

Moderna (Notice Wiki 2021)

Moderna, (anciennement ModeRNA Therapeutics jusqu'en 2018) est une société de biotechnologies américaine, fondée en 2010 et basée à Cambridge dans l'État du Massachusetts, qui vise à concevoir des « thérapies protéiniques » fondées sur la technologie dite de l'acide ribonucléique messenger (ARN messenger). En 2020, elle met au point un vaccin contre la maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) dont l'efficacité convainc différents pouvoirs publics, dont ceux des États-Unis et de l'Union européenne, d'y avoir recours avec les vaccins d'autres firmes dans le cadre de leurs campagnes de vaccination publiques.

Histoire

Le nom s'écrivait à l'origine « ModeRNA », acronyme construit sur *modified* (« modifié ») et RNA (le sigle anglais correspondant au français ARN)⁷. La société aurait été fondée en 2010^{8,2,9} à Cambridge, dans le Massachusetts, en s'appuyant sur le programme VentureLabs d'incubateur d'entreprises de Flagship pour commercialiser une invention de Derrick Rossi du Boston Children's Hospital^{10,9}.

Les fondateurs de la société Moderna Therapeutics comprennent Noubar Afeyan de Flagship Pioneering ; Kenneth R. Chien de l'université Harvard et de l'Institut Karolinska ; Robert S. Langer du Massachusetts Institute of Technology (MIT) et Rossi².

La start-up fonctionne en « mode furtif » jusqu'en décembre 2012, avec un site web au contenu vague et des employés tous soumis à des accords très stricts de confidentialité².

Stéphane Bancel, diplômé de l'école CentraleSupélec de l'université Paris-Saclay et de l'université du Minnesota, a été recruté en tant que Directeur général en 2011 (il était alors Directeur général de BioMérieux)⁹. Moderna a bénéficié d'un capital-risque et a été financé à hauteur de 40 millions de dollars par l'unité VentureLabs de Flagship Ventures et d'autres investisseurs privés entre sa création et décembre 2012^{11,12}.

En 2013, Moderna Therapeutics et AstraZeneca signent en mars un accord de coopération exclusive sur 5 ans pour découvrir, développer et commercialiser des produits thérapeutiques à base d'ARNm pour traiter des maladies cardiovasculaires, métaboliques et rénales graves ainsi que des cibles sélectionnées en oncologie^{13,14}. Cet accord comprend un paiement initial de 240 millions de dollars à Moderna, qui est « l'un des paiements les plus élevés jamais versés dans le cadre d'un accord de licence de l'industrie pharmaceutique pour un médicament jamais testé dans les essais cliniques »^{13,14}.

En octobre 2013, la DARPA (Agence des projets de recherche avancée de la Défense américaine) accorde à Moderna une subvention d'une valeur de 24,6 millions de dollars pour la recherche et le développement de sa technologie ARNm afin de lutter contre les maladies infectieuses et les armes biologiques^{15,16}.

En janvier 2014, Moderna et Alexion Pharmaceuticals concluent un accord de 125 millions de dollars, toujours pour aider à la découverte et au développement de thérapeutiques ciblant des maladies rares, et via des méthodes basées sur l'ARN messenger. Alexion verse à cette occasion à Moderna 100 millions de dollars en échange de 10 options de production de médicaments contre les maladies rares via la plateforme thérapeutique d'ARNm de Moderna. L'entreprise bénéficie aussi d'un apport au capital de Moderna de 25 millions de dollars¹⁷. En juin 2014, CNBC estime que Moderna est devenue l'une des 50 premières entreprises à la pointe de l'innovation, ayant un impact fort dans leurs domaines et ayant un fort potentiel de croissance¹⁸. En octobre 2014, Moderna annonce lancer une recherche stratégique et un partenariat clinique avec l'Institut Karolinska et l'Hôpital universitaire Karolinska. Le groupe crée Moderna Therapeutics Sweden (première zone d'expansion hors des États-Unis).

En 2015, Moderna accroît ses fonds propres via des partenariats commerciaux. L'entreprise lance une filiale, Valera, exclusivement axée sur l'avancement des vaccins et de la thérapeutique pour la prévention et le traitement des maladies infectieuses virales, bactériennes et parasitaires, et annonce un accord de licence et de collaboration avec Merck visant la découverte et le développement de vaccins et de traitements immunitaires passifs contre les maladies virales en utilisant l'ARN messenger modifié (ARNm).

En mai de cette même année 2015, Moderna lance Elpidera, une autre filiale, exclusivement consacrée au développement de médicaments basés sur l'ARN messenger (ARNm) pour le traitement de maladies rares et est estimée, par CNBC, faire partie des leaders en matière du Top 50 des technologies de rupture¹⁹. En octobre 2015,

Moderna lance encore une autre filiale, Caperna, consacrée aux études et éventuels tests et mise sur le marché de vaccins personnalisés contre le cancer²⁰.

En 2016, l'entreprise annonce le début d'une étude clinique de phase 1 en Europe pour l'ARNm 1440 et dépose un IND (Investigational New Drug) avec l'agence américaine des produits alimentaires et médicamenteux, la Food and Drug Administration (FDA), pour l'ARNm 1851 (l'ARNm 1440 et l'ARNm 1851 sont des vaccins contre des maladies infectieuses)²¹. En janvier de cette même année 2016, Moderna et AstraZeneca annoncent une nouvelle collaboration ayant pour objet le développement de deux programmes d'immuno-oncologie basé sur l'ARNm. Moderna financera et dirigera la recherche et le développement préclinique. AstraZeneca prend en charge les études cliniques précoces. Les deux entreprises partagent les coûts de développement en phase tardive et co-commercialisent des produits aux États-Unis avec un partage à parts égales des bénéfices²². Le même mois, Moderna annonce aussi un nouvel accord avec Merck pour autoriser un programme de vaccination (mRNA 1566 ; pour un virus non divulgué) ; l'accord porte également sur un groupe de nouveaux vaccins liés²³.

En juillet 2016, Moderna annonce une collaboration avec Vertex pour découvrir et développer une thérapie à ARNm contre la fibrose kystique²⁴. Presque au même moment, Moderna et AstraZeneca annoncent déposer une demande d'essai clinique pour un médicament à ARNm cardiométabolique (expérimental ; l'AZD8601) qui code pour le facteur de croissance endothélial vasculaire (VEGF-A)²⁵. En septembre 2016, Moderna gagne une aide financière de BARDA pour développer un vaccin ARNm contre le virus Zika. La même année, l'entreprise lance une usine de fabrication d'ARNm GMP de 200 000 pieds carrés à Norwood, dans le Massachusetts²⁶.

En 2019, elle obtient le *Fast track* de la Food and Drug Administration (FDA) pour un examen accéléré d'un vaccin expérimental²⁷.

Financement et capital

Moderna a fait plusieurs levées de fonds très importantes échelonnées de janvier 2015 à février 2018, pour un total d'environ 1,4 milliard de dollars²⁸. Fin 2018, elle a levé en bourse plus de 600 M\$, ce qui constituait à l'époque la plus grosse introduction en bourse d'une société de biotechnologies²⁸. Elle a réédité cet exploit par une introduction en bourse de plus d'un milliard de dollars en mai 2020, motivée par le besoin de créer d'autres usines pour produire le nombre de doses de vaccins demandé par l'Administration américaine²⁹.

Moderna a aussi obtenu une subvention de 483 M\$ de la part de la Biomedical Advanced Research and Development Authority (BARDA), pour le développement du vaccin contre le coronavirus²⁹.

La capitalisation boursière de Moderna atteint 22,9 milliards de dollars le 8 juin 2020. À la même date, Stéphane Bancel possède 6,6 % du capital³⁰. Après l'annonce du succès de la phase 3, l'action du laboratoire Moderna voit sa valeur grimper le 16 novembre 2020, la capitalisation boursière du laboratoire atteint 35,3 milliards de dollars.

Technologie ARN

La technologie phare de l'entreprise consiste à utiliser un ARN messenger (ARNm)¹¹ composé d'analogues nucléotidiques pour déclencher les processus naturels du corps et induire la production de protéines à l'intérieur même des cellules humaines³¹.

Cette approche pourrait potentiellement, si on la maîtrise, produire des protéines thérapeutiques *in vivo* pour traiter un large éventail de maladies, dont certaines sont orphelines ou sans traitements efficaces³².

Une large typologie de médicaments est envisageable : des vaccins (contre des maladies infectieuses ou personnalisés contre certains cancers) aux protéines intracellulaires/transmembranaires, en passant par l'expression intratumorale et les anticorps et protéines sécrétées. Chaque modalité implique une approche distincte de l'utilisation de la *plateforme ARNm* pour coder des protéines qui présentent vraiment un avantage thérapeutique. L'entreprise conduit également des recherches sur de nombreux candidats-médicaments dans un large éventail de domaines thérapeutiques.

Vaccin contre la Covid-19

En janvier 2020, Moderna s'associe au National Institute of Allergy and Infectious Diseases pour développer un vaccin contre le coronavirus SARS-CoV-2. Moderna profite en 2020 de la dynamique des nouvelles aides gouvernementales liées à la vaccination contre COVID-19 pour créer des antennes en Europe (Suisse et Espagne)³³.

Elle tire parti de l'implantation de son partenaire Lonza à Bâle en Suisse, ainsi que de celle de Laboratorios Farmaceuticos ROVI en Espagne. L'objectif est de livrer 500 millions de doses de vaccins à partir de 2021.

Développement du vaccin

Le 11 janvier, les autorités chinoises diffusent la séquence génétique des protéines du coronavirus et, le 13 janvier, l'équipe de recherche de Moderna, associée aux instituts américains de recherche sur la santé (NIH), finalise la séquence de son vaccin contre la Covid-19, l'ARNm-1273. « Le vaccin a été fait en deux jours, sur ordinateur, sans jamais avoir le virus » explique en mars le PDG français de Moderna Stéphane Bancel³⁴.

Le 16 mars 2020, les tests d'un projet de vaccin commencent : Moderna semble avoir alors une avance sur les autres organismes travaillant sur le sujet. À cette occasion, le domaine, peu rentable et très pointu, sur lequel elle se positionne, acquiert, pour différents gouvernements nationaux, un enjeu de souveraineté³⁵. La FDA approuve un projet d'expérimentation de phase II. Le 1^{er} mai, Moderna annonce qu'il a signé un partenariat avec l'entreprise suisse Lonza spécialisée dans la production de protéines par génie génétique. Ils espèrent pouvoir démarrer une production en juillet 2020³⁶.

Le 18 mai, Moderna annonce que son vaccin, le mRNA-1273, a été essayé sur un petit groupe de volontaires sains qui aurait développé des anticorps contre le virus³⁷. Le lancement d'un essai de phase II serait imminent. Cette phase n'est pas faite pour prouver l'efficacité sur la maladie CoVid-19, mais cette annonce provoque néanmoins un rebond de 4 à 5 % des indices boursiers (CAC40, DAX, Dow Jones) et une augmentation de 20 % du cours de l'action Moderna sur le NASDAQ³⁸.

Les études phase 3 conduisent, le 16 novembre 2020, à l'annonce d'un vaccin efficace à 94 %³⁹. Ces résultats sont confirmés par publication dans *The New England Journal of Medicine* du 30 décembre 2020⁴⁰.

En mai 2021, l'étude de Phase III, TeenCove, portant sur plus de 3.700 adolescents de 12 à 18 ans, montre que l'administration à quatre semaines d'intervalle de deux doses du vaccin de Moderna induit une réponse immunitaire de 100 %, deux semaines après la deuxième injection, et une réponse de 93 % dès la première⁴¹.

Le tableau suivant montre le chevauchement des 3 phases de test, dû à l'urgence sanitaire²⁹ :

Phase	Personnes testées	Début	Fin
1	45 personnes « jeunes » et saines	Mars 2020	Mai 2020 ⁴²
2	600 personnes saines	Fin mai 2020	Septembre 2020
3	Étude / placebo sur 30 000 personnes	27 juillet 2020	Étape à 95 personnes atteintes et annonce de l'efficacité du vaccin à 94 % : 16 novembre 2020 ³⁹ Fin phase 3 avec 151 cas de personnes atteintes : fin septembre 2020 ⁴³ Approbation FDA : fin décembre 2020
Livraisons massives	Selon priorités définies par les pouvoirs publics	Livraisons États-Unis : fin décembre 2020 Livraisons Europe : janvier 2021 ⁴³	

Commandes et autorisations de mise sur le marché

Moderna est l'un des cinq industriels retenus par le gouvernement des États-Unis pour le développement de vaccins dans le cadre de l'Opération Warp Speed dont l'un des principaux décideurs, Moncef Slaoui, était d'ailleurs membre du conseil d'administration de Moderna de 2017 à 2020⁴⁴.

En novembre 2020, Moderna a déjà reçu des commandes du vaccin ARNm-1273 de plusieurs pays, passées sous réserve de l'efficacité et de l'innocuité du vaccin. Les pays concernés sont : les États-Unis, l'Union européenne (pour 80 millions de doses), le Canada (56 millions de doses)⁴⁵, la Suisse⁴². En février 2021, l'Union Européenne commande 150 millions de doses supplémentaires, livrables au cours des 3^e et 4^e trimestres de l'année, et signe également une option d'achat de 150 millions de doses livrables en 2022^{46,47}.

Le 16 novembre 2020, une semaine après l'annonce de Pfizer/BioNTech d'un vaccin, Moderna annonce les résultats de son candidat vaccin avec une efficacité de 94,5 %⁴⁸. Ce résultat a été obtenu au cours des essais de phase III, la dernière étape de tests cliniques avant la mise sur le marché. L'étude a été réalisée sur plus de 25 000 participants aux États-Unis, dont 49 % sont à risque (personnes présentant un facteur de risque ou âgées de plus de 60 ans)⁴⁹.

Le PDG de Moderna, Stéphane Bancel, a demandé une autorisation de mise sur le marché aux États-Unis, où la production a déjà commencé. Celle-ci devrait être lancée d'ici la fin de l'année 2020 en Suisse dans les usines du groupe Lonza.

La société de biotechnologie américaine prévoit de produire plus de 15 millions de doses en 2020, et entre 700 millions et 1 milliard en 2021, grâce à des sites de production et des partenaires industriels en Espagne, en Suisse et aux États-Unis⁵⁰.

Moderna a décidé de s'en remettre au laboratoire suédois Recipharm pour distribuer son vaccin dans l'Hexagone. Le groupe Recipharm a commencé à recruter davantage de personnel et a engagé des investissements afin de permettre le transfert de technologie de façon imminente. Un accord doit être finalisé courant décembre 2020 et la demande d'autorisation de mise sur le marché pour l'Europe et les États-Unis doit se faire le 30 novembre 2020^{51,52}.

La société américaine a signé un accord en octobre 2020 avec l'entreprise suisse Lonza, pour être en mesure de fabriquer jusqu'à deux milliards de doses par an. Lonza est chargé de la synthèse de molécule, alors que Recipharm sera responsable de la partie formulation et mise sous flacon⁵³.

Moderna a formé une demande pour les États-Unis et devrait faire de même pour l'Europe après que des résultats complets ont confirmé une haute efficacité de son vaccin, estimée à 94,1 %⁵⁴. Si la société obtient le feu vert, les premières vaccinations pourraient avoir lieu dans les 24 heures suivantes.

Le laboratoire américain Moderna, qui a noué un partenariat avec le chimiste bâlois Lonza, affirme que son potentiel vaccin contre le coronavirus pourrait être commercialisé au 1^{er} semestre 2021 en Suisse⁵⁵. Plus de 150 millions de doses ont été commandées par l'Union européenne. Et une partie de ces vaccins sera très vraisemblablement utilisée en France.

Moderna a aussi signé avec le Royaume-Uni, Israël, le Japon, le Canada... Sans compter les 90 millions de doses promises début septembre aux États-Unis⁵⁶.

L'autorisation de mise sur le marché européen est validée par l'Agence européenne des médicaments le 6 janvier 2021⁵⁷.

Le 8 janvier, la Haute Autorité de Santé (HAS) approuve officiellement l'utilisation du vaccin de Moderna. C'est la seconde autorisation délivrée en France, après celle concernant le vaccin développé par Pfizer et BioNTech.

La FDA signale par ailleurs que les données accumulées jusqu'à présent montrent que le vaccin de Moderna est moins efficace chez les plus âgés⁵⁸.

Le 25 février 2021, lors de la présentation annuelle des résultats de la société, Moderna annonce avoir reçu l'équivalent de 18,4 milliards de dollars de précommandes du vaccin ARNm-1273 pour la seule année 2020. Celui-ci a été vendu pour 26 dollars par dose en moyenne⁵⁹.

Production et distribution du vaccin contre la COVID-19

Contrairement au vaccin proposé par Pfizer et son partenaire BioNTech, le vaccin qu'a développé Moderna, reste stable beaucoup plus longtemps dans un simple réfrigérateur⁴⁵. Alors que le vaccin proposé par Pfizer doit être conservé à une température de -70°C lors de sa distribution et peut être conservé entre 2°C et 8°C , 24 heures avant d'être administré, Moderna prévoit que son vaccin se conserve à -20°C au départ et il reste stable à une température de 2°C à 8°C durant un mois avant d'être administré⁴⁵. Ainsi, le vaccin proposé par Moderna peut être distribué en utilisant les infrastructures de stockages et de distributions des vaccins déjà disponibles dans les différents pays du monde⁶⁰.

Le vaccin est fabriqué aux États-Unis, à Norwood (Massachusetts), ainsi qu'en Suisse. Lonza, partenaire de Moderna, met en place à Viège (Suisse) 3 lignes de production, dont chacune doit produire 2 millions de doses par semaine⁶¹. Moderna espère ainsi produire entre 500 millions et 1 milliard de doses en 2021⁴³.

Le prix de la dose est fixé à 25 dollars aux États-Unis. Chaque personne vaccinée recevra 2 doses. Le prix est réduit de 50 %, voire de 80 %, dans des pays plus pauvres⁴³.

Effets secondaires

De sévères réactions allergiques aux composants du vaccin n'ont pas été constatées lors des essais, mais quelques-unes sont apparues lors des campagnes de vaccination⁶².

Un risque théorique de la vaccination ARN est l'apparition de réactions auto-immunes, ce qui ne remet pas en cause une utilisation prometteuse à grande échelle⁶³. Les personnes présentant une maladie auto-immune sans contre-indications de vaccination peuvent recevoir un vaccin à ARNm⁶².

Les données complètes sur les effets secondaires constatés au cours des essais sont publiées en ligne sur le site des CDC⁶⁴.

Effets indésirables sur le cycle menstruel

Plusieurs pays européens ont recueilli plus de 140 000 rapports de femmes qui disent avoir remarqué un changement dans leurs cycles menstruels après des injections Moderna et Pfizer-BioNTech^{65,66}. Ces effets ont été classés par l'ANSM comme *signaux potentiels*^{67,68}, parfois accompagnés du syndrome pseudo-grippal⁶⁹.

Problème de l'adjuvant PEG

La présence de polyéthylène glycol (PEG) dans les vaccins à ARNm, pose un risque de choc anaphylactique pour les personnes allergiques : « Couramment employé comme excipient dans la fabrication de médicaments ou de cosmétiques, le polyéthylène glycol (PEG) fait figure de suspect numéro un. En effet, le PEG est utilisé dans les deux vaccins à ARNm pour stabiliser et prolonger la demi-vie des capsules lipidiques transportant l'ARNm, en formant à leur surface une couche hydrophile, expliquent les immunologues. » Aussi, « toute personne ayant des antécédents de réaction anaphylactique à l'un des composants des vaccins à ARNm SARS-Cov-2 doit éviter ces vaccins », comme le recommande le CDC américain (Center for Disease Control)⁷⁰.

Vaccin contre le sida

Moderna annonce qu'il engage le 19 août 2021 une phase I d'essais cliniques sur des vaccins ARNm contre le virus du sida. Cette phase, qui doit durer jusqu'en avril 2023, concerne 56 adultes, avec comme objectif d'évaluer la sécurité et l'immunogénicité du nouveau vaccin⁷¹.

Interaction possible du vaccin avec l'ADN humain

Selon une rumeur circulant sur Facebook, des détracteurs du vaccin craignent une intégration de l'ARNm à l'ADN du sujet vacciné⁷². Leur argument est qu'une fois injecté dans le corps humain, l'ARNm pourrait « couper » l'ADN du sujet pour y fixer une copie de sa propre séquence. Il modifierait ainsi l'ADN humain et le patrimoine génétique du sujet, avec des conséquences génétiques imprévisibles.

Ces critiques semblent faire référence à des techniques de thérapies géniques telles que les traitements par vecteurs rétroviraux ou des méthodes de ciseaux moléculaires (Cas9) qui sont très différentes du mode d'action du vaccin à ARN développé par Moderna. En effet, dans ces thérapies géniques parfois controversées, un ensemble de vecteurs et d'enzymes spécifiques sont nécessaires pour réaliser les opérations de rétrotranscription et d'insertion d'ADN dans le noyau cellulaire. Or, le mécanisme du vaccin à ARN ne fait pas

appel à ce genre de manipulations génétiques complexes, mais se contente de faire travailler la machinerie cellulaire pour produire — hors du noyau — la protéine cible visant à créer une réponse immunitaire⁷³. Après transcription de l'antigène, l'ARNm injecté est alors complètement dégradé sans modification de l'ADN du sujet⁷².

Souçons de possibles délits d'initiés

Sur fond de spéculation boursière et d'intérêts financiers colossaux, la valeur de l'action Moderna, Inc. a quadruplé pendant la pandémie de COVID-19, passant de 20 dollars en février 2020 à un maximum de 94 dollars en juillet 2020⁷⁴. À la suite de cette montée en flèche, certains dirigeants de Moderna ont vendu une partie de leurs actions de la société⁷⁵. Cette attitude a déplu notamment en raison des importantes subventions dont bénéficie la société⁷⁴. En juin 2020, des lanceurs d'alerte demandent à la Securities and Exchange Commission d'ouvrir une enquête⁷⁶.

Optimisation fiscale

En prévision de larges profits grâce à son vaccin contre le Covid-19, Moderna met en place un système d'évasion fiscale. Après avoir reçu 2,5 milliards de dollars du gouvernement américain pour financer le développement du vaccin, le laboratoire a ouvert une filiale à Bâle en Suisse, canton où le taux d'imposition pour les entreprises est de 13,04 %^{77,78}, afin de servir de centre de facturation pour le reste de l'Europe. C'est à cette entité que l'Union européenne doit payer les doses que Moderna lui fait livrer. Par ailleurs, tous les brevets de Moderna (dont 595 liés à la technologie de l'ARN messenger) sont détenus par ModernaTX enregistrés au Delaware aux États-Unis, où aucun prélèvement n'est effectué sur les revenus provenant de la propriété intellectuelle. Toutes les filiales de Moderna exploitant le vaccins doivent payer des droits à ModernaTx. D'après Somo, une ONG spécialisée dans la finance et le marché de la santé, avec un taux de marge estimé à 44 % par dose de vaccin, ce sont près de 8 milliards de bénéfices nets qui pourraient en grande partie échapper à l'impôt^{79,80}.

Investissements du chancelier de l'Échiquier au Royaume-Uni

En novembre 2020, la presse britannique révèle que Rishi Sunak, alors chancelier de l'Échiquier, a co-créé en 2010 un fonds d'investissement, Theleme Partners, avec un investissement de 536 millions de livres⁸¹. Il l'a quitté en 2013 pour se lancer en politique. Par la suite, ce fonds a investi 500 millions de livres en actions de Moderna⁸², dont c'est l'un des principaux investissements⁸³. La valeur de cet investissement est passée de 4.7 milliards de livres à 32 milliards de livres grâce au succès du vaccin contre le Covid-19⁸⁴. Interrogé par la Labour Party⁸⁵, il refuse de dévoiler s'il a bénéficié des profits de cette entreprise^{86,87}.

Notes et références

- ↑ (en) Kyle Alspach, « Moderna CEO Bancel joins Flagship Ventures as senior partner » [archive], *Boston Business Journal*, 22 mai 2013 (consulté le 11 décembre 2013)
- ↑ Revenir plus haut en :a b c d e et f (en) Catherine Elton, « The NEXT Next Big Thing », *Boston Magazine*, mars 2013.
- ↑ *Proxy Statement*, (SEC filing)
- ↑ Revenir plus haut en :a b et c *Proxy Statement*, (SEC filing)
- ↑ Moderna's Company History [archive]
- ↑ Revenir plus haut en :a b et c *rapport annuel*
- ↑ Derek Thompson **(en)**, « Les promesses de l'ARN messenger », *Courrier international*, 12-19 mai 2021, p. 26-29 (traduit de *The Atlantic*).
- ↑ (en) Evin Kutz, « ModeRNA, Stealth Startup Backed By Flagship, Unveils New Way to Make Stem Cells' », *Xconomy*, 4 octobre 2010 (lire en ligne [archive]).
- ↑ Revenir plus haut en :a b et c (en) Peter Cohan, « After \$240 Million AstraZeneca Deal, How Big Will Moderna Get? », *Forbes*, 2013,.
- ↑ (en) [dix]Massachusetts through Flagship's VentureLabs business incubator program to commercialize an invention made by Derrick Rossi of Boston Children's Hospital
- ↑ Revenir plus haut en :a et b (en) Shaffer Catherine (2013), « Moderna Makes Entrance with \$40M Round for mRNA Work », *BioWorld*, 6 décembre 2013 (consulté le 11 décembre 2013).
- ↑ (en) Gregory Huang Gregory, « Moderna, \$40M in Tow, Hopes to Reinvent Biotech with "Make Your Own Drug" », *Xconomy*, 2012,.
- ↑ Revenir plus haut en :a et b (en) Andrew Pollack, « AstraZeneca Makes a Bet on an Untested Technique », *The New York Times*, 21 mars 2013.

14. ↑ ^{Revenir plus haut en :a et b} (en) Robert Weisman Robert, « Moderna in line for \$240m licensing deal », *The Boston Globe*, 21 mars 2013.
15. ↑ (en) Mullin Emily, « Moderna lands \$25M grant to develop its RNA platform against infectious diseases, bioterror" », *Fierce Biotech*, 2 octobre 2013.
16. ↑ (en) Luke Timmerman, « Moderna Snags \$25M DARPA Grant to Fight Pandemics With mRNA Drugs" », *Xconomy*, 2012,.
17. ↑ (en) Chris Reidy, « Alexion, Moderna announce agreement to develop messenger RNA therapeutics », *Boston Globe*, 13 janvier 2014.
18. ↑ (en) « CNBC's Disruptor 50 », *CNBC*, 17 juin 2014 (lire en ligne [archive]).
19. ↑ (en) « CNBC's Disruptor 50 », *CNBC*, 12 mai 2015 (lire en ligne [archive]).
20. ↑ (en) Ben Fidler, « With New Startup, Caperna, Moderna Gets in on Cancer Vaccine Buzz », *Xconomy*, 22 octobre 2015.
21. ↑ (en) Mark Terry, « Booming Moderna Eyes Six Human Trials in 2016, Inks Deals with AstraZeneca PLC (AZN), Merck & Co. (MRK) and Signed Huge Lease in Cambridge for R&D Growth », *Biospace*, 12 janvier 2016.
22. ↑ (en) Sten Stovall Sten, « AstraZeneca Ups Betting Ante On Moderna's Messenger RNA Technology », *Scrip*, 11 janvier 2016.
23. ↑ (en) Terry Mark, « Booming Moderna Eyes Six Human Trials in 2016, Inks Deals with AstraZeneca PLC (AZN), Merck & Co. (MRK) and Signed Huge Lease in Cambridge for R&D Growth », *Biospace*, 12 janvier 2016.
24. ↑ (en) John Carroll, « Trendy Moderna's single-asset CF pact with Vertex marks a new phase of dealmaking », *Endpoints*, 6 juillet 2016.
25. ↑ (en) Adams Ben Adams, « Cash-rich Moderna to begin first AstraZeneca trial under collab deal », *FierceBiotech*, 26 juillet 2016.
26. ↑ (en) Eric Palmer, « Moderna lays out ambitious \$110M facility for clinical supplies », *FierceBiotech*, 21 septembre 2016 (lire en ligne [archive]).
27. ↑ (en) « Moderna Receives FDA Fast Track Designation for Zika Vaccine mRNA-1893 », *Biospace*, 19 aout 2020 (lire en ligne [archive]).
28. ↑ ^{Revenir plus haut en :a et b} (en) Karen Carey, « Moderna tops public biopharma raises with \$1.34B to help fund its COVID-19 vaccine » [archive], *Bioworld*, 19 mai 2020.
29. ↑ ^{Revenir plus haut en :a b et c} Véronique Le Billon et Nicolas Rauline, « Moderna optimiste sur son vaccin contre le Covid-19 » [archive], *Les Échos*, 8 juin 2020
30. ↑ « Moderna, Inc. (MRNA) » [archive], *Zonebourse*, 9 juin 2020.
31. ↑ (en) « Modified mRNA directs the fate of heart progenitor cells and induces vascular regeneration after myocardial infarction », *Nature Biotechnology*, 8 septembre 2013 (DOI 10.1038/nbt.2682,lire en ligne [archive])
32. ↑ (en) Meghan Sullivan (2013). "Moderna: Funding the messenger". BioCentury. publié le 28 janvier 2013, consulté le 11 décembre 2013
33. ↑ Enrique Moreira, « Coronavirus : la biotech américaine Moderna s'installe en Europe » [archive], *Les Échos*, 12 août 2020(consulté le 13 août 2020).
34. ↑ « Covid-19 : le vaccin de Moderna existe depuis le 13 janvier et il a été mis au point en un week-end » [archive], sur *ladepeche.fr*, 9 décembre 2020 (consulté le 2 juin 2021)
35. ↑ Philippe Escande, « Coronavirus : La guerre des vaccins est déclarée » [archive], *Le Monde*, 18 mars 2020
36. ↑ Moderna aims for a billion COVID-19 shots a year with Lonza manufacturing tie-up [archive]
37. ↑ Les Bourses mondiales galvanisées par l'espoir d'un vaccin contre le Covid-19 [archive]
38. ↑ CAC40 Moderna fait bondir W-Street, confinement Chine ignoré [archive]
39. ↑ ^{Revenir plus haut en :a et b} Nathaniel Herzberg, « Covid-19 : Moderna annonce que son candidat-vaccin est efficace à 94,5 % » [archive], *Le Monde*, 16 novembre 2020
40. ↑ Lindsey R. Baden, Hana M. El Sahly, Brandon Essink et Karen Kotloff, « Efficacy and Safety of the mRNA-1273 SARS-CoV-2 Vaccine », *The New England Journal of Medicine*, 30 décembre 2020 (ISSN 1533-4406, PMID 33378609,DOI 10.1056/NEJMoa2035389, lire en ligne [archive], consulté le 3 janvier 2021)
41. ↑ « Covid : le vaccin de Moderna efficace à 100 % chez les adolescents » [archive], sur *Les Echos*, 25 mai 2021 (consulté le 25 mai 2021)
42. ↑ ^{Revenir plus haut en :a et b} Enrique Moreira, « Covid-19 : Moderna annonce de nouveaux résultats positifs pour son vaccin » [archive], *Les Échos*, 26 août 2020 (consulté le 29 août 2020).
43. ↑ ^{Revenir plus haut en :a b c et d} Enrique Moreira et Davis Barroux, « Covid : Moderna pense vacciner « dès la fin de l'année aux États-Unis, et en janvier en Europe » » [archive], *Les Échos*, 16 novembre 2020.

44. ↑ (en) « Moderna Congratulates Dr. Moncef Slaoui on His Appointment to Oversee the White House's Operation Warp Speed Initiative », *Business Wire*, 15 mai 2020 (lire en ligne [archive])
45. ↑ Revenir plus haut en :a b et c Zone Santé ICI.Radio-Canada.ca, « Moderna affirme que son vaccin contre la COVID-19 est efficace à près de 95 % – Coronavirus » [archive], sur *Radio-Canada.ca* (consulté le 17 novembre 2020)
46. ↑ « Vaccin Covid : Bruxelles passe une nouvelle commande à Moderna pour la fin de l'année » [archive], sur *Les Echos*, 17 février 2021 (consulté le 22 février 2021)
47. ↑ (en) « Press corner » [archive], sur *European Commission - European Commission* (consulté le 22 février 2021)
48. ↑ (en) « Moderna's COVID-19 Vaccine Candidate Meets its Primary Efficacy Endpoint in the First Interim Analysis of the Phase 3 COVE Study – Moderna, Inc. » [archive], sur *investors.modernatx.com* (consulté le 16 novembre 2020)
49. ↑ « Les États-Unis comptent autoriser les vaccins Pfizer et Moderna, la 1^{re} quinzaine de décembre » [archive], sur *news.gnet.tn*
50. ↑ « COVID-19 : le patron de Moderna espère que son candidat-vaccin sera approuvé avant la fin de l'année » [archive], sur *BFMTV*
51. ↑ « Covid-19. Le laboratoire Recipharm produira en France le vaccin de Moderna » [archive], sur *ouest-france.fr*.
52. ↑ « Covid-19 : Moderna déposera lundi des demandes d'autorisation de son vaccin en Europe et aux USA » [archive], sur *BFM Business* (consulté le 30 novembre 2020).
53. ↑ « Moderna annonce que son vaccin contre le Covid-19 a une efficacité de 94,5 % » [archive], sur *bilan.ch*.
54. ↑ « Covid-19 : Moderna dépose une demande d'autorisation de son vaccin » [archive], sur *lepoint.fr*.
55. ↑ « Moderna prêt à dégainer avec son vaccin en Suisse » [archive]
56. ↑ « Coronavirus : pourquoi l'Union européenne s'est chargée de commander les vaccins » [archive]
57. ↑ « Covid-19 : l'Agence européenne des médicaments donne son accord pour le vaccin Moderna » [archive], sur *Franceinfo*, 6 janvier 2021 (consulté le 6 janvier 2021)
58. ↑ <https://francais.medscape.com/voirarticle/3606698> [archive]
59. ↑ « Covid : Moderna affirme avoir signé pour 18,4 milliards de dollars de commandes de son vaccin » [archive], sur *Les Echos*, 25 février 2021 (consulté le 25 février 2021)
60. ↑ Marc Payet, « Covid-19 : ce que l'on sait du vaccin de Moderna, annoncé efficace à 94,5 % » [archive], sur *leparisien.fr*, 16 novembre 2020 (consulté le 17 novembre 2020)
61. ↑ Fabrice Delaye, « Dans les usines valaisannes qui produiront le vaccin de Moderna contre Covid-19 », *Heidi News*, 30 septembre 2020 (lire en ligne [archive], consulté le 30 septembre 2020).
62. ↑ Revenir plus haut en :a et b <https://www.cdc.gov/vaccines/covid-19/info-by-product/clinical-considerations.html> [archive]
63. ↑ Norbert Pardi, Michael J. Hogan, Frederick W. Porter et Drew Weissman, « mRNA vaccines — a new era in vaccinology », *Nature Reviews Drug Discovery*, vol. 17, n° 4, avril 2018, p. 261-279 (PMID 29326426 [archive], PMID 5906799, DOI:10.1038/nrd.2017.243 « mRNA vaccines — a new era in vaccinology » [archive])
64. ↑ (en-US) « Local Reactions, Systemic Reactions, Adverse Events, and Serious Adverse Events: Moderna COVID-19 Vaccine | CDC » [archive], sur *www.cdc.gov*, 22 décembre 2020 (consulté le 3 janvier 2021)
65. ↑ Covid-19 : vaccins et perturbation des règles, des signaux et beaucoup d'incertitudes [archive]
66. ↑ Why Reports Of Menstrual Changes After COVID Vaccine Are Tough To Study [archive]
67. ↑ Les vaccins anti-Covid ont-ils des effets indésirables sur le cycle menstruel ? [archive]
68. ↑ Covid-19 : des troubles menstruels à attribuer à la vaccination ? [archive]
69. ↑ Covid-19 : le vaccin sème le trouble menstruel, faut-il s'inquiéter ? [archive]
70. ↑ <https://francais.medscape.com/voirarticle/3606753> [archive]?
71. ↑ « Moderna débute les essais cliniques de son vaccin ARNm contre le VIH » [archive], sur *BFM Business*, 18 août 2021
72. ↑ Revenir plus haut en :a et b Jean-François Cliche, « Vérification faite: le vaccin contre la COVID-19 peut-il changer notre ADN? », *Le Soleil*, 22 juillet 2020 (lire en ligne [archive])
73. ↑ « Le génie génétique accélère la mise au point d'un vaccin contre le Covid-19 » [archive], sur *PourlaScience.fr*, 8 juin 2020
74. ↑ Revenir plus haut en :a et b Richard Etienne, « Des biotechs américaines soupçonnées de délit d'initiés », *Le Temps*, 10 septembre 2020 (lire en ligne [archive], consulté le 27 septembre 2020)
75. ↑ 'Bad Optics' Or Something More? Moderna Executives' Stock Sales Raise Concerns [archive]
76. ↑ Watchdog urges SEC to investigate vaccine maker Moderna [archive]
77. ↑ <https://www.bilan.ch/economie/les-cantons-les-plus-attractifs-imposent-le-moins-les-societes> [archive]

78. ↑ <https://newco.ch/fr/blog/combien-d-impots-payee-une-sarl-ou-sa--60> [archive]
79. ↑ Thomas Lemahieu, « Big pharma. Parfum d'évasion fiscale dans l'ARN messenger » [archive], sur *L'Humanité*, 15 juillet 2021
80. ↑ Christian Chavagneux, « Moderna, l'argent public et les paradis fiscaux », *Alternatives Économiques*, octobre 2021
81. ↑ Rishi Sunak planning to build swimming pool, gym and tennis court at his £2million Yorkshire mansion [archive]
82. ↑ Rishi Sunak refuses to say whether he will profit from Moderna vaccine [archive]
83. ↑ Wife of UK chancellor richer than the Queen: Rishi Sunak and the rule of the oligarchy [archive]
84. ↑ Sunak urged to reveal links with US job firm. [archive]
85. ↑ Rishi Sunak urged to reveal links to firm with £380m stake in US coronavirus job maker [archive]
86. ↑ Rishi Sunak refuses to disclose whether he will profit from Moderna vaccine [archive]
87. ↑ Will millionaire Rishi Sunak PROFIT from new Moderna coronavirus vaccine? Chancellor refuses to say if he still has money in hedge fund he founded that is a major investor in pharmaceutical manufacturer [archive]

Bibliographie[

- Fabrice Delaye (préf. Patrick Aebischer), *La révolution de l'ARN messenger : Vaccins et nouvelles thérapies*, Paris, Éd. Odile Jacob, octobre 2021, 206 p. (ISBN 978-2-4150-0057-8, présentation en ligne [archive]), p. 111-134.