

Qu'est-ce qu'un virus & qu'est-ce que le SARS-CoV-2 ?

1

Qu'est-ce qu'un virus ?

Un virus est le plus petit des microbes (virus, bactéries, champignons), il est invisible à l'œil nu. (Voir figure 1)
Certains microbes sont inoffensifs, d'autres nous sont utiles.
Malheureusement, certains microbes peuvent causer des maladies, ils sont alors dits pathogènes.

Les virus sont des pathogènes intracellulaires obligatoires (figure 2). C'est-à-dire qu'ils doivent rentrer dans les cellules (appelées hôtes) pour pouvoir se multiplier.

Figure 1 : Taille des microbes

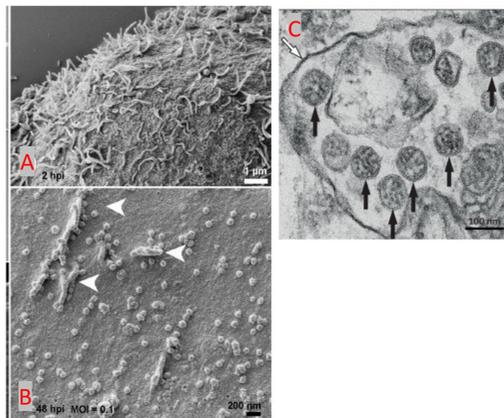


Figure 2 :
A : Le virus SARS-CoV-2 s'accroche sur une cellule
B : Plus fort grossissement montrant le virus (boules rondes) s'accrochant à la surface d'une cellule
C : L'intérieur de la cellule contient plusieurs vacuoles (pointées par les flèches noires) remplies de virus SARS-CoV-2



Sur la planète, il y aurait plus de virus que toutes cellules cumulées (bactéries, cellules humaines, cellules de plantes etc) : il y aurait 10^{31} particules virales et « seulement » 10^{30} cellules.

2

Comment un virus apparaît-il chez l'être humain ?

En général, les virus sont transmis à l'être humain par les animaux, on parle de zoonose. La faute est-elle vraiment celle des animaux ? En réalité, les zoonoses sont généralement dues au comportement de l'être humain (déforestation, pratiques culturelles alimentaires, proximité avec l'animal, manque d'hygiène et infrastructures médicales).

Ensuite, le virus se propage entre êtres humains (plus ou moins facilement selon le virus, voir figure 3) par contacts, ces derniers étant aujourd'hui très nombreux dans notre monde globalisé.

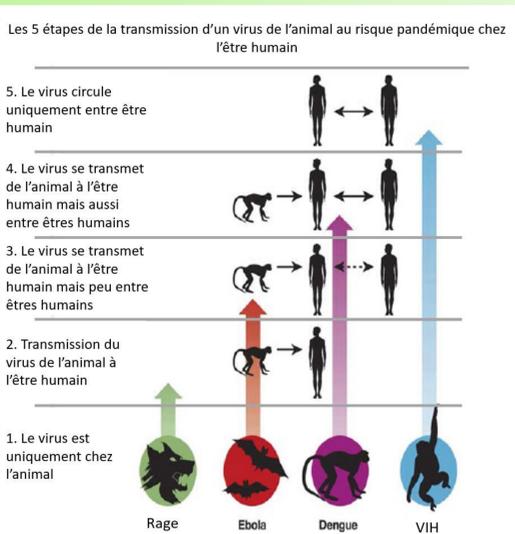


Figure 3 : Certains virus ne se transmettent pas entre êtres humains, c'est le cas du virus de la rage. D'autres, au contraire, se propagent très facilement entre êtres humains comme c'est le cas du VIH.



Le Virus de l'Immunodéficience Humaine (VIH, causant le SIDA) a été transmis du singe (VIS, Virus de l'Immunodéficience Simienne) à l'être humain au moins 12 fois au cours de l'histoire. Cela s'est produit lors du contact entre l'être humain et le sang de l'animal.

Pour qu'un virus puisse causer une menace sanitaire locale voire mondiale, il faut qu'il soit capable de se transmettre facilement entre êtres humains. La transmissibilité du virus est représentée par le taux de reproduction R_0^* dont quelques exemples sont fournis en figure 4 : plus il est élevé, plus le virus se transmet facilement.

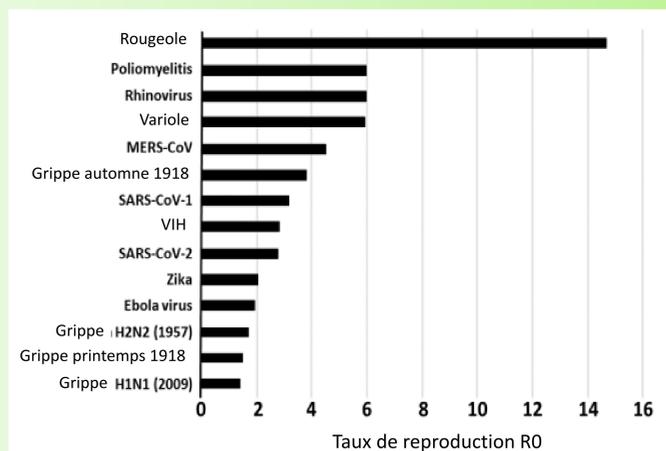


Figure 4 : Plus le taux de reproduction R_0 du virus est élevé, plus il se transmet facilement entre êtres humains.

* : R_0 : nombre moyen de personnes qu'une personne contagieuse peut infecter.

De quoi est composé un virus et quelle est la particularité des Coronavirus ?

Un virus est délimité par un contour qui prend la forme soit d'une capsid (faite de protéines) soit d'une enveloppe (faite de lipides). A l'intérieur, on trouve le génome du virus qui renferme l'information génétique. Le génome est présent chez toutes les cellules (dont celles des êtres humains) et il est constitué d'ADN, alors que les virus ont la particularité de pouvoir avoir un génome fait soit d'ADN soit d'ARN. Les coronavirus possèdent un génome à ARN.

Les Coronavirus sont-ils nouveaux ?

Les Coronavirus sont retrouvés chez l'être humain et plusieurs animaux. Chez l'être humain, plusieurs Coronavirus sont déjà apparus, dont des virus saisonniers responsables de rhumes en hiver, et des virus plus virulents dont le SARS (ou SARS-CoV-1) ayant engendré une épidémie en 2003, et le MERS-CoV, dont les premiers cas ont été identifiés en 2012 au Moyen-Orient et qui circule toujours aujourd'hui (bien que dans des zones restreintes).

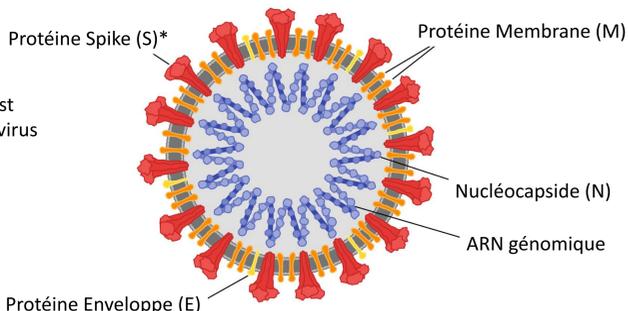


Figure 5 : Structure du SARS-CoV-2

3

Les Coronavirus, virus à ARN peu variables : uniques en leur genre ?

Les Coronavirus sont uniques en leur genre car ils ont un génome à ARN qui varie très peu contrairement aux autres virus à ARN. Pour comprendre cela il faut faire un peu de biologie moléculaire... A chaque fois qu'un virus se multiplie il va devoir copier son génome des milliers de fois et fait plein d'erreurs ! Mais les Coronavirus ont la capacité de corriger ces erreurs ! C'est pourquoi le génome de Coronavirus mute (ou varie) moins que celui de bon nombres d'autres virus comme présenté par la figure 6.

Efficacité du vaccin (si disponible) indiquée en exposant

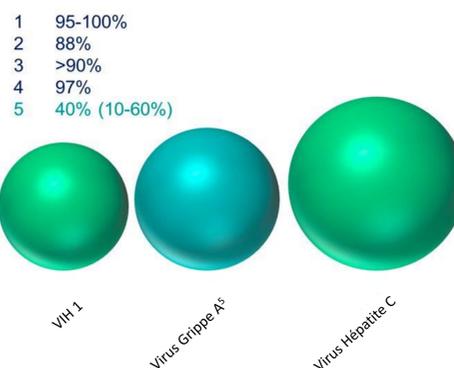
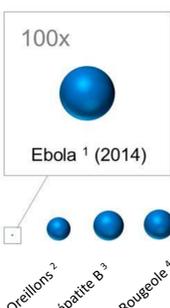
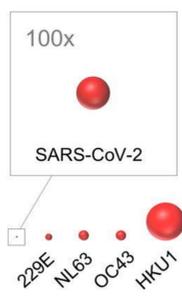


Figure 6 : Taux de mutations de différents virus.

Chaque sphère correspond à un virus. Les coronavirus sont en rouge. La taille des sphères est proportionnelle au taux de mutation du virus : plus la sphère est large, plus le virus mute rapidement ! Le SARS-CoV-2 est agrandi 100 fois.

Pourquoi les Coronavirus sont-ils responsables de plusieurs épidémies ?

Les réponses sont multiples. Il semblerait qu'un réservoir animal important existe, que ces virus peuvent ensuite se transmettre facilement entre êtres humains qui sont « immunitairement naïfs », c'est-à-dire qu'ils n'ont pas d'anticorps préexistants contre ces virus, probablement car les rhumes à coronavirus n'entraînent pas une réponse immunitaire assez forte et donc pas de production d'anticorps.



Qu'est-ce qu'un vaccin et quels en sont les objectifs ?

Histoire de la vaccination :

Le début de la vaccination a commencé avant même que la découverte des virus ait lieu. Dès le XVII^{ème} siècle, la variolisation était pratiquée en Chine et fut ensuite importée en Occident. Cette pratique, où l'on inoculait des extraits de boutons d'une personne malade à une personne saine, faisait passer le taux de mortalité de la variole de 20-30% à 0,5-2%.



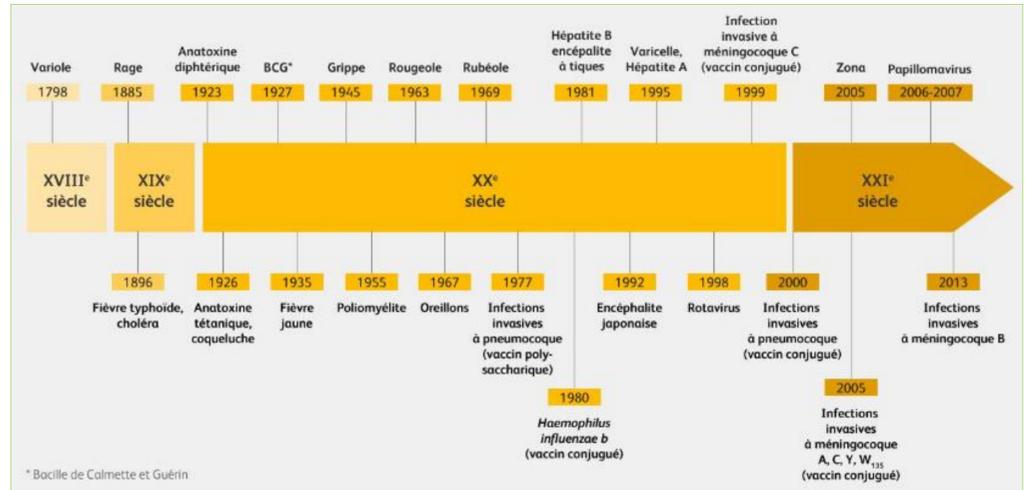
Figure 8 : De gauche à droite : Pratique de la variolisation en Chine, vaccination par E. Jenner, vaccination par L. Pasteur.

Ensuite, en 1796, Edward Jenner montra qu'en inoculant un extrait de variole de la vache à un enfant, ce dernier était protégé de la variole humaine. C'est donc Jenner qui montra en premier qu'un virus « atténué » pouvait protéger contre un virus humain. Presqu'un siècle plus tard, Louis Pasteur mis au point le premier vaccin produit par l'être humain, le vaccin contre la rage. Depuis Pasteur, nombreux autres vaccins ont été développés et ils représentent une arme antiviral majeure.



Le premier virus découvert est le virus responsable de la mosaïque du tabac, un virus présent chez les plantes (de tabac). Ce virus a été identifié par Dimitri Ivanovsky, en 1892. Ainsi, la « vaccination » contre la variole se faisait avant même que l'on sache que cette maladie est causée par un virus.

Figure 9 : Frise chronologique de la découverte des vaccins jusqu'en 2013. Aujourd'hui on peut en rajouter plusieurs, comme les vaccins contre la Dengue, Ebola ou encore le SARS-CoV-2.



4 Objectif de la vaccination : à l'échelle individuelle

L'objectif de la vaccination est de mimer la rencontre avec le virus en injectant tout ou partie du virus, de façon à ce qu'il soit inoffensif. Ceci va permettre de stimuler notre système immunitaire qui va développer des cellules mémoires dont certaines produisent des anticorps (voir figure 10). Ainsi, si on est infecté par le vrai virus pathogène, notre corps est déjà prêt à combattre grâce à ces cellules mémoires, ce qui permet d'éliminer le virus plus rapidement sans même s'apercevoir que l'on a été infecté.

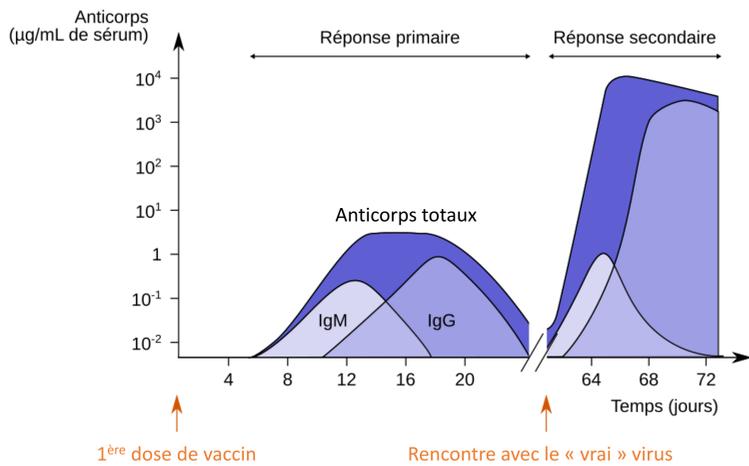


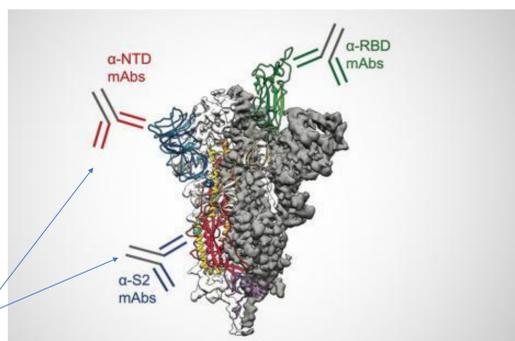
Figure 10 : La 1^{ère} rencontre avec le virus grâce à la vaccination permet d'augmenter le taux d'anticorps (anticorps appelés IgM et IgG), préparant ainsi notre système immunitaire pour une rencontre avec le virus.

Mais alors, si on immunise notre corps avec un morceau du virus mais que le virus évolue, ça donne quoi ? Est-on encore protégé ?

Nous savons que le SARS-CoV-2 mute peu, mais de nombreux variants apparaissent tout de même. Heureusement, les composants des vaccins permettent de générer des anticorps et cellules mémoires qui reconnaissent différents endroits du virus, notamment différents endroits de la protéine S (voir figure 12) : il faudra donc beaucoup de mutations pour réduire significativement l'efficacité du vaccin !

Figure 12 : Différents endroits de la protéine S (spike) sont reconnus par les anticorps. mAbs = anticorps.

Anticorps dont la cible est différente



5 Objectif de la vaccination : à l'échelle de la population

L'intérêt de la vaccination est de protéger l'ensemble des individus (voir figure 11). L'immunité collective (ou de groupe) représente le pourcentage de personnes à vacciner pour permettre d'éviter la circulation du virus. C'est en atteignant une immunité collective que l'on peut espérer enrayer la transmission du virus. Le pourcentage de personne à vacciner pour atteindre l'immunité collective dépend de la facilité avec laquelle le virus se transmet, c'est-à-dire le taux de reproduction R0. Atteindre l'immunité de groupe est un prérequis pour envisager l'éradication d'un pathogène, comme cela a été le cas avec le virus de la variole.

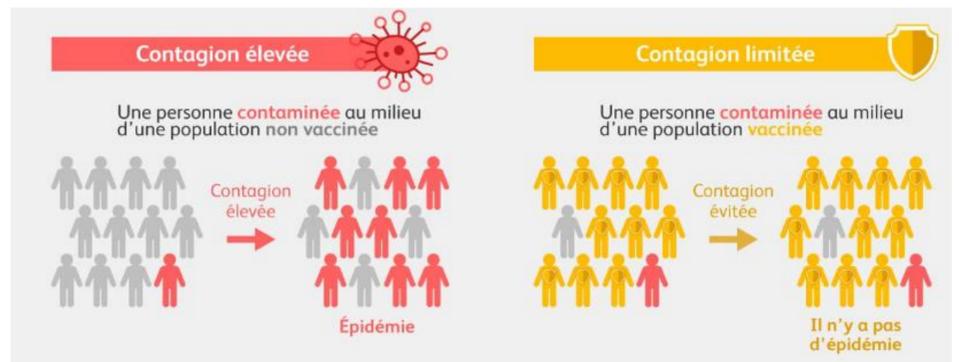
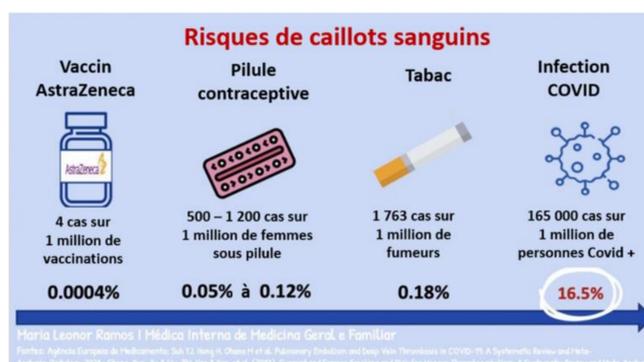


Figure 11 : Principe de l'immunité collective



Balance bénéfique / risque :

L'évaluation du rapport bénéfice/risque au niveau de la population repose sur des données chiffrées. Cependant, il en va tout autrement de l'estimation du rapport risque/bénéfice individuel qui est en grande partie subjective. Pour un individu, la vaccination exige la prise d'un risque immédiat (lié aux effets indésirables de la vaccination) pour éviter un risque hypothétique et différé (la maladie infectieuse).



Figures 13 et 14 : Risques liés à la vaccination AstraZeneca

Les risques de complications sévères liées au vaccin AstraZeneca comparés aux autres risques

Chances sur un million de...	25 ans et plus	55 ans et plus
Subir un préjudice grave dû aux effets secondaires du vaccin	11 sur un million	4 sur un million
Mourir du coronavirus	23 sur un million	800 sur un million
Mourir d'un accident ou d'une blessure	110 sur un million	180 sur un million
Mourir d'un accident de la route	38 sur un million	23 sur un million
Être frappé mortellement par la foudre cette année	1 sur un million	1 sur un million

Les chiffres montrent le risque de mourir d'un coronavirus depuis le début de la pandémie. Les chiffres concernant les accidents et les décès dus aux accidents de voiture sont ceux de 2018. Source: Winton Centre for Risk and Evidence Communication

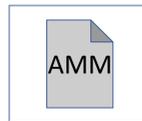
Les risques auxquels on s'expose volontairement sont mieux perçus : il est plus facile d'accepter un effet indésirable d'un vaccin du voyageur que celui d'un vaccin obligatoire ou indiqué compte tenu du risque professionnel.

Les vaccins : développement

6

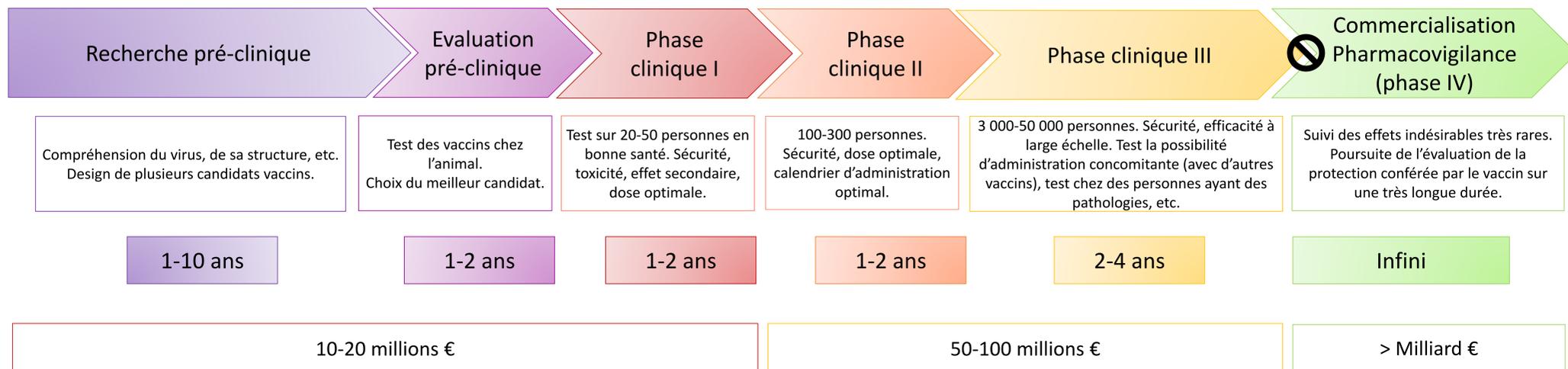
Le développement d'un vaccin est un processus complexe et qui diffère du développement de médicaments « classiques ». En effet, les vaccins ont pour vocation d'être utilisés sur des individus en bonne santé de manière préventive alors que la plupart des autres médicaments sont utilisés pour soigner une maladie.

La production des vaccins est hautement sécurisée. Selon Sanofi, 70% du temps pour produire un vaccin est consacré à des contrôles qualités.

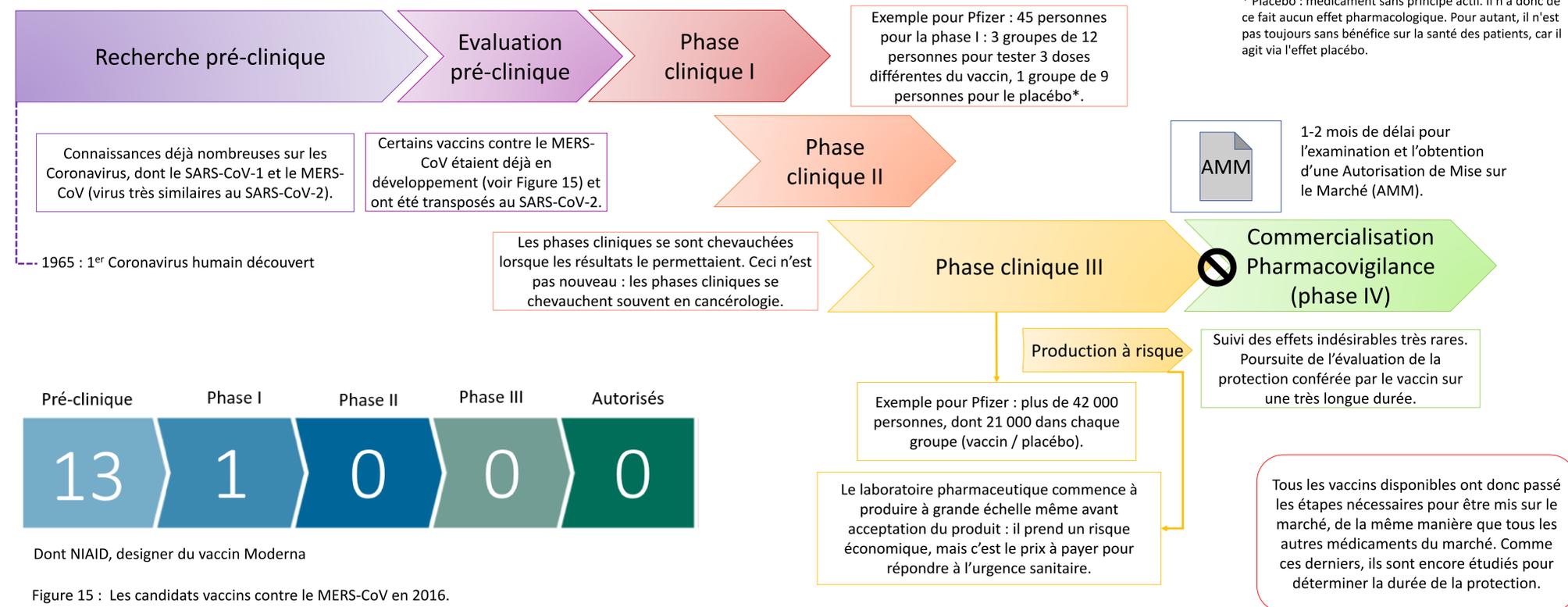


1-2 ans de délai pour l'examen et l'obtention d'une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM).

Pour le développement de vaccins en période hors urgence sanitaire, voici la chronologie habituelle :



Pour le développement d'un vaccin contre le SARS-CoV-2 :



Un essai clinique de qualité pour évaluer l'efficacité d'un vaccin (ou tout autre produit) répond à plusieurs critères :

- Il est randomisé : on compare *a minima* 2 groupes des personnes : ceux recevant le vaccin et ceux recevant le placebo. Les personnes sont réparties dans les groupes de façon aléatoire.
- La répartition des groupes se fait à l'insu des participants (étude en aveugle) et éventuellement des cliniciens (double aveugle).

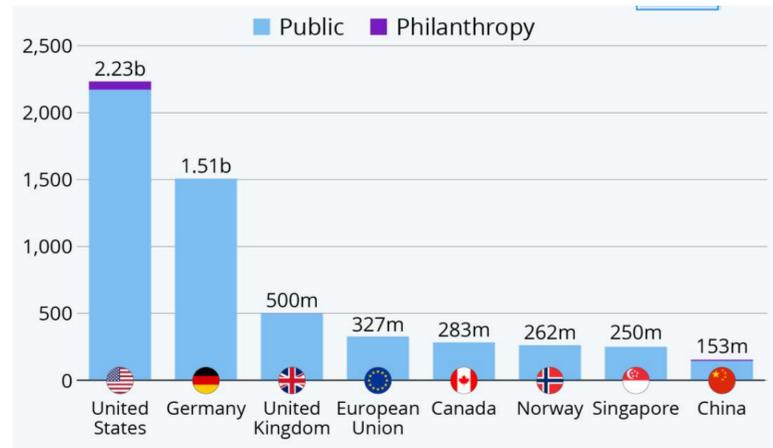


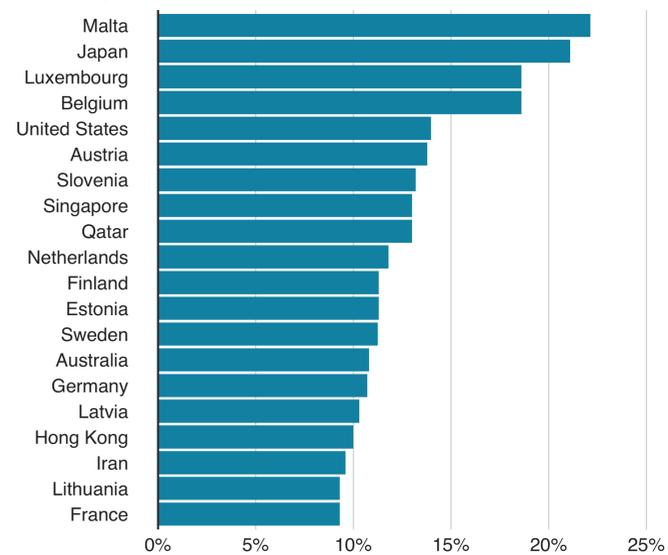
Figure 16 : Dépense des pays pour la recherche sur le SARS-CoV-2 jusqu'en mars 2021. En \$. B = milliard, m = million.

La conception extrêmement rapide de vaccins a été permise grâce aux fonds levés pour la Recherche et Développement.

Les Etats-Unis ont ainsi dépensé 11 milliards de dollars (voir Figure 16, non actualisée), dont 2,5 milliards d'aide à Moderna et 2 milliards pour Pfizer.

La France a injecté environ 15 millions d'euros dans la recherche contre la Covid-19, soit environ 100 fois moins que nos voisins Allemands.

Des contributeurs privés ont également été généreux : 150 millions investis par la Fondation Bill et Melinda Gates dans le projet Covax. Tik Tok a investi 10 millions dans ce même projet. On trouve également l'entreprise Nestlé.

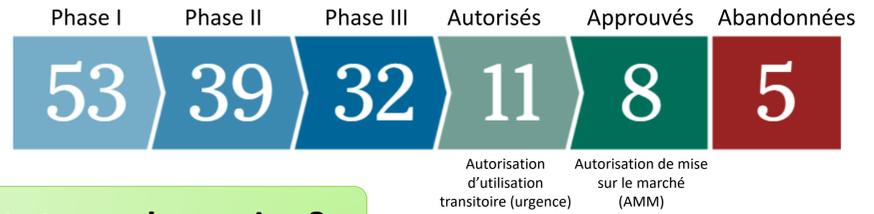


Source: Ceyhun Elgin

BBC

Figure 17 : Top 20 des pays ayant investi le plus dans la recherche sur le SARS-CoV-2 en pourcentage du PIB

Les différents types de vaccins...et l'ARN messenger

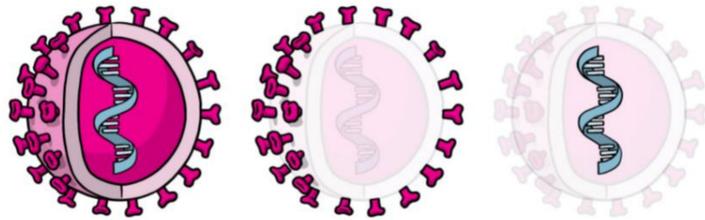


Nombreux vaccins sont actuellement en développement
(figure ci-contre du New-York Times, actualisée au 20.07.2021)

Quels sont les différents types de vaccins ?

(source : site de l'OMS)

Il existe 3 méthodes principales pour fabriquer un vaccin :



Utilisation d'un virus (ou bactérie) entier Parties (sous-unités) qui déclenchent le système immunitaire Uniquement le matériel génétique

Indispensable pour comprendre :
A partir d'ADN on fabrique de l'ARN messenger (ARNm) qui sert à produire des protéines

ADN → ARNm → protéine

Dates clés sur l'ARNm :

- 1961 : découverte de l'ARNm
- 1978 : mise au point de l'encapsulation dans des vésicules lipidiques
- 1995 : premier essai de vaccin ARNm en cancérologie chez l'être humain.

→ Cela fait donc 26 ans que les premiers essais avec les vaccins ARNm ont commencé. En cancérologie, la plupart ont donné des résultats décevants, jusqu'aux années 2010 où nombreuses découvertes ont permis d'améliorer la technique.

Méthode du virus entier

Vaccin inactivé
Ex : Grippe, Poliomyélite
Sinovac.
*Adjuvant

Vaccin vivant atténué
(virus « vivant » mais fragile donc rapidement éliminé par le système immunitaire).
Ex : ROR, Varicelle et zona.
Pas d'adjuvant

Vaccin à vecteur viral :
Un autre virus produit la protéine S par exemple.
Ex : Ebola, **Vaxveria (AstraZeneca) / Janssen (J&J).**
Pas d'adjuvant

Méthode des sous-unités

Vaccin sous unitaire :
On injecte seulement des parties du virus, par exemple une protéine comme la protéine S du SARS-CoV-2.
Ex : Coqueluche, tétanos, hépatite B etc. **Novavax.**
Adjuvant

Vaccin à pseudo-particules virales :
On injecte les protéines de surface du virus qui sont assemblées en une sphère.
Ex : Papillomavirus Humain (HPV). Plusieurs en phases cliniques pour la covid-19.
Adjuvant

Vaccin utilisant le matériel génétique enveloppé dans une vésicule lipidique

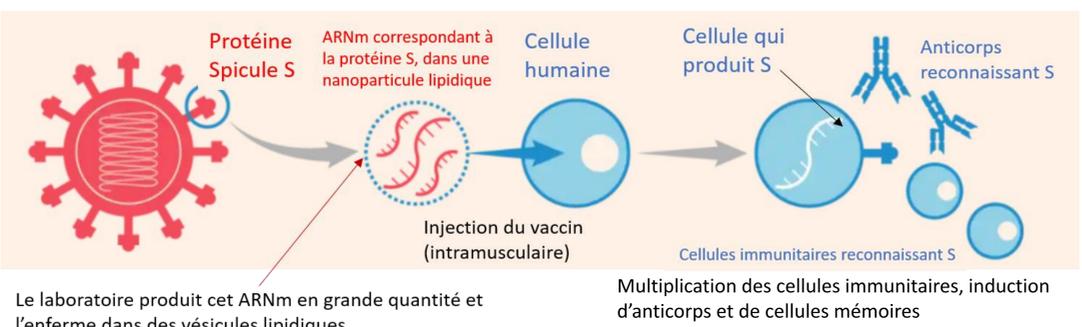
Vaccin ADN : On injecte de l'ADN qui donnera un ARNm puis des protéines stimulant le système immunitaire.
Ex : AUCUN. Plusieurs en phases cliniques pour la Covid-19.

Vaccin ARN : On injecte l'ARNm qui permet de produire une protéine qui va stimuler le système immunitaire.
Ex : En développement : Zika, CMV, VIH. **Pfizer, Moderna.**
Pas d'adjuvant !!!

*Un adjuvant est une molécule qui va augmenter la réponse immunitaire induite par un vaccin. L'adjuvant permet d'améliorer l'efficacité du vaccin (plus longue et meilleure protection) tout en diminuant la quantité du principe actif et le nombre de doses (rappels) nécessaires. Les adjuvants peuvent parfois avoir des effets secondaires (comme des allergies).

On n'injecte pas le génome du virus. On injecte un ARN messenger modifié pour être stable et capable d'induire une réponse immunitaire.
Pas besoin d'adjuvant avec les vaccins ARNm !

Quel est le principe d'un vaccin à ARNm?



Pour un vaccin ARNm, on injecte l'ARNm qui donne l'instruction à nos cellules de produire la protéine S. Cette production est transitoire puisque les ARNm sont détruits en quelques heures ou jours au maximum.

L'ARNm n'est pas capable de rentrer dans le noyau des cellules humaines. Or, le noyau de nos cellules renferme notre ADN. Il est donc impossible que l'ARNm du vaccin modifie notre génome.

9 Quelles différences entre vaccin ARNm et thérapie génique?

Figure 19 : Nouveau né atteint de DICS vivant dans une bulle stérile



La thérapie génique est utilisée pour le traitement de maladie **graves et incurables** autrement. Ces maladies sont causées par la mutation d'un morceau dans l'ADN des cellules de la personne. Cette mutation empêche la production d'une protéine importante. Ainsi, chez les personnes malades on va vouloir **corriger l'ADN pour mettre une séquence correcte à la place**. La thérapie génique va donc modifier l'ADN. Aujourd'hui, la maladie des « enfants bulles » ou Déficit ImmunoCombiné Sévère (DICS) est traitable par thérapie génique et c'est pour cette pathologie qu'ont eu lieu les premiers essais cliniques dans les années 1990. L'espérance de vie des patients n'excédait guère les 20 ans. Aujourd'hui, grâce à ce traitement, les personnes peuvent retrouver une vie normale.

Tableau 2 : Exemple de prix des thérapies géniques

Médicament	Prix
Glybera (Hypertriglycémie)	1,1 millions €
Luxturna (dystrophies rétiniennes héréditaires)	425000 € par œil
Zolgensma	2,1 millions €

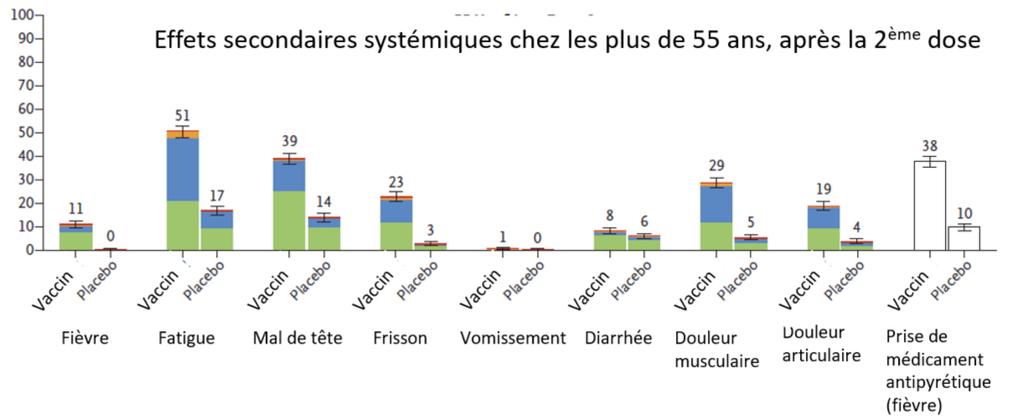
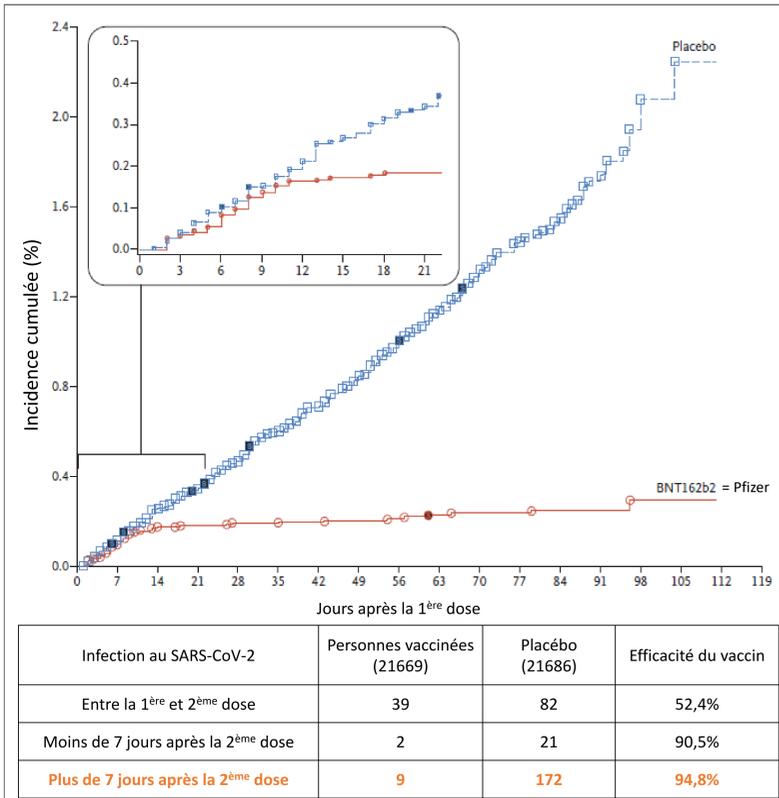
Un vaccin à 15€ c'est donc une thérapie génique ?

Tableau 3 : Différences entre thérapie génique et vaccins ARNm

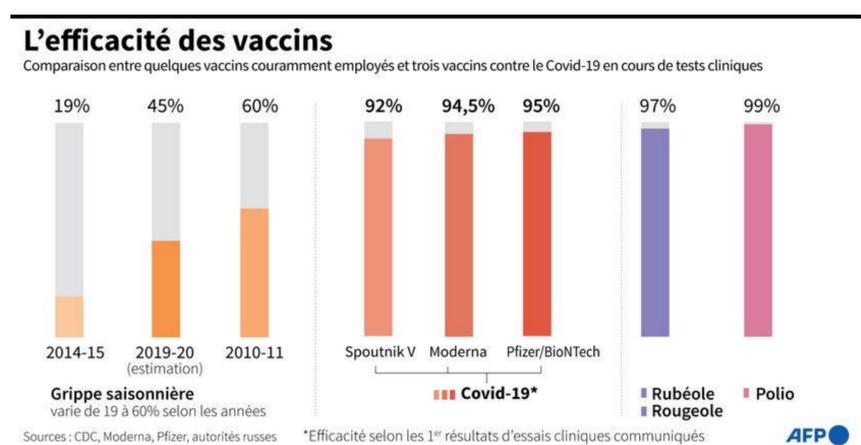
	Thérapie génique	Vaccin ARNm
Nature de l'information génétique	ARN d'un rétrovirus contenant le morceau d'ADN à corriger	ARNm du virus servant de modèle pour produire la protéine
Formulation (« emballage » pour protéger la molécule)	Virus inoffensif	Vésicule lipidique
Méthode d'injection	Isolation des cellules du patient, infection ex-vivo puis réintroduction des cellules au patient	Injection intramusculaire
Intégration dans le génome	Oui	Non
Temps durant lequel l'information génétique persiste dans nos cellules	A vie	Quelques jours
Effet souhaité	Curatif	Préventif (curatif en oncologie)

Décryptage des études sur l'efficacité du vaccin (exemple du vaccin Comirnaty ou BNT162b2, Pfizer BioNTech)

10 Ce que nous disent les résultats obtenus par les laboratoires pharmaceutiques (Pfizer : Etats-Unis ; BioNTech : Allemagne)

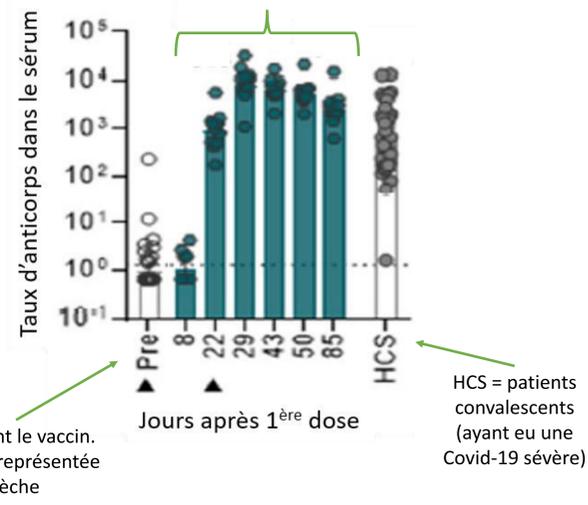


Effets secondaires classiques et bénins, très rares effets graves, comme les autres vaccins déjà commercialisés.

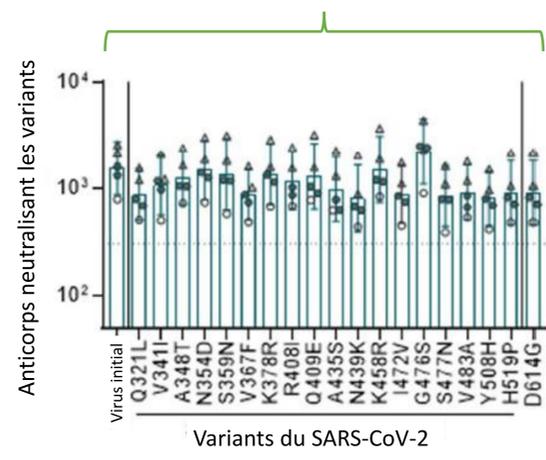


Vaccin efficace à environ 95% !
Donc si le virus circule encore activement, il est normal que certaines personnes vaccinées soient infectées.

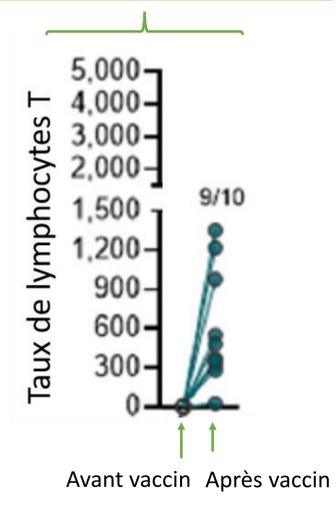
Le taux d'anticorps augmente après la 1^{ère} dose et encore après la 2^{ème}



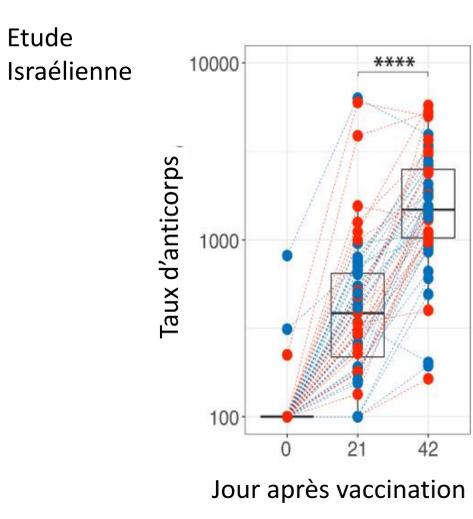
Les anticorps induits par le vaccin protègent contre des variants du virus



Le vaccin induit une augmentation des lymphocytes (globules blancs)



Ces résultats sont-ils confortés par d'autres études ?



Etude Suédoise

	Nombre de cas	Efficacité du vaccin en %
Non vacciné ou avant 1 ^{ère} dose	4155	Référence
Dans les 13 jours après 1 ^{ère} dose	9	Non évalué
14 jours après la 1 ^{ère} dose et avant la 2 ^{ème}	25	42%
Moins de 7 jours après la 2 ^{ème} dose	10	60%
Plus de 7 jours après la 2 ^{ème} dose	8	86%

Etude Israélienne

Chef le personnel soignant	Efficacité du vaccin en %
Réduction du risque d'infection	65%
Réduction du risque de transmission	70%

Pourquoi se faire vacciner ?

- Impact économique (voir poster 6).
- Réduction du risque de transmission et d'infection.
- Atteindre l'immunité collective : réduction de la circulation virale à l'échelle de la population, ce qui diminue le risque de mutation du virus.
- Production hautement sécurisée. Peu d'effets secondaires graves.



Vaccins, hospitalisation, tests et médicaments : Combien ça coûte ?



Les prix des vaccins ont subi de lourdes critiques. Si ces derniers sont peu coûteux à la production (2€ pour Moderna, 0,5€ pour Pfizer), le prix final du vaccin va inclure d'autres éléments comme les coûts de R&D, les essais cliniques (~7.000€ par patient), la distribution, la propriété intellectuelle, le développement technologique (75 millions d'€ investis par Pfizer et Moderna pour développer la technologie ARNm) etc.

Le prix d'un vaccin est négocié par l'acheteur, il dépend de la quantité de doses commandées, des délais de livraison etc.
Le prix général d'un nouveau vaccin mis sur le marché est d'environ 130 €.

L'Université d'Oxford a obligé le laboratoire AstraZeneca à vendre à prix coûtant son vaccin : entre 2 et 7 €.

Le laboratoire Pfizer vend son vaccin à prix variable selon les négociations qui ont eu lieu :
- Israël, qui a fait le choix de la rapidité, a payé 23 € par dose,
- L'Union Européenne a payé 15,50 puis maintenant 19,50 € par dose,
- L'Union Africaine bénéficie d'un tarif réduit, à 5,50 € la dose.

Les dépenses en France face à la Covid-19 : quelle note la sécurité sociale va-t-elle payer ?

Pour les vaccins : doses et acte de vaccination (3,2 milliards) + logistique pour la mise en place de la vaccination (1,4 milliards) : **4,6 milliards €** (estimation jusqu'à fin 2021).

Et l'hospitalisation alors ?

Tableau : Prix des services de l'AP-HP (Assistance Publique Hôpitaux de Paris)

Service	Prix € / jour (TTC)	Prise en charge	Coût pour la sécurité sociale
Réanimation :	4 628,00 €	80%	3 702,40 €
Médecine	898 €	80%	718,40 €

A ces frais on peut ajouter le risque d'infection nosocomiale... Un patient peut développer une infection lors de son hospitalisation ; infection qui devra être traitée et qui, par conséquent, engendrera des frais de traitement (donc indirectement dus à la Covid-19).
Se vacciner, en réduisant les risques d'hospitalisation, diminue donc d'une part la saturation des services et d'autre part, les frais engendrés directement ou indirectement par la Covid-19.

Tableau : Coût engendré par l'hospitalisation des patients et le passage en service de réanimation. **Ce coût ne prend pas en compte la réadaptation des patients ayant eu une Covid-19 sévère.**

Période du 2 Mars 2020 au 16 Juillet 2021 :							
	Nombres de patients	Durée moyenne en hospitalisation (jours)	Durée moyenne en réanimation (jours)	Nombre total de jours en hospitalisation	Nombre total de jours en réanimation	Prix de l'hospitalisation	Coût pour la sécurité sociale
Patients sans passage en réanimation	9 011 162	8	0	61 328 512	0	55 073 003 776 €	44,06 milliards €
Patients avec passage en réanimation	1 345 098	10	14	13 450 980	18 831 372	99 230 569 656,00 €	79,4 milliards €

Et les tests alors ? De la même manière que les vaccins, le coût ne s'arrête pas à celui de la production mais prend également en compte d'autres facteurs.

	Coût pour la sécurité sociale
Test PCR (matériel, réactifs...)	54 €
Prélèvement par le personnel	9,60 €
Forfait pré-analytique (protection du personnel)	4,59 €
Système d'information et dépistage (plateforme sécurisée)	5,40 €
Total	74 €
Coût total par mois (incluant les autres types de tests) :	300 millions € (par mois)



Prix Nobel de Chimie pour Kary Mullis en 1993 pour la mise au point de la PCR (Réaction de Polymérisation en Chaîne)

Grâce à la vaccination qui diminue le risque d'infection et de transmission, si la majeure partie de la population est vaccinée alors la circulation du virus serait freinée, ce qui diminuerait donc le nombre de tests réalisés et, par conséquent, les frais associés.

Et les médicaments ? De la même manière que les vaccins et les tests, le coût ne s'arrête pas à celui de la production mais prend également en compte d'autres facteurs

Médicament	Prix	Coût pour la sécurité sociale	Montant à charge
Hydroxychloroquine + Azythromycine	24,21 € (traitement 6 jours)	15,74 €	8,47 €
Anticorps monoclonaux	2 000 €/dose	?	?

→ Un traitement « ancien » dont l'inefficacité a été prouvée coûte aussi cher qu'un vaccin (et n'empêche pas de retomber malade...)

→ Les traitements spécifiques dont l'efficacité a été montrée sont beaucoup plus cher qu'un vaccin

Plusieurs traitements à base d'anticorps monoclonaux disposent d'un **accès précoce (et non d'une autorisation de mise sur le marché)** en France (ainsi qu'en Europe et aux Etats-Unis). Il s'agit notamment des combinaisons casirivimab/imdevimab du laboratoire Roche et bamlanivimab/etesevimab du laboratoire Lilly France. Notons que le bamlanivimab en utilisation seule ne peut plus être administré du fait d'un risque accru de sélection de variants du virus.

Les anticorps monoclonaux confèrent une immunité passive. L'inconvénient est qu'ils doivent être administrés précocement.