peut protéger la femme enceinte et son enfant à naître de certaines maladies. Il peut également protéger le nouveau-né pendant plusieurs mois après la naissance. Certains vaccins sont déjà administrés systématiquement pendant la grossesse, notamment les vaccins contre la grippe, le tétanos et la coqueluche [1,2]. Les vaccins contre la grippe, le tétanos et la coqueluche sont administrés aux femmes enceintes car les maladies contre lesquelles ils les protègent sont particulièrement dangereuses, que ce soit pour la femme enceinte, son enfant à naître ou le nouveau-né.

## VACCINS UTILISÉS PENDANT LA GROSSESSE

Le premier vaccin à avoir été approuvé pour une administration en cours de grossesse est celui contre le tétanos. Le tétanos est causé par une bactérie appelée *Clostridium tetani* qui vit dans le sol ainsi que sur les surfaces rouillées. Lorsque vous vous blessez le pied sur un clou rouillé, par exemple, vous pouvez contracter le tétanos. La bactérie *Clostridium tetani* provoque le tétanos néonatal, c'est-à-dire la maladie du tétanos chez le nouveau-né, et entraîne souvent la mort. Il est conseillé aux femmes de se faire vacciner pendant la grossesse contre le tétanos pour se protéger elle-même mais aussi leur nouveau-né contre cette maladie.

Un deuxième vaccin recommandé pendant la grossesse est le vaccin contre la coqueluche. La raison en est que la coqueluche est plus sévère chez les nourrissons durant les premières semaines et mois de vie. Elle entraîne souvent une hospitalisation voire la mort de l'enfant. La bactérie responsable de la coqueluche est appelée *Bordetella pertussis*. Ni la femme enceinte ni le bébé à naître ne sont en danger lorsqu'ils sont infectés par *Bordetella pertussis*, alors que le nouveau-né l'est ! La vaccination pendant la grossesse peut protéger les nouveau-nés dès la naissance et jusqu'à ce qu'ils soient en âge de se faire vacciner ultérieurement.

Enfin, le vaccin contre la grippe est lui aussi recommandé pendant la grossesse principalement car les femmes enceintes sont plus sévèrement atteintes. Le virus associé à la grippe est le virus *influenza*. Pendant la grossesse, contracter la grippe peut mettre en danger la femme enceinte et son enfant à naître.

En plus de ces trois vaccins recommandés, d'autres peuvent être administrés pendant la grossesse. En cas de risque individuel spécifique, comme un voyage à l'étranger, la femme enceinte a besoin de se faire vacciner contre diverses maladies présentes dans certaines régions du monde telles que le méningocoque ou l'hépatite.

## COMMENT FONCTIONNE L'IMMUNISATION MATERNELLE ?

Lorsqu'un vaccin est administré, la personne produit des anticorps. Les anticorps sont des molécules fabriquées par le système immunitaire. Ils constituent une des armes du corps contre les organismes associés aux maladies infectieuses. Lorsqu'une femme enceinte est vaccinée, elle produira beaucoup d'anticorps. Ces anticorps ne la protégeront pas seulement elle, mais seront également transportés à travers le placenta jusqu'à l'enfant à naître (**Figure 1**). Le placenta est un organe qui se développe dans l'utérus pendant la grossesse. Son rôle est de fournir au futur enfant des nutriments pour l'aider à grandir et à se développer. Le placenta transporte également activement et spécifiquement les anticorps du sang de la mère vers le fœtus. D'ailleurs, si la grossesse atteint les 40 semaines d'âge gestationnel, le nouveau-né aura des niveaux d'anticorps plus élevés que sa mère !

D'autres anticorps produits par la mère sont spécifiquement conçus pour être transportés par le lait maternel vers l'enfant (**Figure 2**). Ces anticorps fournissent une protection supplémentaire au nourrisson pendant les premières semaines et mois de vie, tant que la mère allaite. La quantité d'anticorps maternels transférés, par le placenta et le lait maternel, dépend de plusieurs facteurs. Ceux-ci comprennent le moment de la vaccination pendant la grossesse [3], d'éventuelles maladies perturbant la santé de la mère et de son placenta mais également de la quantité d'anticorps que possède la femme enceinte. Pour un transfert maximal des anticorps maternels, la concentration d'anticorps dans le sang de la mère doit être élevée. Ceci signifie que la vaccination doit être effectuée à temps et de préférence pas trop proche du terme de la grossesse.

Les anticorps maternels ne persistent pas éternellement chez l'enfant. Ils diminuent dans les 6 mois qui suivent la naissance. La disparition des anticorps maternels ne constitue pas un problème car celle-ci survient après l'âge des premiers vaccins de l'enfant [4,5].

## **LA VACCINATION PENDANT LA GROSSESSE EST-ELLE SANS DANGER ?**

La vaccination pendant la grossesse est sans danger. De nombreuses études ont été menées pour vérifier l'innocuité des vaccins utilisés pendant la grossesse et ils se sont tous avérés sans danger. Certains vaccins contiennent des versions vivantes de l'organisme responsable de la maladie et ne peuvent pas être administrés pendant la grossesse. Parmi les vaccins vivants figurent ceux contre la rougeole, la rubéole, les oreillons, la varicelle et la fièvre jaune, pour n'en nommer que quelques-uns [6,7].

## **ET LES FUTURS VACCINS ?**

Les vaccins en cours de développement en ce moment seront-ils également utilisables et sans danger pendant la grossesse ? Espérons-le. En plus des trois vaccins actuellement administrés pendant la grossesse cités plus haut, bien d'autres pourraient être utiles à la femme enceinte et à son futur enfant. Par exemple, l'infection par le virus respiratoire syncytial (VRS) provoque de graves problèmes respiratoires chez le jeune enfant. Actuellement, il n'existe aucun traitement contre cette infection. Un vaccin pouvant être administré pendant la grossesse constituerait un excellent moyen de lutter contre cette maladie. D'autres maladies infectieuses pourraient être évoquées dans ce contexte, comme la COVID-19 et la maladie associée au virus Zika.

## **LA PLUPART DES FEMMES ENCEINTES DEVRAIENT ÊTRE VACCINÉES !**

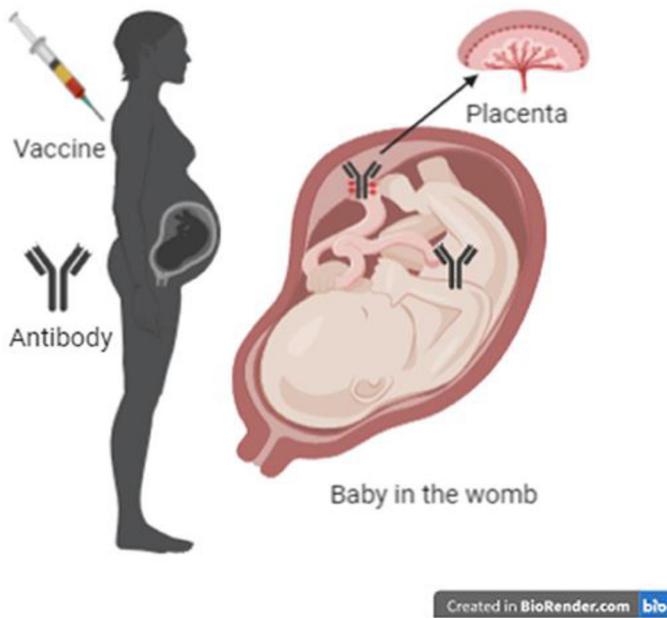
La vaccination est connue depuis longtemps comme outil de lutte contre les maladies infectieuses. La vaccination maternelle est un moyen sans danger de protéger à la fois la femme enceinte et son futur enfant contre des maladies comme la grippe, le tétanos et la coqueluche. Les anticorps transférés à l'enfant par la mère peuvent persister après la naissance et jusqu'à ce que l'enfant soit assez âgé pour recevoir ses propres vaccins.

Si beaucoup de femmes sont déjà vaccinées en cours de grossesse, de nombreuses personnes, y compris certains professionnels de la santé, pensent que les vaccins sont destinés aux enfants et n'associent pas automatiquement les vaccins à la grossesse. Par conséquent, il est important que les responsables de la santé publique continuent d'organiser des campagnes de sensibilisation sur l'importance de la vaccination en cours de grossesse. Ainsi, davantage de femmes et d'enfants seront protégés contre ces maladies infectieuses. Les vaccins maternels existants et les nouveaux vaccins en cours de développement pourraient contribuer à améliorer la santé de nombreuses mères et nouveau-nés dans le monde entier [8].

## GLOSSAIRE

- **Vaccin**: substance administrée à une personne pour prévenir une maladie infectieuse spécifique causée par un micro-organisme spécifique.
- **Vaccination maternelle**: vaccination d'une femme pendant la grossesse, de manière à protéger à la fois la femme et son futur enfant. Les nourrissons continuent à être protégés pendant quelques mois après la naissance.
- **Anticorps**: molécules produites par le corps pour assurer la défense contre les organismes pathogènes.
- **Système immunitaire**: réseau complexe de cellules et de molécules qui défend le corps contre les infections.
- **Placenta**: organe qui se développe dans l'utérus pendant la grossesse par lequel le futur enfant reçoit des nutriments et des anticorps provenant du sang de la mère.

## FIGURES



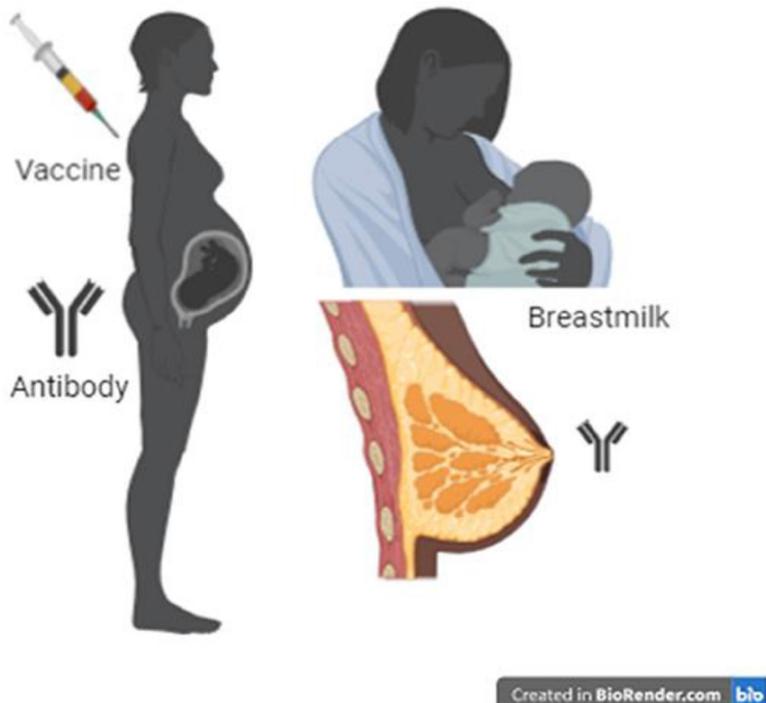
**Figure 1** - Lorsqu'un vaccin est administré à une femme enceinte, elle fabrique des anticorps. Les anticorps sont transportés à travers le placenta jusqu'au fœtus et restent dans le sang du futur enfant où ils peuvent fournir une protection avant la naissance et pendant les premiers mois de vie.

Vaccine = Vaccin

Antibody = Anticorps

Placenta = Placenta

Baby in the womb = Foetus dans l'utérus



**Figure 2** - Lorsqu'un vaccin est administré à une femme enceinte, elle fabrique des anticorps qui se retrouvent dans son lait maternel. Lorsqu'elle allaite son enfant, ces anticorps lui sont transférés.

Vaccine = Vaccin

Antibody = Anticorps

Breastmilk = Lait maternel

## RÉFÉRENCES

[1] Kachikis, A., Eckert, L. O., and Englund, J. 2018. Who's the target: mother or baby? *Viral Immunol.*31:184–94. doi: 10.1089/vim.2017.0135

[2] Neunez, M., Goldman, M., Goldman, S., and Lambert, P. 2019. Vaccines, shots that protect you. *Front. Young Minds* 7:31. doi: 10.3389/frym.2019.00031

[3] Maertens, K., Orije, M. R. P., Van Damme, P., and Leuridan, E. 2020. Vaccination during pregnancy: current and possible future recommendations. *Eur. J. Pediatr.* 179:235–42. doi: 10.1007/s00431-019-03563-w

[4] Malek, A., Sager, R., and Schneider, H. 1994. Maternal-fetal transport of immunoglobulin G and its subclasses during the third trimester of human pregnancy. *Am. J. Reprod. Immunol.* 32:8–14. doi: 10.1111/j.1600-0897.1994.tb00873.x

[5] Leuridan, E., Hens, N., Hutse, V., Ieven, M., Aerts, M., and Van Damme, P. 2010. Early waning of maternal measles antibodies in era of measles elimination: longitudinal study. *BMJ* 340:c1626. doi: 10.1136/bmj.c1626

[6] Vilajeliu, A., Ferrer, L., Munrós, J., Goncé, A., López, M., Costa, J., et al. 2016. Pertussis vaccination during pregnancy: antibody persistence in infants. *Vaccine* 34:3719–22. doi: 10.1016/j.vaccine.2016.05.051

[7] McHugh, L., Marshall, H. S., Perrett, K. P., Nolan, T., Wood, N., Lambert, S. B., et al. 2019. The safety of influenza and pertussis vaccination in pregnancy in a cohort of Australian mother-infant Pairs, 2012–2015: the FluMum study. *Clin. Infect. Dis.* 68:402–8. doi: 10.1093/cid/ciy517

[8] McMillan, M., Clarke, M., Parrella, A., Fell, D. B., Amirthalingam, G., and Marshall, H. S. 2017. Safety of tetanus, diphtheria, and pertussis vaccination during pregnancy: a systematic review. *Obstet. Gynecol.*129:560–73. doi: 10.1097/AOG.0000000000001888

Edité par: Michel Goldman

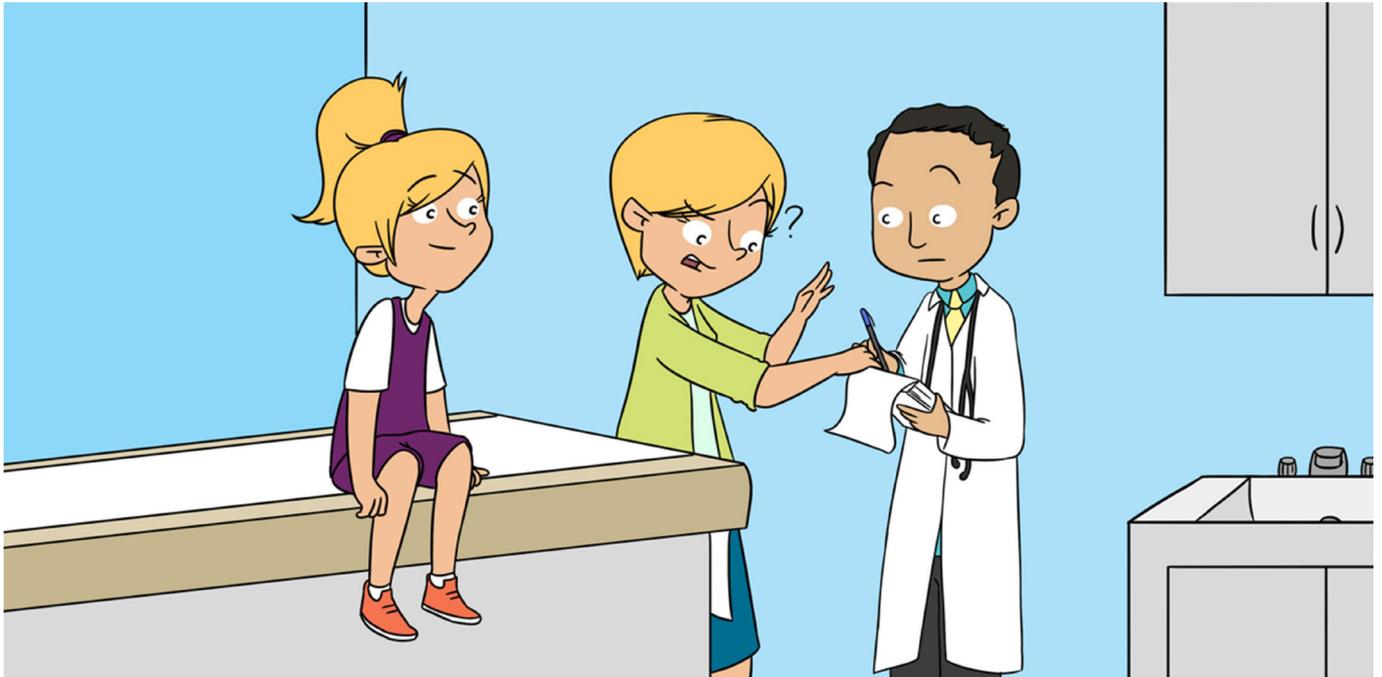
CITATION DE L'ORIGINAL EN ANGLAIS: Maertens K, Orije M and Leuridan E (2021) Vaccination of Pregnant Women: Protecting Babies Even Before Birth!. *Front. Young Minds.* 9:588591. doi: 10.3389/frym.2021.588591

**Traduction adaptée: Loïc De Doncker**

COPYRIGHT © 2021 Maertens, Orije and Leuridan

Il s'agit d'un article à accès libre distribué selon les termes de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). L'utilisation, la distribution ou la reproduction dans d'autres forums est autorisée, à condition que le(s) auteur(s) original(aux) et le(s) titulaire(s) du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans ce journal soit citée, conformément aux pratiques académiques acceptées. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

# Why Vaccines Do Not Work Without Trust



## Authors

 **Laura Spinney**

## Young Reviewers

 **Talal**

## LA CONFIANCE, UNE CLÉ INDISPENSABLE AU SUCCÈS DES VACCINS

### RÉSUMÉ

Les vaccins protègent contre les maladies en préparant notre système immunitaire à combattre les microbes qui les causent. C'est grâce aux vaccins que les enfants échappent à de nombreuses maladies graves comme la poliomyélite, les méningites ou la coqueluche. Pourtant, certaines personnes refusent l'utilisation des vaccins car elles se méfient de leurs fabricants et des autorités qui organisent leur administration. Cette attitude négative expose

toute la population à des risques importants. La méfiance vis-à-vis des vaccins remonte à leur origine. Cet article fait appel à trois exemples historiques avant de discuter de la situation actuelle dans nos pays, à l'heure de la COVID-19.

### **LA GRIPPE ESPAGNOLE (1918)**

Il y a 100 ans, le monde a connu la pire pandémie de grippe de son histoire. Il s'agissait de la grippe dite espagnole bien qu'elle n'ait pas plus touché l'Espagne que d'autres pays. Une pandémie est une épidémie qui touche le monde entier, et cette grippe a été bien plus dangereuse que celle qui sévit chaque hiver. En trois ans, on estime que la pandémie a tué entre 50 et 100 millions de personnes. C'est plus que la Première Guerre mondiale, probablement plus que la Seconde Guerre mondiale, et peut-être même plus que les deux guerres réunies.

Aujourd'hui, nous savons que la grippe est causée par un virus, tout comme la COVID-19. A l'époque, les médecins pensaient qu'elle était causée par des bactéries et ils ont tenté de maîtriser la pandémie par des vaccins anti-bactérie. Bien entendu, ce fut un échec. L'attitude des populations vis-à-vis de ces vaccins a été très différente selon les pays. Dans les pays riches comme les États-Unis et la France, où les gens faisaient globalement confiance à leurs gouvernements, de nombreuses personnes ont accepté de se faire vacciner. Dans les pays pauvres, le ressentiment à l'égard des gouvernants s'est traduit par un large refus des vaccins. Ainsi, l'Inde, sous protectorat britannique, gardait la mémoire de la souffrance imposée par les Anglais aux populations indiennes lors d'une récente épidémie de peste. Les familles avaient été séparées et leurs maisons parfois brûlées. On comprend dès lors que les populations refusaient d'obéir aux injonctions de ceux qui les avaient fait souffrir sous prétexte de les protéger.

### **LA RUMEUR DU VACCIN POLIO CONTAMINÉ AU NIGÉRIA (2003)**

En 2003, une rumeur se répand au Nigéria selon laquelle le vaccin contre la poliomyélite serait contaminé par le virus du SIDA ou des toxines pouvant causer des cancers ou rendre stérile. Les chefs religieux et politiques du nord du pays craignaient une conspiration américaine visant à propager le VIH et à provoquer l'infertilité. La distribution des vaccins a dès lors été arrêtée dans cinq États du pays. Les conséquences ne se sont pas fait attendre : le nombre de nouveaux cas de cette maladie effrayante (elle cause des paralysies multiples) a été multiplié par cinq et la maladie s'est propagée au-delà des frontières du pays, mettant en péril le programme mondial d'éradication de la poliomyélite.

Grâce à une campagne d'information bien conduite et un dialogue constructif avec les dirigeants des états concernés, la vaccination reprendra dans tout le pays. Cet exemple démontre qu'il est possible de venir à bout des rumeurs et informations mensongères.

## L'ÉPIDÉMIE EBOLA AU CONGO (2018)

En août 2018, une maladie dangereuse appelée Ebola s'est déclarée en République démocratique du Congo. Des équipes de médecins et d'experts de différents pays se sont mobilisées pour aider à lutter contre l'épidémie grâce à des vaccins dont l'efficacité et la sûreté étaient formellement démontrées. Pourtant, la maladie a continué à se propager et à faire de nombreuses victimes. Pourquoi le vaccin n'a-t-il pas arrêté la maladie ?

Il s'est avéré qu'une grande partie de la population refusait de se faire vacciner. Pour le comprendre, il faut savoir que la République démocratique du Congo a été l'objet de plusieurs guerres et changements de gouvernement. Les gouvernants du pays ont ainsi perdu la confiance de la population. C'est ainsi que des rumeurs niant l'existence même de la maladie se sont répandues. Quant aux vaccins, une partie de la population considère que ce sont des poisons introduits par des puissances étrangères. Toutes ces fausses informations ont beaucoup compliqué la lutte contre cette maladie très grave [1].

## L'HÉSITATION À L'ÉGARD DES VACCINS DANS LES PAYS RICHES

De fausses informations sur de prétendus effets néfastes des vaccins ont alimenté les doutes et les mouvements anti-vaccins dans nos pays au cours des trente dernières années. C'est l'affirmation par le médecin Wakefield de la responsabilité du vaccin contre la rougeole dans le déclenchement de l'autisme chez l'enfant qui aura les plus graves conséquences. Soutenue par une publication dans une revue scientifique réputée (*The Lancet*) qui finira par reconnaître que l'étude rapportée était complètement fautive, la théorie du docteur Wakefield conduira de nombreux parents à renoncer à vacciner leurs enfants. Alors que la rougeole avait pratiquement disparu dans nos régions, les enfants non-vaccinés allaient être à l'origine de nouveaux foyers de cette maladie qui peut être très grave jusqu'à entraîner la mort. Cette situation a conduit certains pays dont la France à rendre obligatoire ce vaccin ainsi que d'autres de manière à protéger les enfants contre les maladies infectieuses qui les menacent.

La campagne de vaccination contre l'hépatite B en France dans les années 90 a également fait l'objet d'une controverse importante sur l'implication de ce vaccin dans le déclenchement de cas de sclérose en plaques, une maladie grave du système nerveux. Elle a même conduit à suspendre la vaccination des écoliers en 1998, avant que plusieurs études permettent d'écartier définitivement un lien entre le vaccin et la maladie. Cet épisode s'est inscrit dans le contexte d'une méfiance générale vis-à-vis des autorités de santé, causée par l'affaire du sang contaminé qui a causé de nombreux cas de SIDA.

L'hésitation vaccinale est ainsi entretenue par une remise en cause générale des autorités, qu'il s'agisse d'experts scientifiques ou de responsables politiques en charge de la santé. S'y ajoute

les opinions négatives très répandues sur l'industrie pharmaceutique, accusée de privilégier le profit financier au détriment des intérêts de santé publique.

La vaccination contre la COVID-19 a remis la question de l'hésitation vaccinale à l'avant-plan de l'actualité. Alors que l'efficacité de ces vaccins pour prévenir les formes graves de l'infection par le coronavirus est démontrée de façon incontestable et que toutes les données disponibles sur leur sécurité sont rassurantes, certains contestent leur utilité et mettent à mal la lutte contre la pandémie par leur refus de se faire vacciner. Il s'est avéré que les fausses informations circulant sur les réseaux sociaux ont souvent plus d'influence sur la population que les campagnes d'information objective lancées par les autorités. Pour accroître la couverture vaccinale, plusieurs pays ont mis en place des systèmes de « pass sanitaire » qui impose la vaccination à toutes celles et tous ceux qui souhaitent retrouver une vie sociale normale.

Devant le risque important de nouvelles pandémies dans les années à venir, il est essentiel de préparer les nouvelles générations à les affronter en leur expliquant l'importance de la vaccination. Cet effort éducatif doit porter dès le plus jeune âge et être centré sur la prévention des maladies tout au long de la vie.

## RÉFÉRENCES

[1] Available online at: <https://www.sciencemag.org/news/2019/01/fighting-ebola-hard-congo-fake-news-makes-it-harder> (accessed 13, January).

Edité par: Michel Goldman

CITATION DE L'ORIGINAL EN ANGLAIS: Spinney L (2020) Why Vaccines Do Not Work Without Trust. *Front. Young Minds.* 8:160. doi: 10.3389/frym.2019.00160

***Traduction adaptée: Caroline Van Swieten et Michel Goldman***

COPYRIGHT © 2020 Spinney

Il s'agit d'un article à accès libre distribué selon les termes de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). L'utilisation, la distribution ou la reproduction dans d'autres forums est autorisée, à condition que le(s) auteur(s) original(aux) et le(s) titulaire(s) du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans ce journal soit citée, conformément aux pratiques académiques acceptées. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

# Why Is Measles Vaccination So Important?



## Authors

-  **Emma Slack**  **Markus Arnoldini**  **Daniela Latorre**  **Selma Aslani**  
 **Valentina Biagioli**  **Tania Cruz**  **Naomi Elina Dünki**  
 **Antonia Chiara Jeanne Eichelberg**  **Matthias Goldiger**  **Nicole Howald**  
 **Giovanni Marastoni**  **Thierry Marti**  **Vega Peterhans**  
 **Lavanja Selvakumar**  **Anna Winterberg**

## Young Reviewers

-  **Alaa**  **Friess Lake Elementary**

## POURQUOI LA VACCINATION CONTRE LA ROUGEOLE EST-ELLE SI IMPORTANTE ?

### RÉSUMÉ

La rougeole est une maladie causée par le virus de la rougeole. Ce microbe est extrêmement contagieux, ce qui signifie qu'il se transmet très facilement et rapidement d'une personne

à l'autre. Un vaccin a permis d'éliminer presque complètement la maladie en Europe et en Amérique. Malheureusement, la rougeole est toujours présente dans les pays pauvres et réapparaît régulièrement dans les pays riches où certains parents refusent de faire vacciner leurs enfants. Dans cet article, nous expliquons ce qu'est la rougeole et pourquoi la vaccination contre cette maladie est tellement importante.

## QU'EST-CE QUE LA ROUGEOLE ?

La rougeole est une maladie causée par un microbe, le virus de la rougeole. Il provoque une forte fièvre, une mauvaise toux, des yeux rouges et une série de boutons très rouges sur la peau. Le plus souvent, ces signes disparaissent en quelques semaines. Malheureusement, il arrive parfois que le virus se propage aux poumons et au cerveau. La rougeole est alors une maladie grave qui peut conduire à la mort.

Pour comprendre les dégâts causés la rougeole, imaginez le virus comme un cambrioleur et une cellule du corps humain comme une maison. Le cambrioleur entre dans la maison et utilise tout ce qui s'y trouve pour faire des centaines de milliers de copies de lui-même et détruire la maison. Chaque copie du cambrioleur envahit alors une maison voisine. Finalement, une grande partie de la ville est endommagée. Ce sont les dégâts que le virus inflige aux cellules de notre corps qui causent la maladie.

Les personnes atteintes de rougeole libèrent le virus dans l'air chaque fois qu'elles toussent, éternuent, crient ou même lorsqu'elles parlent normalement. C'est ainsi que d'autres personnes dans leur voisinage vont s'infecter à leur tour.

Une fois que l'infection par le virus s'est produite, la seule chose que l'on puisse faire chez les personnes malades, c'est soulager les manifestations désagréables, comme faire baisser la fièvre. Il n'existe pas de traitement.

Pour protéger les enfants de la rougeole, il est essentiel d'empêcher le virus de circuler dans la population. Pour cela, il n'y a qu'une seule stratégie efficace : la vaccination.

## COMMENT FONCTIONNE LE VACCIN CONTRE LA ROUGEOLE ?

Le corps humain dispose d'une force de police appelée le système immunitaire. Le système immunitaire patrouille jour et nuit pour attraper les mauvais microbes. Chacun de ces microbes utilise un déguisement différent pour nous envahir. Lorsqu'il est activé par un microbe dangereux, le système immunitaire reconnaît le déguisement du microbe. Il va alors arrêter le microbe comme le ferait un policier, avant de l'attaquer et l'éliminer.

Le vaccin contient une forme inoffensive du microbe qui ne cause pas de maladie chez une personne normale. Ce virus du vaccin porte le même déguisement que celui du vrai virus de la rougeole. Le vaccin va ainsi entraîner les policiers de notre système immunitaire à reconnaître immédiatement le virus de la rougeole si nous venons à le rencontrer. Nos policiers vont immédiatement arrêter le mauvais virus, l'empêcher de nous infecter, et donc de nous rendre malades.

Les armes utilisées par les policiers du système immunitaire sont appelées des anticorps. On peut les considérer comme les menottes qui arrêtent le virus. En réalité, ces anticorps sont de grosses protéines en forme de Y qui circulent dans le sang. Lorsque virus est menotté, il est incapable de pénétrer dans les cellules et est rapidement éliminé (**Figure 1**).

Le vaccin contre la rougeole a permis de sauver de sauver des milliers de vie à travers le monde. Dans des pays riches comme le nôtre, la rougeole ne se voit pratiquement plus parce que pratiquement tous les enfants sont vaccinés. Il en est différemment dans les pays pauvres d'Afrique, en Inde, au Pakistan, en Afghanistan..... De graves épidémies de rougeole surviennent chaque année dans tous ces pays où la vaccination des enfants n'est pas suffisante pour faire barrage au virus. Retenez ce chiffre : 500 enfants meurent de la rougeole tous les jours dans le monde !

## **JE N'AI JAMAIS RENCONTRÉ QUELQU'UN QUI AVAIT LA ROUGEOLE. POURQUOI AI-JE ENCORE BESOIN DU VACCIN ?**

Nous venons de voir que le virus de la rougeole est encore très présent dans plusieurs pays du monde. Si vous voyagez dans un de ces pays ou si vous êtes en contact avec quelqu'un qui en vient, vous courez donc un grand risque d'attraper la maladie si vous n'êtes pas vacciné.

Même en restant chez nous, vous risquez d'attraper le virus si vous n'êtes pas vacciné et que trop de personnes dans votre entourage ne le sont pas non plus. En fait, le virus est à l'affût des personnes non-vaccinées. Lorsqu'il les trouve, il les infecte très facilement. Elles deviennent alors des zombies porteurs de virus. Ces zombies vont rapidement infecter d'autres personnes non-protégées qui vont-elles-mêmes se transformer en zombies.

C'est ainsi que des épidémies localisées peuvent encore surgir dans les pays riches, lorsque trop d'enfants ne sont pas vaccinés. Les enfants dont les parents ont refusé qu'ils soient vaccinés n'en sont pas les seules victimes. Les bébés de moins d'un an courent aussi un grand risque de faire la rougeole lorsque le virus circule car le vaccin ne peut pas être administré avant cet âge. Il faut y ajouter les enfants plus âgés qui ne peuvent recevoir le vaccin en raison d'une maladie qui affaiblit leur système immunitaire. Pour ces enfants, la seule protection possible est de

limiter au maximum la circulation du virus en vaccinant tous les enfants qui peuvent l'être. C'est ce que l'on appelle l'immunité collective ou immunité de groupe. (**Figure 2**).

## **MAIS J'AI ENTENDU DIRE QUE LE VACCIN CONTRE LA ROUGEOLE POUVAIT ÊTRE DANGEREUX... L'EST-IL ?**

Alors que les vaccins ont sauvé des millions de vie depuis leur découverte, ils continuent à faire l'objet d'oppositions dans la population. Certaines personnes ne comprennent pas l'intérêt de se faire administrer un produit pharmaceutique alors qu'elles sont en parfaite santé. Et lorsque certains affirment (sans preuve scientifique) que les vaccins pourraient avoir des effets indésirables, ces personnes hésitent voire refusent la vaccination. Le vaccin contre la rougeole est celui que l'on a le plus étudié pour vérifier et revérifier qu'il était parfaitement sûr. Ces études ont été rendues nécessaires suite à l'affirmation d'un médecin anglais peu scrupuleux qui a affirmé qu'il y avait un lien entre ce vaccin et l'autisme, une maladie qui cause des handicaps sévères (pour plus de détails, voir le chapitre La confiance est indispensable au succès des vaccins). Tous les doutes ont aujourd'hui été levés. Comme pour les autres vaccins et comme pour tout médicament, des complications tout à fait exceptionnelles peuvent survenir mais elles ne menacent jamais la vie de la personne vaccinée.

## **CONCLUSION**

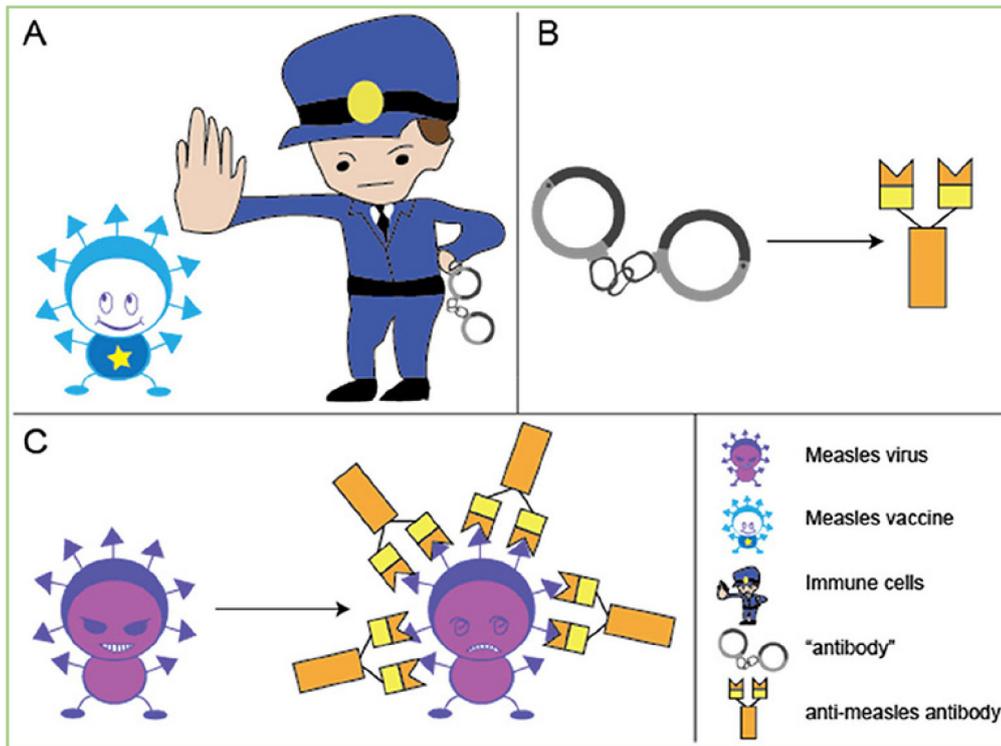
Tous les enfants qui le peuvent devraient être vaccinés contre la rougeole. Le vaccin les protégera eux-mêmes de la maladie et contribuera aussi à protéger les enfants qui ne peuvent pas le recevoir, dans nos pays et dans le monde.

## **GLOSSAIRE**

- **Vaccin**: un micro-organisme affaibli ou mort, ou une partie de micro-organisme, qui peut entraîner le système immunitaire à reconnaître et à défendre l'organisme contre le véritable micro-organisme provoquant la maladie.
- **Virus** : un micro-organisme minuscule qui doit entrer dans les cellules d'un autre être vivant pour se développer et se reproduire. Certains virus peuvent infecter les cellules humaines et causent alors des maladies chez les humains.
- **Microorganisme** : une forme de vie très petite qui ne peut être vue à l'œil nu, mais seulement avec un puissant microscope. Les bactéries et les virus sont des micro-organismes.
- **Système immunitaire** : système existant dans le corps humain, qui le protège des micro-organismes. Les vaccins peuvent entraîner à l'avance certaines parties du système immunitaire à reconnaître les micro-organismes.

- **Anticorps** : lorsque votre système immunitaire rencontre un micro-organisme, il fabrique des protéines capables de se lier précisément au micro- organisme, un peu comme des menottes: celles-ci doivent avoir la forme correcte pour être efficaces et empêcheront le prisonnier de faire plein de bêtises. Ces protéines sont appelées anticorps.
- **Immunité de cohorte** : lorsqu'un nombre suffisant de personnes a été vacciné, la maladie ne peut plus se propager. De cette façon, les personnes vaccinées protègent les quelques personnes qui ne peuvent pas être vaccinées pour raison médicale ou parce qu'elles sont trop jeunes par ex.
- **Vaccin RRO** : le vaccin combiné "Rougeole, rubéole, et oreillons". Les oreillons et la rubéole sont deux autres maladies graves causées par des virus. Ce vaccin confère une protection contre les trois infections.

## FIGURES



**Figure 1** - Le vaccin entraîne le système immunitaire à produire des anticorps contre le virus.  
(A) Le système immunitaire reconnaît le vaccin comme s'il s'agissait du virus de la rougeole.  
(B) Des anticorps sont produits, capables de reconnaître et bloquer le virus de la rougeole.  
(C) Si le véritable virus de la rougeole est rencontré, il est immédiatement arrêté par les anticorps.

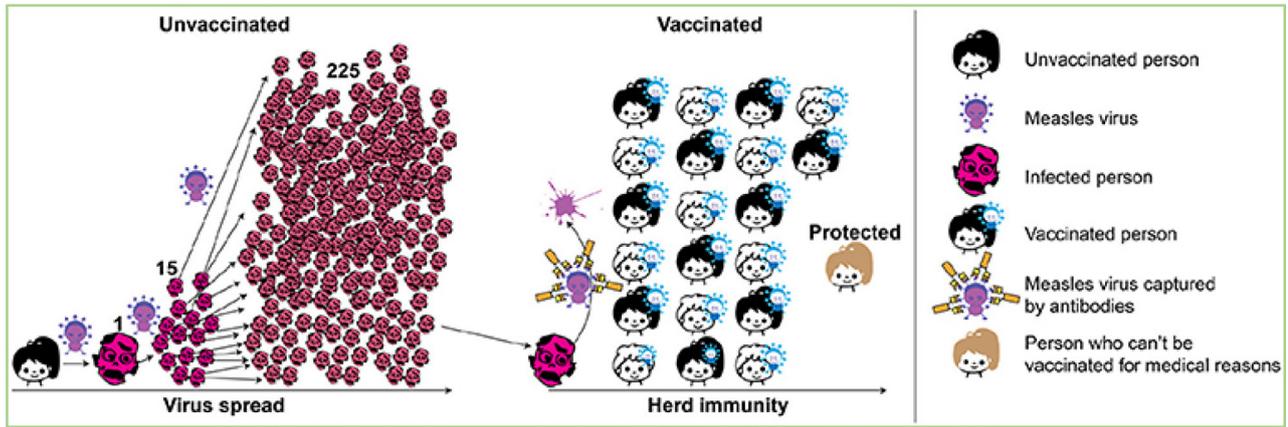


Figure 2 - L'immunité collective contre la rougeole.

(1) À gauche, la situation dans une population non-vaccinée. Le virus se propage rapidement car une seule personne infectée en contamine jusque 15 autres qui elles-mêmes vont en contaminer de nombreuses autres.

(2) À droite, la situation dans une population vaccinée. Lorsque la plupart des personnes sont vaccinées, les quelques personnes qui ne peuvent pas recevoir le vaccin sont protégées grâce au barrage que les personnes vaccinées font au virus.

## RÉFÉRENCES

[1] WHO. 2018. Measles. WHO. Available online at: <https://www.who.int/immunization/diseases/measles/en/>

[2] Griffin, D. E. 2018. Measles vaccine. *Viral Immunol.* 31:86–95. doi: 10.1089/vim.2017.0143

[3] Jain, A., Marshall, J., Buikema, A., Bancroft, T., Kelly, J. P., and Newschaffer, C. J. 2015. Autism occurrence by MMR vaccine status among US children with older siblings with and without autism. *JAMA* 313:1534. doi: 10.1001/jama.2015.3077

[4] Deer, B. 2011. How the case against the MMR vaccine was fixed. *BMJ* 342:c5347. doi: 10.1136/bmj.c5347

[5] Baio, J., Wiggins, L., Christensen, D. L., Maenner, M. J., Daniels, J., Warren, Z., et al. 2018. Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 years—autism and developmental disabilities monitoring network, 11 sites, United States, 2014. *MMWR Surveill. Summ.* 67:1–23. doi: 10.15585/mmwr.ss6706a1

Edité par: Paul-Henri Lambert

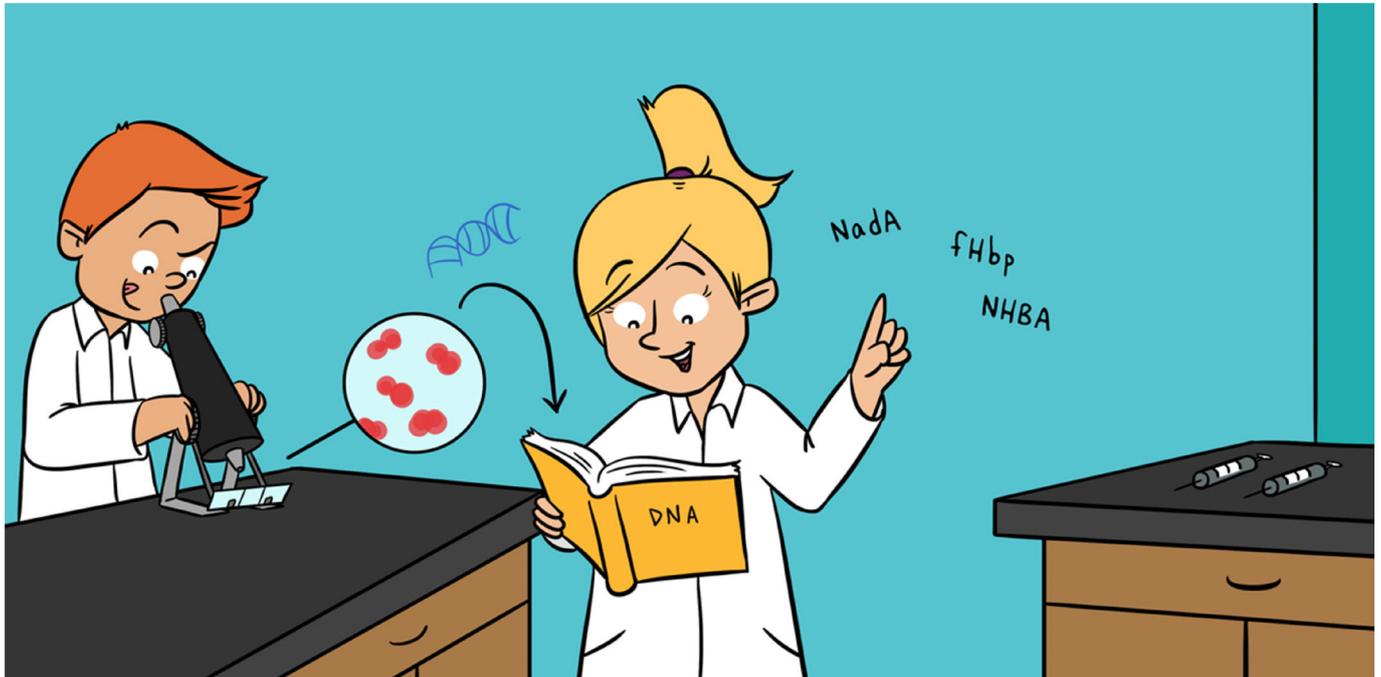
CITATION DE L'ORIGINAL EN ANGLAIS: Slack E, Arnoldini M, Latorre D, Aslani S, Biagioli V, Cruz T, Dünki N, Eichelberg A, Goldiger M, Howald N, Marastoni G, Marti T, Peterhans V, Selvakumar L and Winterberg A (2019) Why Is Measles Vaccination So Important?. *Front. Young Minds.* 7:119. doi: 10.3389/frym.2019.00119

**Traduction adaptée: Charlotte Martin**

COPYRIGHT © 2019 Slack, Arnoldini, Latorre, Aslani, Biagioli, Cruz, Dünki, Eichelberg, Goldiger, Howald, Marastoni, Marti, Peterhans, Selvakumar and Winterberg

Il s'agit d'un article à accès libre distribué selon les termes de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). L'utilisation, la distribution ou la reproduction dans d'autres forums est autorisée, à condition que le(s) auteur(s) original(aux) et le(s) titulaire(s) du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans ce journal soit citée, conformément aux pratiques académiques acceptées. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

# Meningococcal Vaccines: A Technological Revolution



## Authors

 **Simone Pecetta**  **Vega Massignani**  **Mariagrazia Pizza**  **Rino Rappuoli**

## Young Reviewers

 **Amelie**  **Elliot**

# LES VACCINS CONTRE LES MÉNINGITES: UNE RÉVOLUTION TECHNOLOGIQUE

## RÉSUMÉ

Le méningocoque est une bactérie qui peut provoquer une maladie très sévère. Le développement d'un vaccin efficace a été extrêmement difficile. Les vaccins anti-méningococciques développés dans les années 1990 sont orientés contre la capsule de la bactérie. Celle-ci constitue un bouclier qui la protège mais peut également servir de cible à notre corps afin

de lutter contre la terrible maladie qu'elle provoque. Ces vaccins peuvent agir contre quatre types de méningocoques: A, C, W et Y. Cependant, ils ne permettent pas de se défendre contre le méningocoque B. Des scientifiques ont dû imaginer un nouveau moyen de fabriquer des vaccins, en cherchant dans l'ADN bactérien d'autres potentielles cibles vaccinales. Avec cette nouvelle approche, appelée vaccinologie inverse, trois nouveaux composants bactériens ont été découverts: NadA, NHBA et fHbp. Associés à un quatrième composant (PorA), ils forment le vaccin 4CMenB. Ce vaccin a réduit de 75 % les infections à méningocoque chez les nourrissons au Royaume-Uni. Aujourd'hui, 4CMenB protège les enfants du monde entier.

## BIEN PIRE QU'UN SIMPLE MAL DE TÊTE

Vous n'en avez peut-être jamais entendu parler, mais il existe une bactérie dangereuse appelée *Neisseria meningitidis*, également connu sous le nom de méningocoque. Habituellement, le méningocoque vit tranquillement dans notre nez sans entraîner de symptôme. Lorsque nous sommes fragilisés, la bactérie peut passer dans la circulation sanguine et causer la maladie qui lui est associée.

Le méningocoque peut être à l'origine d'une maladie très grave, la méningite. Au départ, le malade peut présenter de la fièvre, des vomissements et des maux de tête, comme dans une simple grippe. Ensuite, la bactérie voyage dans le corps et se multiplie très rapidement, atteignant le sang et les organes, y compris le cerveau (**Figure 1**).

La méningite à méningocoque peut entraîner la mort en quelques heures. Pour ceux qui survivent, certains présenteront des handicaps physiques, souvent secondaires à des amputations, et/ou des handicaps mentaux, liés aux dommages cérébraux. Les enfants sont particulièrement vulnérables au méningocoque et des handicaps définitifs peuvent survenir dans la moitié des cas. Alors pourquoi n'avez-vous jamais entendu parler d'une bactérie aussi effrayante? Parce que ce n'est pas très fréquent. La maladie est surtout présente en Afrique subsaharienne où elle touche 30 000 personnes chaque année. Par ailleurs, le méningocoque peut se manifester dans le monde entier, apparaissant sous forme de séries de cas (il est fréquent dans les rassemblements de jeunes adultes comme les collèges ou les discothèques) ou de grandes épidémies. Comment éviter de contracter cette maladie ? Par la vaccination!

## TROUVER LE POINT FAIBLE

A quoi ressemble le méningocoque? Comme toutes les autres cellules, elle est entourée d'une membrane sur laquelle se trouvent de nombreuses molécules, appelées antigènes. Ces antigènes aident la bactérie à se fixer dans notre nez et à survivre dans notre corps. Les méningocoques possèdent un bouclier, appelé capsule, qui recouvre cette membrane et les protège des défenses de notre organisme. Il faut un certain temps au corps humain pour

préparer ses défenses contre le méningocoque. Cependant, quand le corps est prêt à détruire la bactérie, il est généralement déjà trop tard: le méningocoque se multiplie rapidement dans le sang, pénètre dans les organes comme le cerveau et cause des dégâts souvent irréversibles.

La capsule, qui constitue le principal mécanisme de défense de cette bactérie, peut aussi devenir notre meilleure arme contre le méningocoque. En effet, des scientifiques ont découvert que lorsque nous injectons une partie de cette capsule à une personne en bonne santé, son corps apprend à vaincre le méningocoque. Ce serait comme montrer l'identité d'un futur voleur à la police, afin qu'elle puisse l'arrêter avant qu'il ne vole. C'est comme ça que fonctionne la vaccination.

Si nous continuons dans le même parallèle, les cellules appelées lymphocytes B constitueraient une partie des forces de l'ordre de notre corps, nécessaire à la protection contre le méningocoque. Les lymphocytes B produisent des molécules appelées anticorps. Les anticorps sont libérés dans le sang et s'accrochent aux bactéries nuisibles, comme des étiquettes. Après les avoir étiquetées, le corps peut détruire les bactéries avant qu'elles ne causent des dommages.

## HISTOIRE DES VACCINS CONTRE LE MÉNINGOCOQUE

Les premiers vaccins contre le méningocoque étaient composés d'antigènes de la capsule bactérienne. Ils ne protégeaient que les adultes et pendant une courte période. Chez les enfants, qui représentent la population la plus vulnérable face à cette maladie, ces vaccins n'étaient pas efficaces. En effet, les antigènes de la capsule seuls ne peuvent recruter que des lymphocytes B, mais ils ne font pas appel à d'autres cellules de défense, appelées lymphocytes T. Ces derniers sont des éléments essentiels de la réponse contre les micro-organismes, chez l'enfant comme chez l'adulte. Les lymphocytes T ne produisent pas d'anticorps mais indiquent aux lymphocytes B comment fabriquer des anticorps plus précis, pendant une plus longue période et en plus grande quantité. Ils agissent un peu comme les entraîneurs des lymphocytes B. Grâce à ces lymphocytes T, notre corps peut se souvenir d'un micro-organisme pendant des années. Ainsi, lorsque le même micro-organisme se représente, le corps pourra le combattre plus rapidement et plus efficacement que lors du premier contact. Alors comment protéger les enfants si la capsule ne suffit pas?

Des scientifiques ont résolu ce problème dans les années 1990. En utilisant un processus chimique, ils ont lié des antigènes de la capsule à une autre molécule, une protéine, très attractive pour les lymphocytes T [1]. Cette molécule provient d'autres bactéries nuisibles, telles que les bactéries associées à la diphtérie ou au tétanos. Elle est appelée protéine porteuse car elle présente la capsule aux lymphocytes T. De cette façon, le vaccin peut stimuler à la fois les lymphocytes B et T. Cette idée brillante a conduit à la création de ce qu'on appelle les vaccins conjugués. De nos jours, ces vaccins sont utilisés couramment et dans le monde entier.

Cependant, le méningocoque est un maître en déguisement. En effet, la capsule peut être de différents types: A, B, C, W et Y. Si le corps crée des anticorps spécifiques contre l'un des types, ils ne protègent pas contre les autres. Pour être protégé contre les différents types, notre corps doit apprendre à reconnaître les cinq variantes de la capsule. Les vaccins conjugués sont hautement protecteurs contre les types A, C, W et Y. Mais qu'en est-il du type B ? Eh bien, le méningocoque avait plus d'un tour dans son sac...

## MÉNINGOCOQUE B: LA DERNIÈRE ÉTAPE

Le développement d'un vaccin contre le méningocoque B a représenté l'un des grands défis de la médecine moderne [2,3]. Le méningocoque B représente encore un problème majeur de santé publique aux USA, au Canada, en Europe, en Asie et dans de nombreux autres pays. La difficulté vient du fait que la capsule du type B n'entraîne pas de production d'anticorps, même avec la technologie des vaccins conjugués. Le méningocoque B utilise une stratégie sophistiquée: sa capsule imite les molécules présentes sur nos cellules, de sorte qu'elle puisse être identifiée comme une cellule de notre propre corps. De ce fait, en s'attaquant à la capsule du méningocoque B, l'organisme endommagerait aussi ses propres cellules. Par conséquent, le système immunitaire ne réagit pas contre le méningocoque de type B. De nombreux scientifiques ont conclu qu'utiliser la capsule pour lutter contre cette bactérie serait trop risqué. Une nouvelle technologie s'est révélée nécessaire pour relever ce défi.

## UNE RÉVOLUTION INVERSÉE

Si un problème ne peut pas être résolu en utilisant des méthodes bien connues, il faut inventer quelque chose de nouveau! Au lieu de chercher quelque chose de clairement visible à l'extérieur de la bactérie, comme sa capsule, certains scientifiques ont décidé d'étudier la bactérie plus en profondeur, en examinant son ADN. L'ADN est comme un catalogue de tous les composants bactériens qui remplissent les fonctions de la bactérie. À l'aide d'équipements de laboratoire modernes, l'ADN peut être lu comme un texte, exactement comme vous le faites avec cet article (plus de 2 milliards de lettres et plus de 2 000 mots sont contenus dans l'ADN de la bactérie!). En lisant, vous pouvez reconnaître des mots que vous ne connaissez pas et rechercher leur signification à l'aide d'un dictionnaire. C'est exactement ce qui s'est passé pour le méningocoque B. Ces scientifiques ont lu son ADN pour trouver des antigènes bactériens encore inconnus qui, comme la capsule des autres types, pourraient devenir des cibles pour les défenses de l'organisme et composer le nouveau vaccin. Cette approche fut nommée vaccinologie inverse (**Figure 2**). Elle représente une révolution dans le domaine de la vaccinologie.

Des algorithmes informatiques sophistiqués ont été utilisés pour analyser l'ensemble de l'ADN du méningocoque de type B. Plusieurs mois de travail ont été nécessaires pour passer de 2000

à 600 antigènes potentiels et enfin aux trois meilleurs [4]. Les trois composants retenus sont NadA, fHbp et NHBA.

Ces trois antigènes jouent un rôle important dans la capacité du méningocoque B à provoquer la maladie (**Figure 3A**). NadA est un antigène collant qui sert de point d'ancrage à la bactérie lui permettant de se coller aux parois internes des narines humaines. Lorsque la bactérie traverse les cellules nasales et pénètre dans la circulation sanguine, elle se multiplie et peut atteindre tous les organes. Pour circuler dans le sang sans être agressé par les anticorps, le méningocoque a développé plusieurs mécanismes afin de tromper les défenses de l'organisme. Le méningocoque utilise le fHbp et le NHBA comme colle pour enduire sa surface de substances normalement produites par le corps humain, le rendant «invisible» par l'organisme. Cependant, maintenant que nous connaissons ces astuces, nous pouvons demander au système immunitaire de produire des anticorps contre NadA, fHbp et NHBA. Ainsi, nous pouvons compromettre le mécanisme de déguisement du méningocoque. En combinant ces trois composants avec un quatrième composant, PorA, le premier vaccin contre le méningocoque B, appelé 4CMenB, est né.

## SAUVER LES ENFANTS DU MÉNINGOCOQUE B

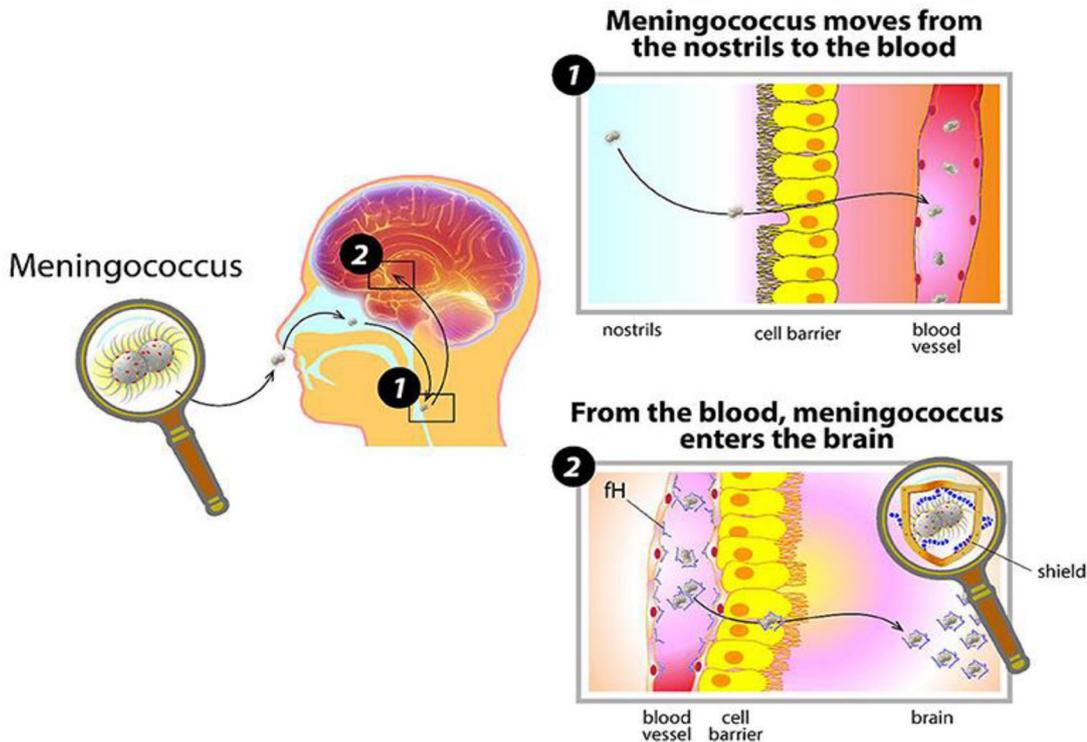
Le Royaume-Uni a été le premier pays à décider de protéger ses enfants avec le nouveau vaccin 4CMenB. Celui-ci a été introduit dans un programme national de vaccination en 2015 [5]. Au cours des 5 années qui ont suivi, environ 5 millions d'enfants au Royaume-Uni ont été vaccinés avec ce nouveau vaccin. Comme le montre la **Figure 3B**, l'utilisation de 4CMenB a permis d'éviter un cas de maladie associée au méningocoque tous les 4 jours! Actuellement, le vaccin 4CMenB est disponible dans 42 pays et protège des milliers de nourrissons, d'enfants et d'adolescents à travers le monde.

## GLOSSAIRE

- **Vaccin**: substance administrée à une personne pour prévenir une maladie infectieuse spécifique causée par un micro-organisme spécifique.
- **Antigène**: composant d'un micro-organisme qui sert de cible pour les défenses de l'organisme.
- **Capsule**: bouclier qui entoure une bactérie et la protège du système immunitaire.
- **Anticorps**: molécules qui se lient aux antigènes, comme ceux de la capsule bactérienne. Ils indiquent au reste du système immunitaire quels sont les micro-organismes à détruire.
- **Protéine porteuse**: molécule, couplée à un antigène, qui permet d'attirer plus de cellules du système immunitaire, y compris les lymphocytes T. Elle est utilisée dans les vaccins conjugués.

- **Vaccin conjugué:** vaccin composé d'un antigène de la capsule bactérienne attaché à une protéine porteuse. Il peut activer à la fois les lymphocytes B et T. Il protège les enfants contre les méningocoques de type A, C, W et Y.
- **Vaccinologie inverse:** étude de l'ADN d'un organisme pour identifier de nouveaux composants pour les vaccins. A permis la découverte d'un vaccin efficace contre le méningocoque de type B.

## FIGURES



**Figure 1** - Dissémination du méningocoque dans l'organisme.

Le méningocoque entre par le nez, entre en contact avec les cellules à l'intérieur des narines et pénètre dans le sang. Recouvert de sa capsule et déguisé en s'enroband de protéines humaines (comme fH), il échappe aux défenses de l'organisme et se multiplie. Lorsque le méningocoque atteint les organes, comme le cerveau, il cause de graves dommages.

Meningococcus = Méningocoque

Meningococcus moves from the nostrils to the blood = Le méningocoque passe des narines au sang

nostrils = narines

cell barrier = barrière cellulaire

blood vessel = vaisseau sanguin

From the blood, meningococcus enters the brain = A partir du sang, le méningocoque pénètre dans le cerveau

brain = cerveau

shield = bouclier

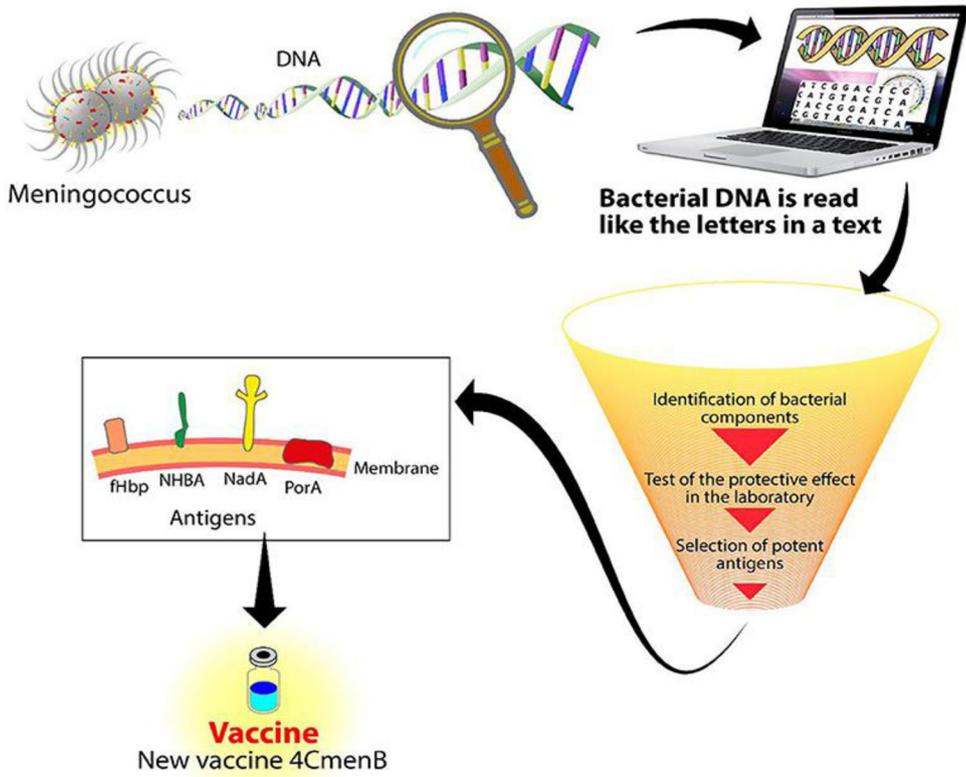


Figure 2 - Vaccinologie inverse.

L'ADN du méningocoque est lu par une machine appelée séquenceur. À l'aide de programmes informatiques sophistiqués, l'ADN est analysé pour identifier de nouveaux composants à utiliser pour un vaccin. Après de nombreuses expériences, trois antigènes ont été identifiés comme potentiellement protecteurs contre le méningocoque B: NadA, NHBA et fHbp. Associés à un quatrième antigène, PorA, ils forment le vaccin 4CMenB.

Meningococcus = Méningocoque

DNA = ADN

Bacterial DNA is read like the letters in a text = L'ADN bactérien est lu comme les lettres d'un texte

Identification of bacterial components = Identification des composants bactériens

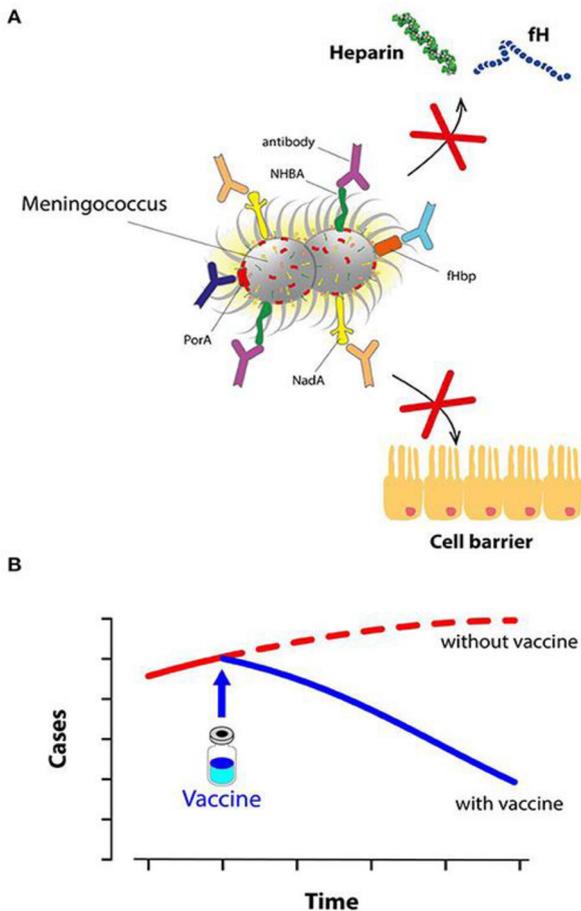
Selection of potent antigens = Sélection des antigènes potentiels

Membrane = Membrane

Antigens = Antigènes

Vaccine = Vaccin

New vaccine 4CmenB = Nouveau vaccin 4CmenB



**Figure 3** - Protection vaccinale contre le méningocoque B.

(A) Après la vaccination par 4CMenB, l'organisme produit des anticorps contre le méningocoque. Les anticorps bloquent NadA, limitant la capacité du méningocoque à envahir les cellules. D'autres anticorps bloquent la fHbp et la NHBA, empêchant la bactérie de se coller aux protéines humaines (comme la fH et l'héparine) et stoppant ainsi le mécanisme de déguisement. Enfin, d'autres anticorps bloquent également PorA et d'autres antigènes. Couvert d'anticorps, le méningocoque B est inoffensif et rapidement détruit. (B) Après son introduction au Royaume-Uni en 2015, l'utilisation du vaccin 4CMenB a considérablement réduit le nombre de cas de maladies associées au méningocoque B chez les jeunes enfants.

Heparin = Héparine

antibody = anticorps

Meningococcus = Méningocoque

Cell barrier = Barrière cellulaire

Cases = Cas

without vaccine = sans vaccination

Vaccine = Vaccin

with vaccine = avec vaccin

Time = Temps

## RÉFÉRENCES

- [1] Micoli, F., Del Bino, L., Alfini, R., Carboni, F., Romano, M. R., and Adamo, R. 2019. Glycoconjugate vaccines: current approaches towards faster vaccine design. *Expert Rev. Vaccines* 18:881–95. doi: 10.1080/14760584.2019.1657012
- [2] Rappuoli, R., Pizza, M., Masignani, V., and Vadivelu, K. 2018. Meningococcal B vaccine (4CMenB): the journey from research to real world experience. *Expert Rev. Vaccines* 17:1111–21. doi: 10.1080/14760584.2018.1547637
- [3] Masignani, V., Pizza, M., and Moxon, E. R. 2019. The development of a vaccine against meningococcus B using reverse vaccinology. *Front. Immunol.* 10:751. doi: 10.3389/fimmu.2019.00751
- [4] Pizza, M., Scarlato, V., Masignani, V., Giuliani, M. M., Aricò, B., Comanducci, M., et al. 2000. Identification of vaccine candidates against serogroup B meningococcus by whole-genome sequencing. *Science* 287:1816–20. doi: 10.1126/science.287.5459.1816
- [5] Ladhani, S. N., Andrews, N., Parikh, S. R., Campbell, H., White, J., Edelstein, M., et al. 2020. Vaccination of infants with meningococcal group B vaccine (4CMenB) in England. *N. Engl. J. Med.* 382:309–17. doi: 10.1056/NEJMoa1901229

Edité par: Michel Goldman

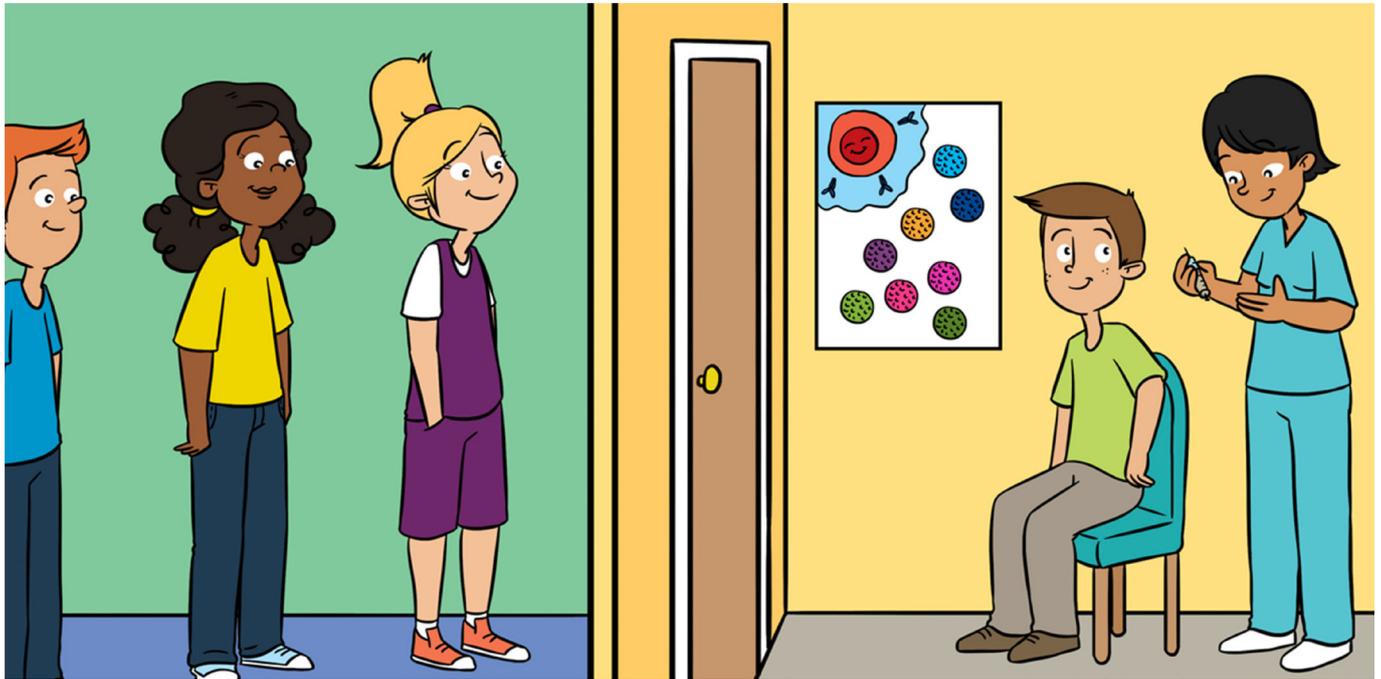
CITATION DE L'ORIGINAL EN ANGLAIS: Pecetta S, Masignani V, Pizza M and Rappuoli R (2021) Meningococcal Vaccines: A Technological Revolution. *Front. Young Minds.* 9:560305. doi: 10.3389/frym.2020.560305

***Traduction adaptée: Loïc De Doncker***

COPYRIGHT © 2021 Pecetta, Masignani, Pizza and Rappuoli

Il s'agit d'un article à accès libre distribué selon les termes de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). L'utilisation, la distribution ou la reproduction dans d'autres forums est autorisée, à condition que le(s) auteur(s) original(aux) et le(s) titulaire(s) du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans ce journal soit citée, conformément aux pratiques académiques acceptées. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

# Human Papillomavirus Is Dangeorus—But a Vaccine Can Save You!



## Authors

 **Marie Neunez**  **Susan Nasif**  **Pierre R. Smeesters**  **Hilde Stevens**

## Young Reviewers

 **A. Y. Jackson S.S. (Toronto District School Board)**

## LE PAPILOMAVIRUS HUMAIN: DES CANCERS ÉVITABLES PAR LA VACCINATION

### RÉSUMÉ

Le virus du papillome humain (VPH) est un virus qui peut provoquer des maladies de la peau et des muqueuses chez les femmes et les hommes. Il existe plus de 100 types de VPH. Si la plupart d'entre eux provoquent de simples lésions, certains VPH sont plus dangereux et peuvent entraîner des cancers. L'infection par le VPH ne peut pas être guérie. L'unique solution

est la prévention de l'infection par la vaccination des filles et des garçons de 9 à 15 ans. La vaccination contre le VPH permet de prévenir l'infection et la transmission du virus d'une personne à une autre.

Cet article aide les enfants à comprendre les bases du VPH, les maladies qu'il peut entraîner ainsi que son vaccin comme solution idéale pour protéger les humains contre ce virus.

## LE VIRUS DU PAPILLOME HUMAIN (VPH OU HPV): DE QUOI S'AGIT-IL EN VRAI ?

Le virus du papillome humain, également connu sous le surnom de "VPH" ou « HPV » en anglais, est un virus qui infecte les humains et provoque des "papillomes". Le mot papillome est composé de "papille" qui signifie bouton et de "ome" qui désigne une croissance anormale de cellules (tumeur). Le VPH infecte de préférence la peau et les muqueuses. La peau est un organe composé de plusieurs couches de tissus et constitue la barrière de protection naturelle du corps humain. La muqueuse est un tissu qui tapisse l'intérieur de nombreux organes tels que la bouche, la gorge ou les organes génitaux.

Les virus sont invisibles à l'œil nu mais ils peuvent être observés grâce à un microscope. Le VPH a une forme ronde et son diamètre est de 55 nm. C'est un million de fois plus petit qu'une balle de tennis. Le virus possède un ADN circulaire qui code pour 9 protéines. Les protéines "précoces" (protéines E) aident le virus à fonctionner, à survivre et à modifier les cellules humaines (formation de tumeurs), tandis que les protéines "tardives" (L1 et L2) aident le virus à se propager et à survivre dans l'environnement.

Cinq protéines L1 s'organisent en pentamère autour d'une protéine L2 afin de former un bouclier en forme d'étoile, comme si vous construisiez une étoile avec des lego. Au total, 72 boucliers étoilés s'auto-assemblent pour créer la forme ronde du VPH, appelée capside, qui contient l'ADN viral (**Figure 1**) [1,2].

## LE VPH SE PRÉSENTE SOUS DIFFÉRENTES FORMES ET SE PROPAGE DE DIFFÉRENTES MANIÈRES

Le VPH ne correspond pas à un seul virus. Il en existe plus de 100 types, mais la plupart d'entre eux sont rares et pas dangereux. Chaque type de VPH apparaît différemment, comme s'ils avaient tous des boucliers étoilés différents. A chaque bouclier étoilé correspond un numéro spécifique et donne au virus certaines caractéristiques. En fonction de leur dangerosité pour l'homme, les types de VPH sont classés comme VPH à faible ou à haut risque [2]. Certains boucliers étoilés, comme les 16 et 18, sont très dangereux pour l'homme (VPH à haut risque) et peuvent causer des lésions cancéreuses, entraînant des cancers dans diverses régions du corps. D'autres, comme les 6 et 11, sont moins dangereux (VPH à faible risque) et peuvent créer des blessures telles que des verrues ou des condylomes (**Figure 2**). Ces lésions sont dites bénignes car elles ne sont pas critiques pour la vie humaine.

On estime que la majorité des adultes dans le monde sont ou ont été infectés par le VPH. La plupart des gens ne remarquent même pas l'infection, mais peuvent quand même infecter d'autres personnes. Vous pouvez par exemple être infecté dans les piscines ou par contact peau-peau lorsque vous vous serrez la main. Lorsqu'une mère est infectée, elle peut transmettre le virus à son bébé lors de l'accouchement. Le VPH est également la maladie sexuellement transmissible la plus courante et peut être transmis par des contacts intimes et sexuels.

## DES SYMPTÔMES BÉNINS AU CANCER (DU COL DE L'UTÉRUS)

Plus de la moitié des VPH (~60) causent des verrues sur diverses régions de la peau comme les mains et les pieds. Ces lésions ne sont généralement pas graves pour la santé humaine. Le reste des VPH (~40) pénètre dans notre corps humain lors de contacts intimes et sexuels. Les VPH sexuellement transmissibles ne provoquent pas tous des maladies mortelles. Par exemple, les types 6 et 11 provoquent des condylomes, tandis que les types 16 et 18 sont liés au cancer du col de l'utérus. Il s'agit d'un cancer d'une partie de l'utérus, un organe essentiel à la reproduction humaine chez les filles. Le cancer du col de l'utérus est l'une des principales causes de décès chez les femmes dans le monde. C'est le médecin-virologue allemand Harald zur Hausen qui a découvert le lien entre le VPH et le cancer du col de l'utérus [3]. En 2008, il a reçu le prix Nobel de médecine pour cela !

Bien que le VPH se retrouve aussi bien chez les femmes que chez les hommes, les femmes ont un plus grand risque de développer un cancer lorsqu'elles sont infectées par un VPH à haut risque. La majorité des cancers du col de l'utérus sont causés par une infection par le VPH. Certains cancers de la bouche et de la gorge peuvent également être liés au VPH. Par conséquent, les hommes sont également vulnérables aux infections par le VPH et peuvent également développer un cancer.

Être infecté par le VPH ne signifie pas que vous allez développer une tumeur. Heureusement, car l'infection par le VPH est l'infection virale la plus courante de l'appareil reproducteur. Pour développer un cancer, vous devez être infecté par un type de virus à haut risque et présenter une infection de longue durée ou avoir un corps qui n'est pas capable de lutter efficacement contre le virus. Pour mieux comprendre les risques liés à l'infection par le VPH: si 10 adolescents sont infectés, 9 élimineront le virus de leur corps et 1 seul développera une maladie grave telle que le cancer du col de l'utérus.

Lorsqu'un VPH à haut risque infecte des cellules humaines via un récepteur, si toutes les conditions sont réunies, le VPH est capable de tromper le système immunitaire et de maintenir son infection. Cette infection de longue date est la première étape du développement potentiel d'un cancer. L'infection commence dans la couche la plus profonde des cellules de la peau ou des muqueuses. Grâce à ses protéines "précoces", le VPH est capable de perturber le

fonctionnement des cellules humaines [1]. Après avoir pris le contrôle des cellules humaines, le VPH peut se reproduire et envahir d'autres cellules humaines de la profondeur vers la surface. Chaque cellule infectée présente un aspect anormal, comme si elle était malade (**Figure 3**).

## RESTEZ EN SÉCURITÉ ET PROTÉGEZ-VOUS CONTRE LE VPH

L'infection par le VPH ne peut pas être guérie. La solution la plus efficace consiste à prévenir l'infection par le VPH grâce à la vaccination. Actuellement, le vaccin contre le VPH peut nous protéger contre 9 types de VPH à haut risque: 6, 11, 16, 18, 31, 33, 45, 52 et 58 [2]. Il nous protège donc contre la plupart des infections par le VPH qui entraînent de graves problèmes de santé.

Le vaccin contre le VPH contient les protéines L1 de 9 types de VPH. En d'autres termes, le vaccin est constitué de boucliers étoilés reconstruits de ces 9 types de virus. Ces derniers ne peuvent pas causer de dommages aux humains. Ces boucliers sont appelés "pseudo-particules virales de VPH" car elles ne proviennent pas du virus. Elles ont été créées en laboratoire par l'utilisation de cellules de levure afin de mimer la capsid du virus (**Figure 4**). Lorsque vous recevez le vaccin, votre système immunitaire réagit contre les protéines L1 incluses dans le vaccin et s'en souvient. Au cas où vous seriez infecté plus tard, votre système immunitaire se souviendra du bouclier étoilé du virus et le combattra immédiatement pour l'éliminer de votre corps.

Les filles et les garçons doivent être vaccinés entre 9 et 14 ans. Pourquoi si tôt ? Il est important que vous vous fassiez vacciner pour la première fois avant de devenir intime avec quelqu'un que vous aimez, car le virus passe facilement d'un corps à l'autre. Au plus tôt vous serez vacciné, au moins vous aurez besoin de faire des rappels de vaccinations: entre 9 et 14 ans, vous ne recevrez que deux vaccins, alors que si vous avez entre 15 et 45 ans, il vous faudra trois vaccins pour être protégé.

La pique du vaccin en vaut la peine, non ? Bien que le vaccin soit très sûr et efficace, vous pouvez ressentir certains effets secondaires tels que des douleurs, des gonflements et des rougeurs à l'endroit où le vaccin a été administré. Des maux de tête et des nausées peuvent survenir, mais moins fréquemment.

Plus le nombre de personnes vaccinées est élevé, plus le risque d'infection par le VPH est faible. Faites passer le message à vos amis, à vos camarades de classe et à votre famille pour créer une chaîne de solidarité contre le VPH et diminuer la transmission du virus. Une bonne couverture vaccinale contre le VPH pourrait réduire, voire même à long terme, éliminer les cancers (du col de l'utérus) et les maladies causées par le VPH dans le monde entier.

## DIAGNOSTIC PRÉCOCE GRÂCE AU TEST VPH

Les types de VPH non inclus dans le vaccin peuvent toujours causer des infections. De plus, si vous êtes infecté avant d'être vacciné, le virus peut rester en dormance dans votre corps et développer une infection par la suite. C'est pourquoi il est important de vérifier régulièrement si vous êtes potentiellement infecté. Pour les filles, cette possible infection est vérifiée lors de leur visite chez le gynécologue, grâce au test Pap.

## QU'EST-CE QUE LE TEST PAP, ÉGALEMENT APPELÉ FROTTIS ?

Le test Pap est utilisé pour vérifier d'éventuelles modifications dans les cellules cervicales. Il doit son nom au Dr George Papanicolaou, un médecin grec qui l'a mis au point.

Le gynécologue utilise une brosse pour brosser légèrement le tissu du col de l'utérus afin de prélever un échantillon de cellules. Ces cellules sont ensuite analysées au microscope afin de voir si elles semblent saines ou anormales. Si les cellules ont une apparence étrange, cela signifie qu'elles pourraient être infectées par le VPH et potentiellement conduire à un cancer.

Grâce au test Pap, nous pouvons détecter au moins 8 filles sur 10 qui sont infectées par le VPH, et les aider à ne pas développer de cancer ni à propager l'infection. Le VPH ne peut pas être guéri, mais si votre médecin détecte l'infection suffisamment tôt, il peut retirer les parties infectées. Comme certains mauvais VPH peuvent se cacher et réapparaître plus tard, il est important que les filles fassent le Pap test tous les 3 ans.

Les garçons se font généralement tester lorsqu'une lésion apparaît sur leurs parties génitales ou s'ils découvrent que leur partenaire a été infecté(e). Il n'existe pas de test Pap pour les garçons, mais le VPH peut être détecté par PCR.

## QU'EST-CE QUE LA PCR ET COMMENT DÉTECTE-T-ELLE LE VPH ?

Lorsqu'une verrue est observée sur les organes génitaux d'une fille ou d'un garçon, il faut la prélever pour voir si les cellules ont été infectées par le VPH. Une fois que le médecin a prélevé les cellules verruqueuses, elles sont évaluées par une machine. La machine doit contenir une quantité suffisante de virus à ADN pour pouvoir détecter le VPH. Pour cela, le laboratoire utilise la technique appelée réaction en chaîne de la polymérase (PCR). Cette technique permet d'amplifier une copie de l'ADN du virus VPH en un grand nombre de copies, ce qui permet de détecter le VPH dans les cellules de l'échantillon (**Figure 5**).

## GLOSSAIRE

- **Capside**: structure qui entoure le matériel génétique du virus. Elle est constituée de protéines qui s'assemblent pour créer la coquille du virus.
- **Col de l'utérus**: extrémité extérieure étroite de l'utérus, qui est la partie principale de l'organe reproducteur féminin.
- **Condylome**: verrue dans la muqueuse des organes génitaux.
- **Gynécologue**: médecin dont la spécialité est de mettre au monde des bébés et de vérifier si les organes reproducteurs d'une fille sont en bonne santé.
- **Lésion**: modification anormale de la structure de la peau ou d'une partie du corps due à une blessure ou à une maladie.
- **Muqueuse**: tissu qui tapisse l'intérieur de nombreux organes.
- **Pentamère**: il s'agit d'une forme symétrique composée de cinq unités.
- **Tumeur**: croissance anormale de tissu/cellules. La tumeur peut être bénigne (peu nocive) ou maligne/cancéreuse (très dangereuse, souvent mortelle).
- **Virus**: grand groupe de très petits agents infectieux qui sont généralement considérés comme des molécules extrêmement complexes et non vivantes, qui ne sont capables de se développer et de se multiplier que dans des cellules vivantes, et qui provoquent diverses maladies importantes chez les humains, les animaux et les plantes.
- **Verrue**: croissance anormale de cellules, le plus souvent sous la forme d'un mamelon ou d'un chou-fleur.

## FIGURES

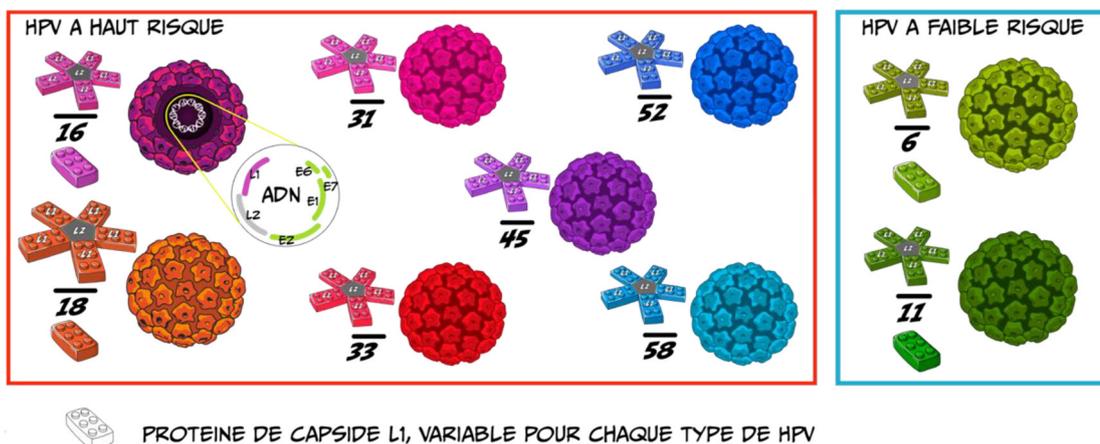


Figure 1 - La structure virale du VPH et de certains types de VPH (Illustrée par Susan Nasif)

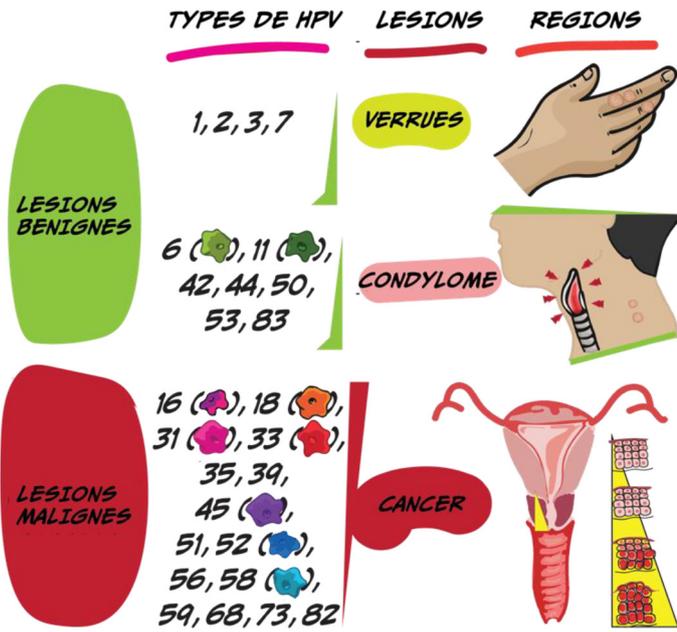


Figure 2 - Lésions et maladies associées à l'infection par le VPH (Illustrée par Susan Nasif)

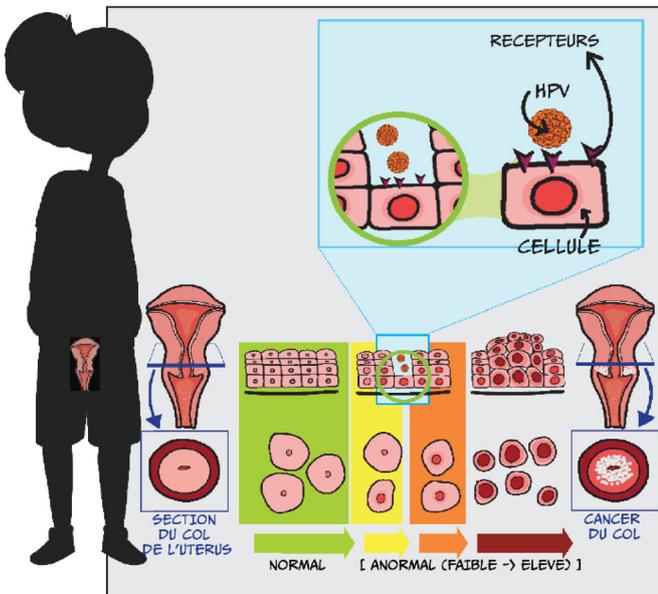


Figure 3 - De l'infection par le VPH au cancer du col de l'utérus (Illustrée par Susan Nasif)

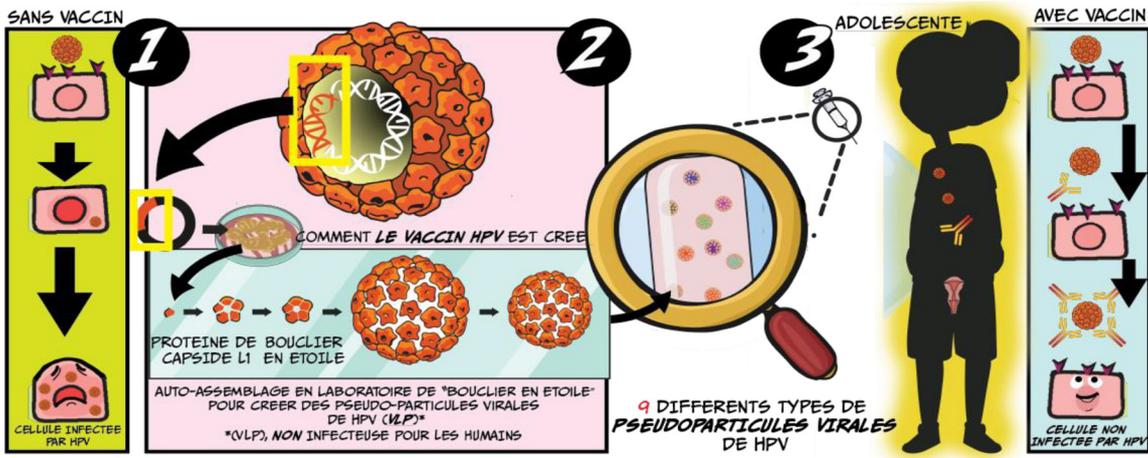


Figure 4 - Qu'est-ce que le vaccin anti-papillomavirus ? (Illustrée par Susan Nasif)

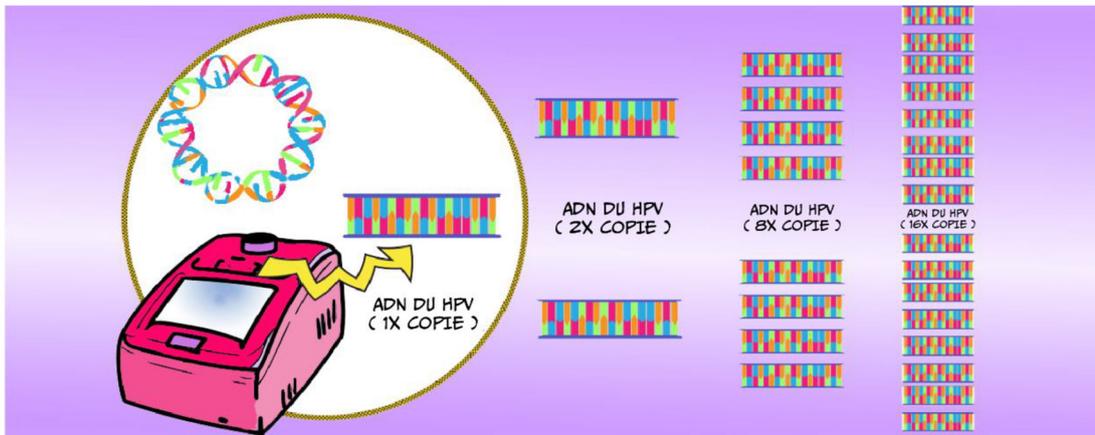


Figure 5 - Qu'est-ce que le PCR ? (Illustrée par Susan Nasif)

## RÉFÉRENCES

- [1] Song, D., Li, H., Li, H., and Dai, J. 2015. Effect of human papillomavirus infection on the immune system and its role in the course of cervical cancer. *Oncol. Lett.* 10:600–6. doi: 10.3892/ol.2015.3295
- [2] Garbuglia, A. R., Lapa, D., Sias, C., Capobianchi, M. R., and Del Porto, P. 2020. The use of both therapeutic and prophylactic vaccines in the therapy of papillomavirus disease. *Front. Immunol.* 11:188. doi: 10.3389/fimmu.2020.00188
- [3] Mammas, I. N., and Spandidos, D. A. 2017. Paediatric virology as a new educational initiative: an interview with nobelist professor of virology harald zur hausen. *Exp. Ther. Med.* 14:3329–31. doi: 10.3892/etm.2017.5006

Edité par: Michel Goldman

CITATION DE L'ORIGINAL EN ANGLAIS: Neunez M, Nasif S, Smeesters P and Stevens H (2021) Human Papillomavirus Is Dangerous-But a Vaccine Can Save You!. Front. Young Minds. 9:558213. doi: 10.3389/frym.2020.558213

***Traduction adaptée: Marie Neunez***

COPYRIGHT © 2021 Neunez, Nasif, Smeesters and Stevens

Il s'agit d'un article à accès libre distribué selon les termes de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). L'utilisation, la distribution ou la reproduction dans d'autres forums est autorisée, à condition que le(s) auteur(s) original(aux) et le(s) titulaire(s) du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans ce journal soit citée, conformément aux pratiques académiques acceptées. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

# Vaccines and Antibodies: Weapons in the Fight Against Ebola Virus



## Authors

 **Patrice Debré**  **Marie Neunez**  **Michel Goldman**

## Young Reviewers

 **Mehraneh**

## VACCINS ET ANTICORPS: DES ARMES DANS LA LUTTE CONTRE LE VIRUS EBOLA

### RÉSUMÉ

La maladie à virus Ebola est aujourd'hui l'une des infections les plus mortelles au monde. Le microbe responsable est le virus Ebola. Il a déjà provoqué de nombreuses épidémies en Afrique, dans les régions situées au sud du Sahara. Cet article décrit les principales caractéristiques de cette maladie infectieuse ainsi que les traitements actuellement disponibles, à savoir les

vaccins et les anticorps. Les anticorps sont produits par le corps humain lorsqu'il est infecté par un microbe. Les anticorps peuvent être prélevés dans le sang d'humains ou d'animaux infectés et purifiés ou fabriqués en laboratoire pour produire des médicaments. Alors que les vaccins ont démontré leur efficacité dans la prévention des maladies infectieuses, les anticorps sont efficaces pour arrêter la progression de plusieurs maladies infectieuses. Dans cet article, vous découvrirez que la stimulation du système immunitaire, soit par le vaccin, soit par des anticorps, est essentielle pour lutter contre la maladie à virus Ebola.

## ORIGINE ET TRANSMISSION DU VIRUS EBOLA AUX HUMAINS

Le virus Ebola a été identifié pour la première fois en 1976. Depuis sa découverte, le virus a déjà provoqué plus de 20 épidémies en Afrique. Ces épidémies sont assez mortelles: on a estimé que si 10 personnes étaient infectées par le virus Ebola, moins de 4 personnes survivraient [1-3]. Les infections à virus Ebola apparaissent en Afrique sub-saharienne équatoriale<sup>1</sup> en particulier au Soudan, en Ouganda, au Gabon et en République démocratique du Congo.

La maladie à virus Ebola provient des animaux. Les chauves-souris frugivores hébergent naturellement le virus Ebola, ce qui signifie que le virus vit à l'intérieur des chauves-souris sans les rendre malade. Ainsi, les chauves-souris sont les réservoirs naturels du virus Ebola. Le virus Ebola peut passer des chauves-souris à d'autres espèces telles que les humains et les singes (**Figure 1**).

Les infections à virus Ebola surviennent lorsque des particules virales sont absorbées par la bouche, la peau ou par des plaies cutanées. Les humains peuvent être infectés lorsqu'ils manipulent des animaux infectés malades ou morts ou par contact étroit avec des chauves-souris infectées par le virus. Ils peuvent également être infectés par d'autres humains, par exemple par contact avec du sang, de la salive, de l'urine, du lait maternel, du sperme, de la sueur, des selles ou des vomissures de personnes infectées. Les humains peuvent également être infectés par des vêtements, de la literie, des gants, des équipements de protection et des déchets médicaux souillés, tels que des seringues. Il est ainsi facile de comprendre pourquoi les gens doivent faire preuve d'une extrême prudence s'ils s'occupent de patients infectés dans les hôpitaux ou de personnes décédées lors de funérailles.

## INFECTION À VIRUS EBOLA

Le virus Ebola a été largement étudié par les scientifiques. Le virus Ebola fait partie d'une famille de virus appelés Filoviridae. Les filovirus sont des virus filamenteux, ainsi nommés car ils sont fins et allongés. Alors que le génome humain et celui des autres animaux sont constitués d'ADN, le

---

<sup>1</sup> [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Sub-Saharan\\_Africa](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Sub-Saharan_Africa)

génomme du virus Ebola est constitué d'une molécule apparentée appelée ARN. Le génome d'ARN et diverses protéines qui aident le virus à se répliquer sont enfermés dans une couche protectrice appelée enveloppe virale. L'enveloppe a des molécules saillantes à sa surface composées de glycoprotéines appelées spicules. Celles-ci aident le virus à pénétrer et à infecter les cellules (**Figure 2**). Si une infection survient, le système immunitaire d'un animal infecté détectera ces spicules glycoprotéiques et combattra le virus en appelant ses soldats immunitaires sur le terrain.

La maladie à virus Ebola ne se déclare pas immédiatement après l'infection. Il y a un délai de 2 à 21 jours, appelé période d'incubation, avant que la réplication du virus ne provoque l'apparition des premiers symptômes. La maladie à virus Ebola commence par une forte fièvre, des malaises, de la fatigue et des courbatures. Ensuite, des symptômes gastro-intestinaux, tels que des vomissements et de la diarrhée, apparaissent, entraînant des pertes importantes de liquide pouvant atteindre 10 litres par jour. Alors que certains patients se rétablissent, d'autres souffrent de saignements et de lésions rénales, entraînant éventuellement une défaillance de plusieurs organes et la mort.

Pour diagnostiquer la maladie à virus Ebola, un échantillon de sang est prélevé sur la personne infectée et examiné pour la présence de particules virales.

## LYMPHOCYTES: LES HÉROS DU SYSTÈME IMMUNITAIRE

Contre les microbes, et les virus en particulier, il existe deux modes de protection. La première est d'éviter les contacts avec les personnes infectées, en respectant une distanciation physique comme proposé pour la COVID-19. Arthur Semmelweis a été le premier à promouvoir le lavage des mains dans les années 1800, faisant du lavage des mains la plus ancienne mesure préventive. Le biologiste français Louis Pasteur, qui craignait la transmission des germes, n'a jamais serré la main. Le deuxième type de protection est assuré par le système immunitaire. Le système immunitaire défend le corps contre tous les types de microbes, en utilisant des cellules et des molécules qui travaillent ensemble pour empêcher les organismes pathogènes de provoquer une infection. Si un microbe parvient à infecter l'organisme, le système immunitaire va tuer le microbe ou les cellules infectées, grâce à l'action de ses soldats.

Il existe deux types de soldats du système immunitaire: les lymphocytes et les anticorps. Les lymphocytes sont des cellules qui voyagent dans le sang et divers tissus. Ils sont activés par les microbes et réagissent contre eux. Certains lymphocytes peuvent tuer directement les cellules infectées: ils sont appelés lymphocytes T cytotoxiques. D'autres lymphocytes, appelés cellules B, produisent des anticorps, qui sont des molécules qui circulent dans le sang et d'autres fluides corporels. Les anticorps reconnaissent des cibles spécifiques à la surface des micro-organismes, comme les glycoprotéines des spicules du virus Ebola. Ces cibles microbiennes sont appelées antigènes. Les anticorps neutralisent les virus en ciblant leurs

antigènes. Les anticorps neutralisants sont très efficaces pour empêcher la propagation des virus d'une cellule à l'autre.

## LE VACCIN EBOLA POUR LA PRÉVENTION DES MALADIES

La meilleure façon d'empêcher les gens d'être infectés par le virus Ebola est de les vacciner contre le virus. La vaccination consiste à administrer à une personne un ou plusieurs antigènes du micro-organisme. Ces antigènes ne sont que des parties du virus et ne causent pas la maladie. Pourtant, les antigènes stimulent les cellules B pour fabriquer des anticorps neutralisants qui circuleront dans le sang de l'individu vacciné et prépareront le système immunitaire à combattre le virus plus rapidement et plus efficacement s'il est rencontré plus tard (**Figure 3A**).

Pour le vaccin Ebola, l'antigène sélectionné est la glycoprotéine de spicules. Pour produire un vaccin capable de stimuler le système immunitaire et induire des anticorps neutralisants, les scientifiques ont attaché la glycoprotéine de spicule à un virus différent et totalement inoffensif. Le virus inoffensif porteur de la spicule glycoprotéique Ebola produit de grandes quantités d'antigènes glycoprotéiques du virus Ebola lorsqu'il est injecté à des personnes. Cela conduit la personne vaccinée à stimuler des niveaux élevés d'anticorps neutralisants protecteurs contre les glycoprotéines de spicules [4].

Ce vaccin contre le virus Ebola s'est avéré efficace en Guinée lors d'une épidémie en Afrique de l'Ouest. Le vaccin a bien fonctionné lorsqu'il était administré en une seule injection, et l'étude a indiqué que le vaccin pourrait aider les gens à développer rapidement une immunité. C'est une bonne chose, car cela signifie que le vaccin pourrait être utilisé lorsqu'une épidémie d'Ebola est identifiée pour la première fois, pour protéger les personnes avant qu'elles ne soient exposées au virus. D'autres candidats vaccins ont été proposés, et bien qu'ils mettent plus de temps à stimuler l'immunité, ils peuvent fournir une réponse immunitaire qui dure plus longtemps. Pour vacciner avec succès les populations à risque d'Ebola, certains problèmes importants doivent être résolus. Par exemple, le vaccin contre le virus Ebola doit être conservé dans un environnement froid jusqu'à son utilisation, ce qui peut être difficile dans les zones reculées. Aussi, les populations doivent accepter de se faire vacciner, ce qui est souvent un énorme défi car un pourcentage important de personnes est effrayé par la vaccination et ne comprend pas qu'en se vaccinant non seulement ils se protègent mais protègent également les autres de la transmission du virus.

## ADMINISTRATION D'ANTICORPS POUR LE TRAITEMENT DES MALADIES

Si une personne est déjà infectée par le virus Ebola, le vaccin n'a pas le temps de faire son travail en stimulant le système immunitaire. Mais utiliser des anticorps neutralisant provenant d'autres personnes ayant été infectées ou animaux peut toujours aider ! De tels anticorps peuvent être

injectés à une personne infectée, où ils peuvent directement neutraliser le virus et diminuer sa propagation d'une cellule à l'autre (**Figure 3B**). Dans le passé, ces anticorps étaient obtenus à partir du sang d'animaux ou d'humains infectés. Aujourd'hui, nous utilisons des anticorps produits en laboratoire, qui sont créés pour reconnaître un antigène spécifique du virus. Ceux-ci sont appelés anticorps monoclonaux [4]. Un seul anticorps monoclonal peut être administré, ou les patients peuvent recevoir un mélange d'anticorps monoclonaux qui reconnaissent différents antigènes viraux.

## CONCLUSIONS ET MESSAGES À RETENIR

Alors que des mesures simples, telles que le lavage des mains et la réduction des contacts avec des personnes ou des animaux infectés, sont efficaces pour limiter la propagation d'un virus, des mesures plus strictes sont souvent nécessaires. Il a été démontré que le vaccin contre Ebola et le traitement avec des anticorps monoclonaux dirigés contre le virus Ebola défendent efficacement les humains contre la maladie à virus Ebola. Ceci est important car le virus Ebola est l'une des infections les plus mortelles au monde, à travers de nombreuses épidémies en Afrique.

L'efficacité de la vaccination et du traitement par anticorps monoclonaux dans la lutte contre la maladie à virus Ebola nous montre également l'importance de comprendre comment le système immunitaire réagit au virus Ebola - ou à tout autre virus dangereux. Lorsque les scientifiques effectuent des recherches en laboratoire pour comprendre comment le système immunitaire lutte contre un virus, ils peuvent ensuite utiliser ces informations pour proposer des traitements qui aideront à garder les gens en bonne santé ou, dans le cas du virus Ebola, à

sauver même de nombreuses vies. Il nous rappelle que le vaccin ne vous protège pas seulement de l'infection, mais protège également les autres en diminuant la propagation du virus.

## GLOSSAIRE

- **Anticorps**: une protéine produite par les cellules B du système immunitaire qui détecte et neutralise spécifiquement les agents pathogènes.
- **Antigène**: une substance étrangère qui induit une réponse immunitaire.
- **Lymphocyte**: globules blancs qui appartiennent au système immunitaire et protègent contre les microbes dangereux.
- **Anticorps monoclonaux**: anticorps produits par la même population de lymphocytes, reconnaissant spécifiquement le même antigène.
- **Neutraliser**: qui empêche un virus de se répliquer.
- **Glycoprotéine de spicule**: une glycoprotéine qui dépasse de l'enveloppe de certains virus (comme Ebola ou encore Coronavirus) et facilite l'entrée du virion dans une cellule hôte en se liant à un récepteur à la surface d'une cellule hôte.
- **Vaccination**: donner à une personne ou à un animal une préparation pour stimuler le système immunitaire, pour se protéger contre l'infection par un microbe dangereux.
- **Enveloppe virale**: une enveloppe virale est la couche la plus externe de nombreux types de virus. Elle protège le matériel génétique dans leur cycle de vie lors des déplacements entre les cellules hôtes.

## FIGURES

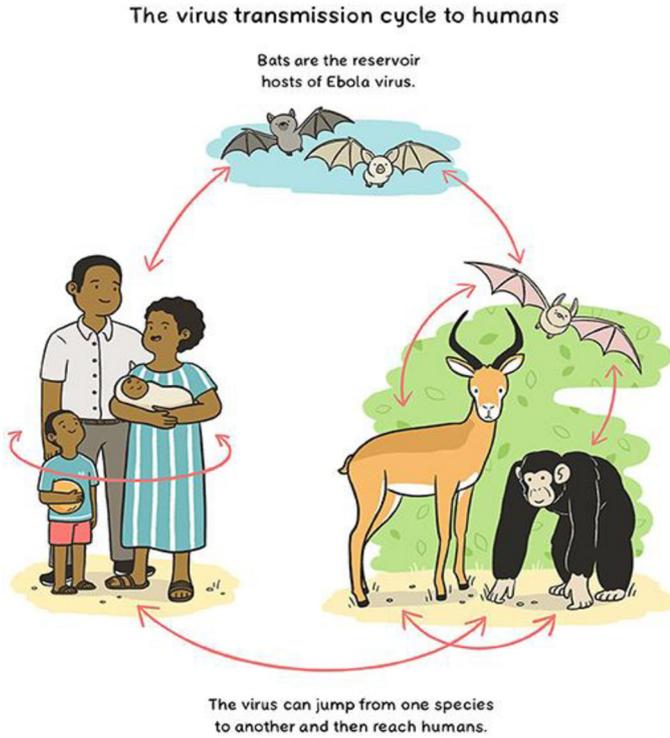


Figure 1 - Transmission du virus Ebola à l'homme. Les chauves-souris peuvent être infectées par le virus Ebola sans tomber malades, et elles peuvent ensuite transmettre le virus à d'autres animaux ou directement aux humains. Les humains peuvent également contracter Ebola en manipulant des animaux malades ou infectés qui ont déjà été infectés par des chauves-souris. Les humains infectés peuvent se transmettre le virus par les fluides corporels, y compris le sang, la salive, l'urine et les vomissures.

### The appearance and the machinery of Ebola virus.

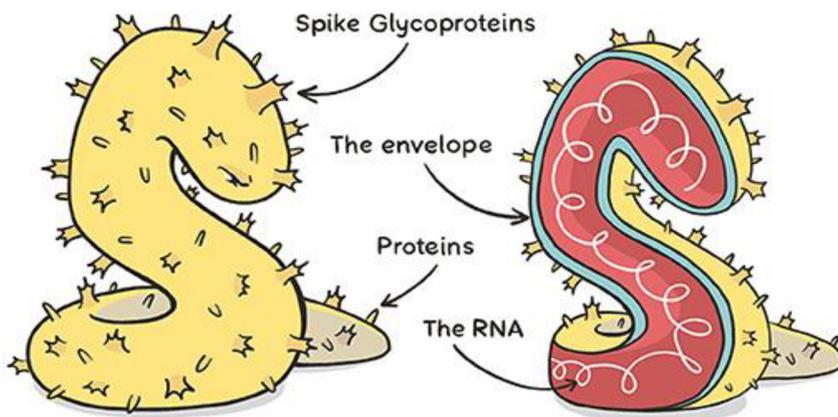
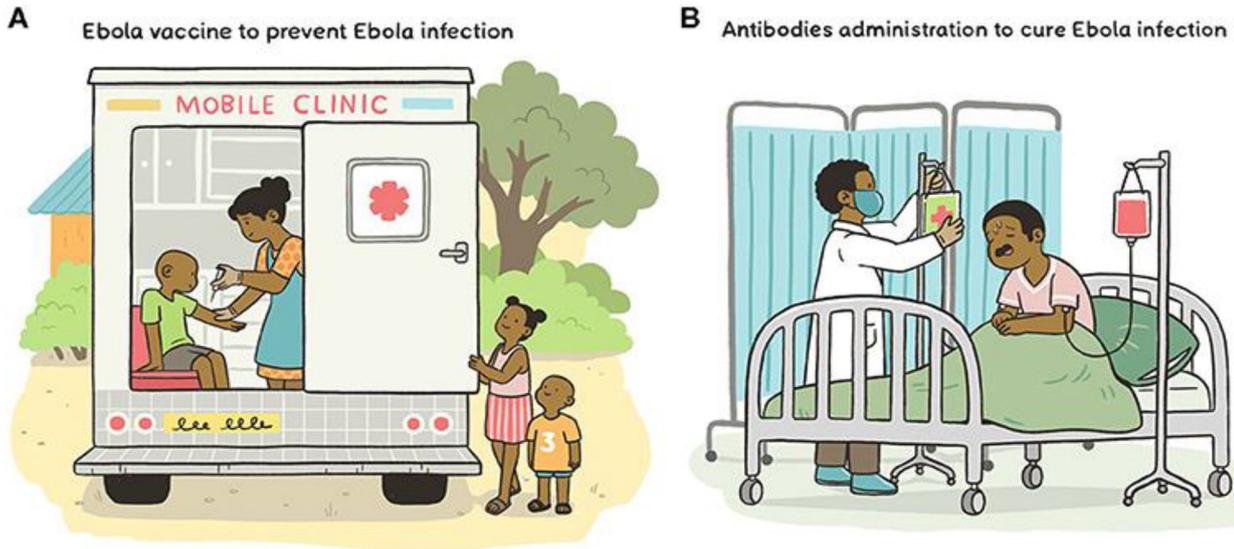


Figure 2 - Apparition et mécanisme du virus Ebola. Le virus Ebola est un virus filamenteux, ce qui signifie qu'il a la forme d'un ver. Le virus Ebola est protégé contre l'environnement par son enveloppe. L'enveloppe virale contient diverses protéines, dont les spicules glycoprotéiques qui aident le virus à infecter les cellules.

## To fight Ebola infection: from prevention to cure



**Figure 3** - Lutte contre l'infection à virus Ebola. (A) La vaccination peut empêcher les personnes en bonne santé d'être infectées, mais ne peut pas aider lorsqu'une personne est déjà infectée. (B) Les personnes déjà infectées par le virus Ebola peuvent être traitées avec des anticorps monoclonaux. Lorsqu'ils sont administrés dans le sang d'une personne malade, ces anticorps peuvent neutraliser le virus déjà présent et l'empêcher de se propager entre les cellules.

## RÉFÉRENCES

[1] Malvy, D., McElroy, A. K., De Clerck, H., Gunther, S., and Van Griensven, J. 2019. Ebola virus disease. *Lancet* 393:936–48. doi: 10.1016/S0140-6736(18)33132-5

[2] Feldmann, H., Sprecher, A., and Geisbert, W. T. 2020. Ebola. *N. Engl. J. Med.* 382:1832–42. doi: 10.1056/NEJMra1901594

[3] Levy, Y., Lane, C., Piot, P., Beavogui, A. H., Kieh, M., Leigh, B., et al. 2018. Prevention of Ebola virus disease through vaccination: where are we in 2018. *Lancet* 392:787–90. doi: 10.1016/S0140-6736(18)31710-0

[4] European Commission. Vaccine Against Ebola: Commission Grants New Market Authorisations. Brussels. 2020. Available online at: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_20\\_1248](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_1248)

Edité par: Kelly Westlake

CITATION DE L'ORIGINAL EN ANGLAIS: Debré P, Neunez M and Goldman M (2021) Vaccines and Antibodies: Weapons in the Fight Against Ebola Virus. *Front. Young Minds.* 9:593713. doi: 10.3389/frym.2021.593713

***Traduction adaptée: Patrice Debré***

COPYRIGHT © 2020 2021 Debré, Neunez and Goldman

Il s'agit d'un article à accès libre distribué selon les termes de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). L'utilisation, la distribution ou la reproduction dans d'autres forums est autorisée, à condition que le(s) auteur(s) original(aux) et le(s) titulaire(s) du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans ce journal soit citée, conformément aux pratiques académiques acceptées. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

# Antimicrobial Resistance: A Tale of Nasty Enemies and Powerful Weapons



## Authors

 **Fabiola Vacca**  **Dario Cardamone**  **Marco Troisi**  **Claudia Sala**  **Rino Rappuoli**

## Young Reviewers

 **Aarav**  **Sinha**

## LA RÉSISTANCE ANTIMICROBIENNE: UNE HISTOIRE DE MÉCHANTS ENNEMIS ET D'ARMES PUISSANTES

### RÉSUMÉ

Avez-vous déjà eu un mal de gorge, une toux ou de la fièvre ? Nous nous sommes tous sentis malade au moins une fois dans notre vie. Un médecin vous a peut-être aidé en vous prescrivant

des antibiotiques pour tuer les bactéries responsables de l'infection, éliminant ainsi la douleur, la toux et la fièvre. Grâce à des médicaments comme les antibiotiques, nous pouvons guérir rapidement des maladies causées par des bactéries. Malheureusement, l'extraordinaire pouvoir des antibiotiques est menacé par un phénomène appelé résistance antimicrobienne. Qu'est-ce que la résistance antimicrobienne et pouvons-nous faire quelque chose pour l'arrêter ? Dans cet article, nous décrivons la résistance antimicrobienne, comment elle peut apparaître et comment nous pouvons contribuer à la prévenir par la vaccination.

Avant de commencer, précisons un point important: l'immense majorité des bactéries sont nos amies et vivent avec nous et en nous, par exemple dans nos intestins ou sur notre peau. Bien que microscopiques, ces bactéries font un travail incroyable en nous aidant à digérer les aliments et en nous protégeant des agressions extérieures qui causent des maladies. Cependant, il existe certains mauvais microbes que nous devons tenir à distance car ils sont dangereux. Continuez à lire pour voir comment nous pouvons les battre et les vaincre.

## COMMENT EST-IL POSSIBLE QU'UN ANTIBIOTIQUE DEVIENNE INEFFICACE ?

Dans de nombreux cas, nous tombons malade parce que des microbes vivants invisibles, virus ou bactéries par exemple, ont envahi notre corps, provoquant une infection. Heureusement, contre les bactéries envahisseuses, il existe des médicaments appelés antibiotiques, pour assister notre système immunitaire et nous aider à guérir. Le mot "antibiotique" vient du grec et signifie "s'opposer à la vie". Cela explique ce que font les antibiotiques: ils tuent nos ennemis, les bactéries envahisseuses. Les antibiotiques peuvent être produits par des bactéries-amies, par des moisissures ou des plantes, ou encore être des molécules synthétiques produites en laboratoire. Les antibiotiques interfèrent avec des processus essentiels à la vie bactérienne. Par exemple, la pénicilline, découverte par Alexander Fleming en 1928, est produite par la moisissure *Penicillium notatum* et bloque la multiplication bactérienne en empêchant la paroi externe de la cellule bactérienne de se développer. Sans leur paroi cellulaire, les bactéries éclatent et meurent. De nombreux antibiotiques ont été découverts depuis la pénicilline, et tous sont des armes puissantes contre les bactéries-envahisseuses. En outre, grâce aux progrès de la science, il est désormais possible de produire en masse des antibiotiques synthétiques et de les utiliser pour traiter avec succès les infections bactériennes.

On pourrait penser qu'une fois découverts, les antibiotiques restent efficaces contre les bactéries pour toujours. Malheureusement, ce n'est pas le cas. Les bactéries sont intelligentes et elles s'adaptent pour survivre en présence d'antibiotiques, en devenant résistantes à ces médicaments, ce qui signifie que les antibiotiques ne peuvent plus leur nuire. Cette capacité bactérienne est connue sous le nom de résistance antimicrobienne (RAM). En raison de la RAM, même l'antibiotique le plus puissant peut devenir inefficace en un court laps de temps [1].

## COMMENT LES BACTÉRIES ACQUIÈRENT-ELLES UNE RÉSISTANCE AUX ANTIBIOTIQUES ?

Pour tester si un antibiotique est efficace contre un certain type de bactérie, les scientifiques mettent des bactéries en contact avec l'antibiotique et vérifient si les bactéries meurent (bactéries sensibles) ou survivent (bactéries résistantes). Il s'agit d'une mesure directe de la puissance de l'antibiotique et de ce qu'on appelle 'la sensibilité' de la bactérie au médicament. Il est également possible de lire le "plan" de la bactérie, appelé génome ou ADN.

L'ADN de la bactérie contient les informations qui régulent la vie de la bactérie et fournit les instructions pour la fabrication des protéines, les éléments constitutifs de la plupart des organismes. Dans le cas des bactéries, il est possible pour les scientifiques de lire les parties d'ADN qui causent la résistance à un antibiotique.

L'ADN ou "plan" de la bactérie subit de petites modifications, appelées mutations, qui l'aident parfois à survivre en présence d'antibiotiques. Ainsi, des bactéries qui sont sensibles aux antibiotiques aujourd'hui pourraient développer une RAM demain grâce à des mutations dans leur ADN. Les bactéries peuvent également transférer des portions de leur ADN à d'autres bactéries, et par là parfois "apprendre" à d'autres bactéries à être résistantes aux antibiotiques (**Figure 1**).

Que se passe-t-il si nous utilisons trop fréquemment des antibiotiques ? Les bactéries 'sensibles' aux antibiotiques disparaissent et finalement, la pression exercée par les antibiotiques sélectionne uniquement les bactéries les plus résistantes. En d'autres termes, les bactéries résistantes aux antibiotiques se répandront de plus en plus dans toute la population humaine [2]. En limitant autant que possible l'utilisation des antibiotiques (et surtout en les utilisant pour de bonnes raisons uniquement), nous réduisons cette pression. Par exemple, comme les antibiotiques ne fonctionnent que sur les bactéries (et pas sur les virus, ni les moisissures), il faut être attentif à n'utiliser les antibiotiques que sur les maladies causées par des bactéries, et pas sur toutes les autres où ils seraient inutiles et exerceraient une pression sur toutes les bactéries qui étaient présentes à ce moment-là dans le corps. Il existe aussi des moyens de prévenir les infections bactériennes, ce qui aide à diminuer la consommation d'antibiotiques.

## NOTRE ARMÉE: LE SYSTÈME IMMUNITAIRE

Le système immunitaire humain est composé de cellules et de molécules qui nous protègent spécifiquement contre les envahisseurs extérieurs, par exemple contre les bactéries et les virus. Lorsque l'organisme est infecté par une bactérie ou un virus, le système immunitaire reconnaît ce microbe qui l'envahit pour la première fois comme "étranger". Les parties du microbe que le système immunitaire "capte" sont appelées « antigènes », et sont généralement présents à la surface de la bactérie ou du virus. Pour bloquer les antigènes, le système immunitaire produit

des substances appelées anticorps. Les anticorps se lient aux antigènes, agissant comme des menottes adaptées et capables de neutraliser les microbes.

Pendant cette bataille entre le système immunitaire et les microbes, nos cellules immunitaires mémorisent les caractéristiques des microbes contre lesquels elles combattent, rendant ainsi plus difficile pour le même type de microbe d'envahir à nouveau le corps. Ainsi, si le même type de microbe essaie de revenir un jour, il sera reconnu immédiatement et mis hors d'état de nuire très rapidement. C'est ce qu'on appelle la mémoire immunologique et c'est la base du fonctionnement des vaccins.

## LE VACCIN: FORMER LE SYSTÈME IMMUNITAIRE

Maintenant que vous avez une idée du fonctionnement du système immunitaire, il vous sera plus facile de comprendre l'importance des vaccins pour tous, et comment ils contribuent à prévenir la RAM. Les vaccins sont parfois composés de microbes morts, ou affaiblis, qui ne peuvent nous causer aucun dommage. Les vaccins peuvent également être composés d'antigènes bactériens (morceaux). Lorsqu'un vaccin est injecté dans l'organisme, le microbe mort ou affaibli (ou ses morceaux) est considéré comme étranger par le système immunitaire, de la même manière que lors d'une réelle infection. Les antigènes contenus dans le vaccin stimulent le système immunitaire à produire des anticorps contre eux. Les anticorps sont très précis et efficaces, mais ils ont besoin d'un certain temps, et parfois de plusieurs vaccins pour se développer de façon efficace [3]. Par contre, les anticorps vont persister assez longtemps dans l'organisme, de sorte que si la personne vaccinée rencontre vraiment le microbe en question plus tard, les anticorps seront déjà là pour le combattre.

La vaccination permet au système immunitaire de développer sa mémoire immunologique, de sorte que l'organisme réagira très rapidement lorsqu'il rencontrera à nouveau le microbe. C'est exactement ce qu'un vaccin est censé faire: il apprend aux cellules immunitaires de quoi est fait une bactérie ou un virus, de sorte que le système immunitaire puisse préparer ses armes à l'avance et être prêt lorsque le vrai microbe arrive (**Figure 2**). Dans le cas d'une infection bactérienne, si le système immunitaire d'une personne a été préparé par une vaccination, cette personne n'aura peut-être pas besoin de l'aide extérieure des antibiotiques pour combattre l'infection.

## QUELLES SONT LES DIFFÉRENCES ENTRE LES ANTIBIOTIQUES ET LES VACCINS ?

Les antibiotiques et les vaccins sont donc tous deux utilisés pour combattre les microbes. Mais ils agissent de manière différente. Tout d'abord, alors que les antibiotiques sont utilisés pour traiter des maladies déjà présentes, les vaccins sont administrés à titre préventif, c'est-à-dire avant que nous soyons infectés: le rôle des vaccins est de former le système immunitaire

pour combattre les infections futures. Deuxièmement, les antibiotiques ont généralement un seul mode d'action, ce qui signifie qu'ils attaquent les bactéries d'une seule façon (une seule arme). En revanche, les vaccins peuvent être composés de multiples antigènes afin d'exposer notre système immunitaire à de multiples morceaux de bactéries de la surface des bactéries. Cette exposition variée aide le système immunitaire à attaquer la bactérie en utilisant plusieurs stratégies à la fois. Enfin, les vaccins peuvent fournir une protection à vie contre certaines infections. Les antibiotiques ne peuvent pas faire cela.

## COMMENT LES VACCINS PEUVENT-ILS NOUS DÉFENDRE CONTRE LA RAM ?

Utiliser raisonnablement les antibiotiques est essentiel pour diminuer la RAM, et les vaccins peuvent nous aider à atteindre cet objectif. Puisque la vaccination prévient les infections, elle réduit le besoin d'antibiotiques. Moins d'utilisation d'antibiotiques signifie moins de chances que les bactéries développent une résistance aux antibiotiques.

Aujourd'hui, les vaccins nous aident déjà à gérer le problème de la RAM. Prenons l'exemple de influenza. Influenza est le virus qui cause la « grippe ». Si les antibiotiques peuvent combattre les infections causées par des bactéries, ils n'ont aucun effet sur les virus. Or, l'infection à influenza est souvent traitée de manière inappropriée avec des antibiotiques. Ainsi, si les gens se font vacciner contre influenza, nous réduisons le nombre d'infections à influenza et donc la quantité d'antibiotiques utilisés de manière inappropriée. Nous réduisons également la pression exercée sur les bactéries pour qu'elles développent la RAM. Parmi les autres exemples de la façon dont les vaccins contribuent à réduire la RAM dans le monde, citons ces maladies bactériennes comme la diphtérie et la coqueluche, contre lesquelles nous avons tous été vaccinés dans notre enfance. Grâce à la vaccination généralisée, ces maladies sont beaucoup moins fréquentes de nos jours, ce qui a considérablement diminué l'utilisation d'antibiotiques pour les traiter. Là encore, cela réduit le risque que les bactéries responsables de la diphtérie et de la coqueluche développent une RAM.

Enfin, il existe un autre aspect important de la vaccination dont vous avez peut-être entendu parler, l'immunité de groupe ou 'collective' ou encore de 'cohorte' (**Figure 3**). L'immunité collective est une forme indirecte de protection qui ne peut généralement être obtenue que par la vaccination: plus le nombre de personnes vaccinées est élevé dans une population, plus il est difficile pour une infection de se propager dans la population, car il reste peu de personnes à infecter. L'immunité collective est essentielle pour protéger les personnes qui, par exemple, ne peuvent pas être vaccinées, comme les nourrissons qui sont trop jeunes, ou celles qui sont trop malades pour recevoir des vaccins, ou encore celles vaccinées où la vaccination n'a pas été parfaitement efficace [4, 5]. Toutes les personnes vaccinées forment une sorte de bouclier contre les microbes et une arme efficace dans la lutte contre la RAM.

Dans l'ensemble, nous espérons que cet article vous a aidé à comprendre ce qu'est la RAM et pourquoi il est important que nous utilisions toujours les antibiotiques conformément aux recommandations d'un médecin. En outre, nous espérons que vous sachiez maintenant ce qu'est un vaccin et comment il nous aide dans notre lutte contre la RAM.

## GLOSSAIRE

- **Antibiotiques** : médicaments utilisés pour traiter les maladies causées par les bactéries.
- **La résistance aux antimicrobiens (RAM)**: la capacité des bactéries à survivre aux antibiotiques. La résistance aux antimicrobiens est due à des gènes bactériens qui permettent à ces bactéries d'avoir un bouclier de défense contre l'antibiotique.
- **Antigènes** : parties d'un microbe qui sont reconnues comme étrangers par le système immunitaire. Les antigènes peuvent être inclus dans les vaccins pour apprendre au système immunitaire à quoi ressemble le microbe.
- **Anticorps** : substances produites par le système immunitaire qui aident à lutter contre nos ennemis, les bactéries et les virus envahisseurs.
- **Mémoire immunologique** : la capacité du système immunitaire à reconnaître plus rapidement et de façon plus précise un microbe qu'il a déjà rencontré. Cette mémoire est à la base de la vaccination.
- **Immunité collective ou de 'cohorte'** : Les personnes vaccinées forment une sorte de bouclier contre l'infection pour les personnes qui ne peuvent pas être vaccinées. De cette façon, une infection ne pourra pas se propager facilement dans la population, de sorte que toutes les personnes, y compris celles qui ne sont pas vaccinées, seront protégées.

## FIGURES

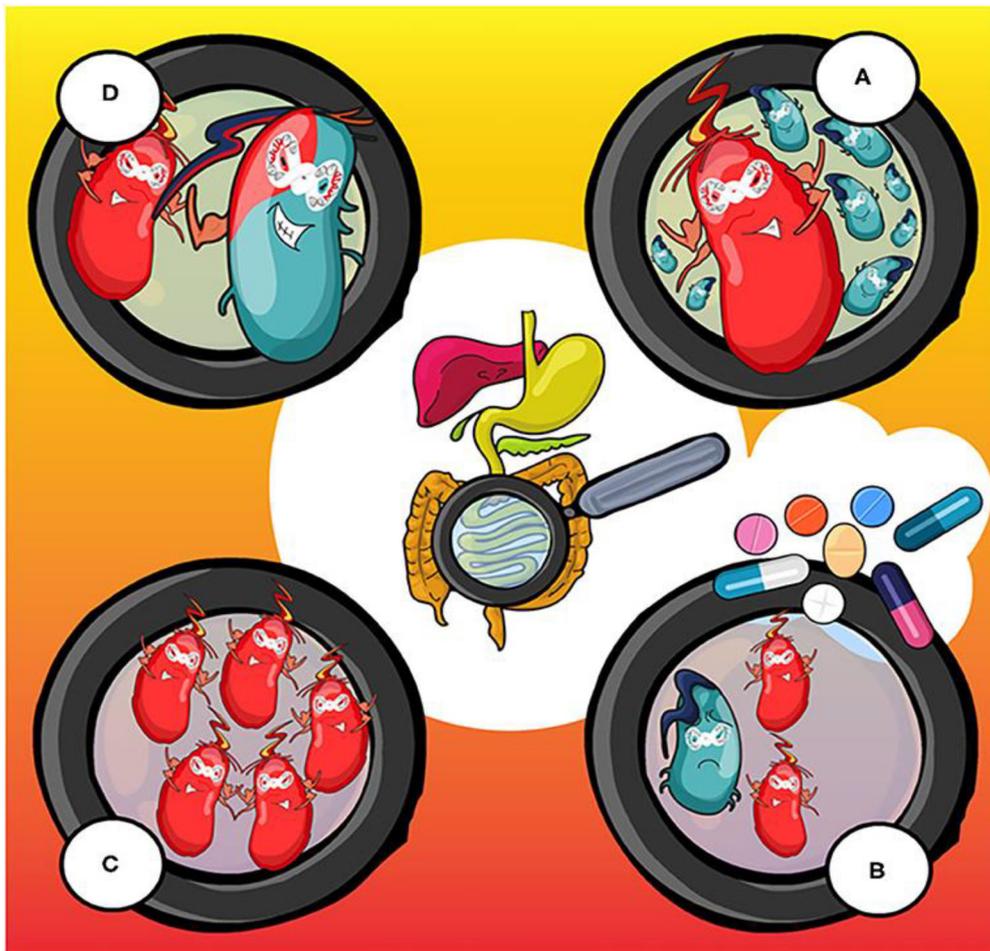


Figure 1

Comment les bactéries résistantes aux antimicrobiens (RAM) apparaissent et se propagent. (A) Les bactéries qui provoquent une infection dans l'organisme, par exemple dans l'intestin, sont pour la plupart sensibles aux antibiotiques (bleu). L'une d'entre elles peut développer une RAM (rouge) en raison d'une mutation dans son ADN. (B) Les antibiotiques, représentés ici sous forme de pilules, guérissent l'infection et tuent presque toutes les bactéries bleues, mais les rouges survivent et se multiplient, jusqu'à atteindre un nombre très élevé (voir panneau C). Cette situation est dangereuse car les bactéries résistantes aux antibiotiques sont difficiles à tuer et peuvent alors provoquer une infection grave de l'organisme. (D) La bactérie rouge peut même transférer un morceau d'ADN à une bactérie sensible (la bleue), la transformant ainsi en une bactérie résistante.

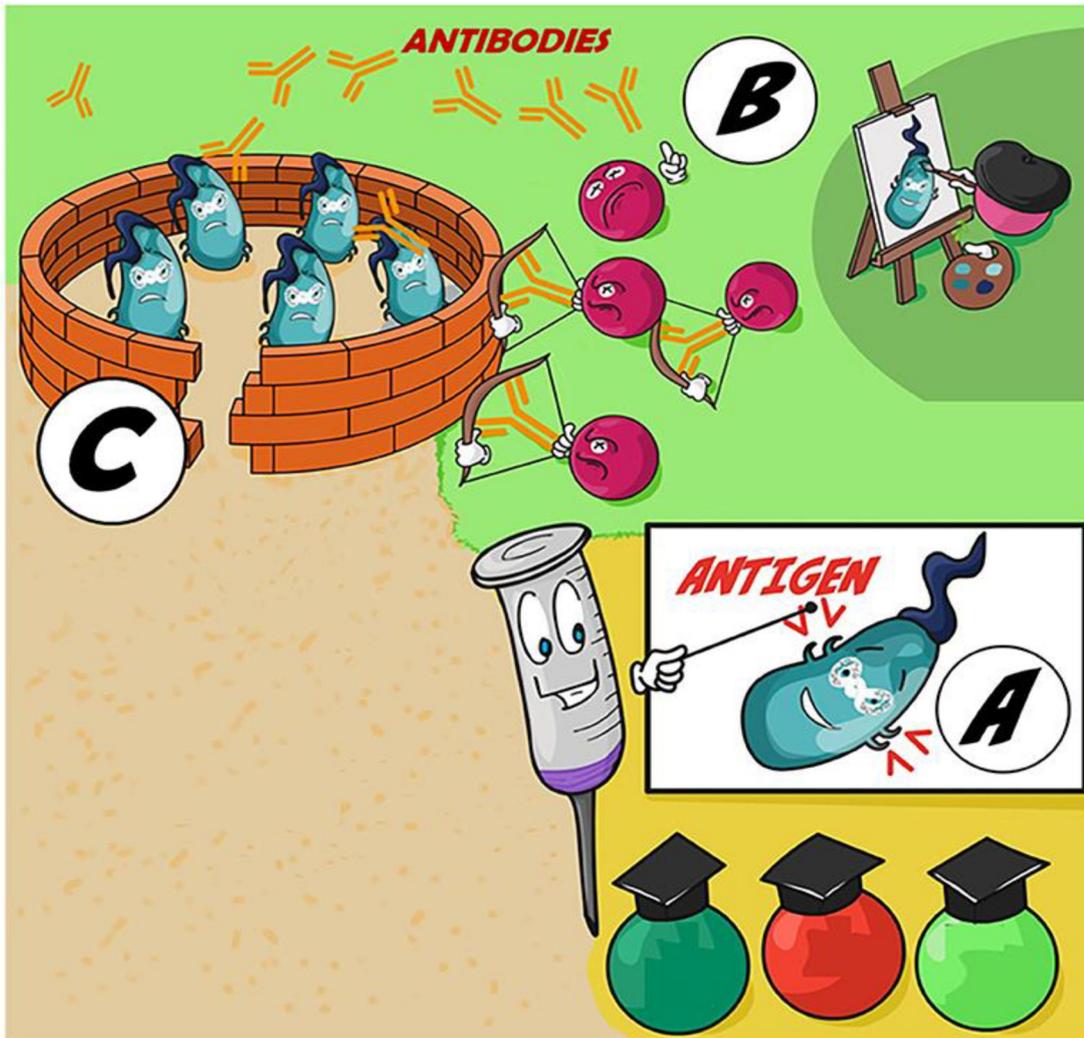
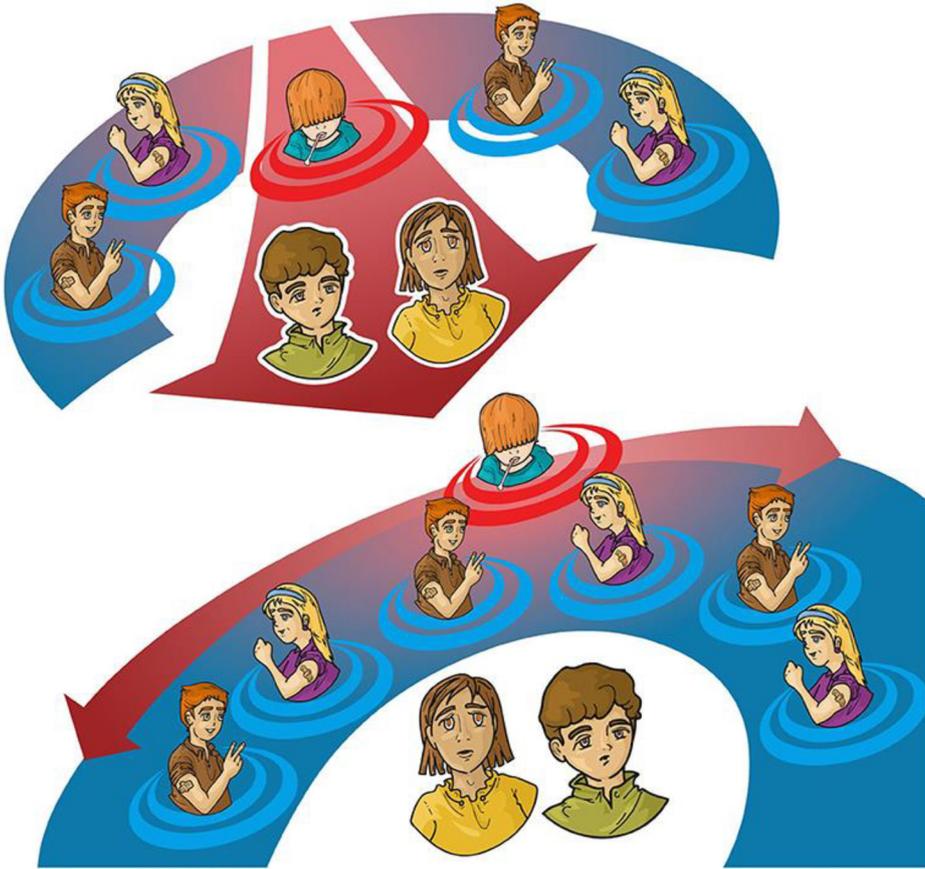


Figure 2 - Les vaccins et le système immunitaire.

(A) Le vaccin (seringue) apprend aux cellules du système immunitaire de quoi est fait la bactérie. (B) La mémoire immunologique garde une trace de la bactérie, de sorte que le corps est déjà prêt à combattre efficacement si le même type de bactérie revient. (C) Si l'organisme rencontre la bactérie en question plus tard, les cellules immunitaires entraînées peuvent rapidement produire des anticorps (flèches en forme de Y) pour combattre les envahisseurs bactériens.



**Figure 3** - L'importance de la vaccination pour l'immunité 'collective'.

Dans le panneau du haut, il y a très peu de personnes vaccinées (celles avec un pansement sur le bras). Il n'y a pas assez de personnes vaccinées pour protéger les personnes portant des chemises vertes et jaunes, qui n'ont pas été vaccinées, et les empêcher d'attraper le virus d'une personne infectée (le garçon entouré de cercles rouges). Dans le panneau du bas, le nombre de personnes vaccinées est suffisant pour créer un bouclier contre l'infection pour les personnes qui, par exemple pour des raisons médicales, ne peuvent pas être vaccinées (ou ont été vaccinées mais cela n'a pas bien marché). Il s'agit de l'immunité 'collective': lorsqu'un nombre suffisant de personnes est vacciné, une infection aura plus de mal à se propager facilement dans la population, de sorte que toutes les personnes, y compris celles qui ne sont pas vaccinées, sont protégées. L'immunité collective contribue à la lutte contre la RAM car, si moins de personnes sont infectées, moins d'antibiotiques devront être utilisés.

## RÉFÉRENCES

- [1] Bloom, D. E., Black, S., Salisbury, D., and Rappuoli, R. 2018. Antimicrobial resistance and the role of vaccines. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 115:12868–71. doi: 10.1073/pnas.1717157115
- [2] Klemm, E. J., Wong, V. K., and Dougan, G. 2018. Emergence of dominant multidrug-resistant bacterial clades: lessons from history and whole-genome sequencing. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 115:12872–7. doi: 10.1073/pnas.1717162115
- [3] Clem, A. S. 2011. Fundamentals of vaccine immunology. *J. Glob. Infect. Dis.* 3:73. doi: 10.4103/0974-777X.77299

[4] Jansen, K. U., and Anderson, A. S. 2018. The role of vaccines in fighting antimicrobial resistance (AMR). *Hum. Vaccin Immunother.* 14:2142–9. doi: 10.1080/21645515.2018.1476814

[5] Lipsitch, M., and Siber, G. R. 2016. How can vaccines contribute to solving the antimicrobial resistance problem? *MBio* 7:e00428-16. doi: 10.1128/mBio.00428-16

Edité par: Michel Goldman

CITATION DE L'ORIGINAL EN ANGLAIS: Vacca F, Cardamone D, Troisi M, Sala C and Rappuoli R (2020) Antimicrobial Resistance: A Tale of Nasty Enemies and Powerful Weapons. *Front. Young Minds.* 8:554493. doi: 10.3389/frym.2020.554493

***Traduction adaptée: Charlotte Martin***

COPYRIGHT © 2020 Vacca, Cardamone, Troisi, Sala and Rappuoli

Il s'agit d'un article à accès libre distribué selon les termes de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). L'utilisation, la distribution ou la reproduction dans d'autres forums est autorisée, à condition que le(s) auteur(s) original(aux) et le(s) titulaire(s) du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans ce journal soit citée, conformément aux pratiques académiques acceptées. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

---

## Prenez contact avec nous

[kids@frontiersin.org](mailto:kids@frontiersin.org)

[kids.hebrew@frontiersin.org](mailto:kids.hebrew@frontiersin.org)

[kids.arabic@frontiersin.org](mailto:kids.arabic@frontiersin.org)

---

## “Réseaux sociaux

 [@FrontYoungMinds](https://twitter.com/FrontYoungMinds)

 [@FrontiersForYoungMinds](https://www.facebook.com/FrontiersForYoungMinds)

 [@frontiersyoungminds](https://www.instagram.com/frontiersyoungminds)

[#frontiersforyoungminds](https://www.instagram.com/frontiersyoungminds)

