



**HAL**  
open science

## Les brevets comme outils de diplomatie des affaires

Hugo Spring-Ragain

► **To cite this version:**

| Hugo Spring-Ragain. Les brevets comme outils de diplomatie des affaires. 2024. hal-04540636

**HAL Id: hal-04540636**

**<https://hal.science/hal-04540636>**

Submitted on 10 Apr 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

## **Article de recherche – PhD in Business Diplomacy**

### Sujet : Les brevets comme outils de diplomatie des affaires

L'innovation à l'époque contemporaine est un secteur clé pour l'économie mondiale. Avec le développement de l'intérêt pour la transition énergétique, l'intelligence artificielle, le quantique, et la réindustrialisation pour les économies occidentales, l'innovation prend une place importante dans la diplomatie économique et commerciale.

Nous allons voir dans cette évolution comment les brevets sont désormais un outil pour les diplomates et pour les entreprises mondiales (et plus petites) dans les négociations internationales. Cette négociation peut prendre place à travers des politiques de coopération ou de concurrences entre deux états, particulièrement dans les secteurs clés de l'économie.

En premier lieu, définissons la notion de brevet. Le brevet est une composante essentielle de ce que nous appelons le droit de propriété intellectuelle. En pratique, le dépôt d'un brevet permet d'obtenir un monopole d'exploitation temporaire de 20 ans d'une innovation, à cela se rajoute la territorialité de la demande. Le brevet est, pour une entreprise ou un centre de recherche, un moyen de protéger sa découverte de potentielles copies conformes de la part d'une autre entreprise ou un autre pays concurrent. Ainsi l'inventeur peut protéger sa découverte en encadrer l'usage de son produit en autorisant uniquement certaines personnes à la reproduire ou le commercialiser.

Le brevet, élément essentiel des processus de R&D, devient alors un facteur à prendre en compte dans la diplomatie économique. La course à l'innovation étant de plus en plus importante, rapide et stratégique pour le futur des économies, la capacité de chaque état à créer un monopole temporaire sur certains produits lui permet de se développer.

	2021	2022	Variation
Patents	3 300	3 400	3,03%
Utility models	3 000	2 900	-3,33%
Brands	17 200	18 100	5,23%
Drawing and industrial models	1 400	1 500	7,14%

Table 1- Evolution of patents to 2021 from 2022 in K unity - Source: WIPO (20 / 21-)

Le tableau 1 présente les statistiques de la World International Property Organization (WIPO). On voit donc une progression de 3% entre 2021 et 2022 du nombre de brevets en vigueur passant de 3,3 milliards à 3,4 milliards de brevets en vigueur.

Cependant, depuis plusieurs années le brevet est contesté car jugé peu efficace face à la rapidité du monde de la recherche (13-). Pascal Corbel cite l'étude Mansfield et al. (1981) qui démontre que 60% des innovations sont reproduites dans les quatre années suivant la publication du brevet. Cette étude remontant à 40 ans il y a fort à parier que la statistique est bien plus importante à notre époque.

Nous prendrons ici l'exemple pratique de la situation du COVID-19 qui fait figure de parfait exemple dans le cadre de la diplomatie des brevets.

## **I/ La coopération de la recherche dans l'innovation et les brevets triadiques**

La diplomatie raisonne dans l'imaginaire collectif comme des tentatives de dialogues et de coopérations entre différents états. La diplomatie économique, et par extension la diplomatie des brevets ne déroge pas à la règle.

### *a) Traité de Coopération en matière de Brevets (PCT)*

Comme nous avons pu le dire dans l'introduction, les brevets sont souvent associés à un facteur territorial. Cependant ce facteur peut être surmonté grâce à un important outil de coopération internationale qui est le traité de coopération en matière de brevets (PCT), entré en vigueur en 1970 (12-). Ce traité permet de déposer un brevet non pas limité dans un seul territoire comme un brevet classique mais permet au

contraire de déposer un brevet appelé « international ». Ce brevet particulier est un atout pour les entreprises afin de leur accorder une protection juridique de leurs recherches dans une multitude de pays.

L'avantage de cette formalité pour les entreprises n'est pas anodin. La demande de brevet international déclenche automatiquement une procédure des États contractants et donc liés par le traité PCT. La demande déclenche par la suite une recherche internationale menant à un rapport de recherche international devant mettre en avant le caractère brevetable de la découverte. À côté de l'automatisme de la demande, le PCT prévoit des codes de forme permettant au demandeur de ne pas avoir à se soucier de celle-ci tant qu'elle correspond au standard de la WIPO (12-).

Ce traité est une forme de coopération diplomatique entre plusieurs États dans le cadre des processus de validation et de reconnaissance des brevets de façon multilatérale. Cependant, nous pouvons considérer cette coopération comme une coopération dite *passive* du fait qu'elle ne nécessite pas de discussions actives entre pays mis à part la ratification du traité PCT, la demande étant envoyée automatiquement à chaque autorité de validation.

Il est aussi à noter qu'en ajout du PCT qui est international, certaines régions du monde se dotent d'accord propres à elles-mêmes. C'est le cas de l'Europe et de la Convention sur le Brevet Européen (CBE) (19-). Ainsi, tout dépôt de brevet fait à l'Office Européen des Brevets (OEB) devra être reconnu par tous les pays européens signataires de la CBE.

#### *b) Co-brevets*

Les co-brevets peuvent eux aussi être considérés comme un outil de coopération internationale, non seulement pour les États, mais aussi pour les entreprises actrices de la génération de brevet. Les co-brevets, sont comme leur nom l'indique, des brevets déposés par plusieurs entités. Même si en premier lieu des co-brevets peuvent être déposés par plusieurs entités du même pays, une partie des co-brevets peuvent être internationaux. En ce sens, en 2021, 8,2 % des brevets déposés à l'OEB sont des co-brevets internationaux (17-).

Le co-brevet est un instrument légal permettant de faire naître des produits imaginés par des entreprises ayant, en temps normal, des difficultés pour donner jour à certaines catégories de produits. Un produit lié aux biotechnologies représente ainsi un coût moyen de recherche et développement proche de 1,24 milliard de dollars (18-), le co-brevet permet donc aux petites entreprises du secteur d'absorber les coûts avec des partenaires (14-). Le co-brevet peut donc être considéré comme un moyen de lissage de risque pour les différents acteurs.

### c) Les brevets triadiques

Les brevets triadiques forment eux aussi une forme particulière de coopération en matière de brevets. Ce que l'on nomme un brevet triadique est un brevet déposé dans les trois offices de brevets suivants (23-) :

- Office Européen des Brevets (OEB)
- Office Japonais des Brevets (OJB)
- United States Patent and Trademark Office (USPTO)

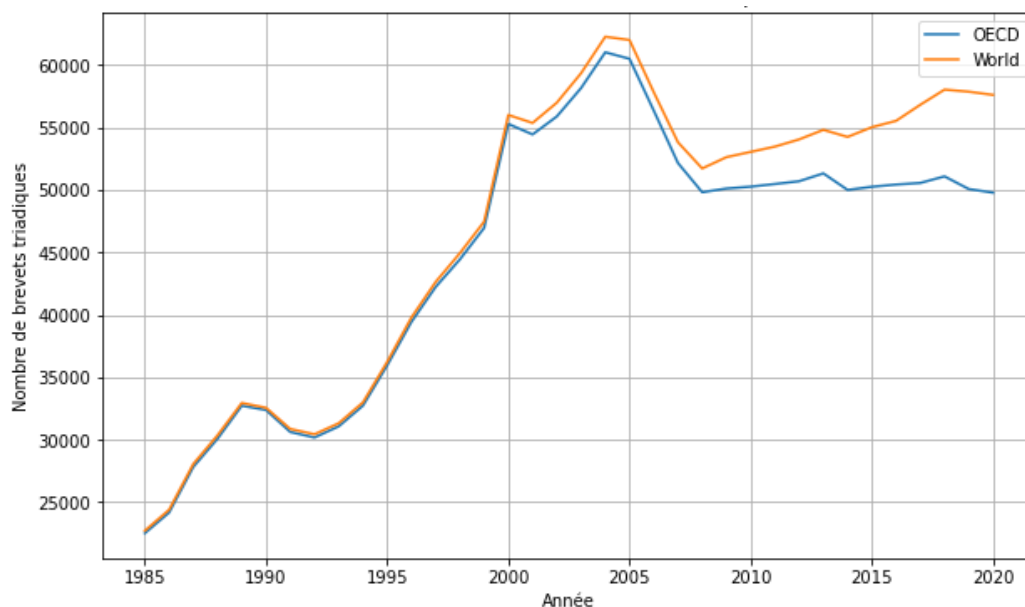


Figure 1 - Evolution of the triadic patents - OECD data (1-)

Mise en place depuis 1983 cette coopération permet aux trois offices de brevets de travailler de concert dans l'évaluation et la validation, ou non, des brevets communs à ceux-ci. La *figure 1* met en évidence l'évolution très positive du nombre de brevets

triadiques délivrés depuis 1985. En 2020 ce sont donc 49 772 et 57 595 brevets triadiques déposés respectivement dans l'OCDE et le monde.

La coopération liée aux brevets triadiques a ensuite permis la mise en place de la coopération dite IP5 réunissant les cinq plus gros offices de brevets (24-) :

- Office Européen des Brevets (OEB)
- Office Japonais des Brevets (OJB)
- United States Patent and Trademark Office (USPTO)
- Korean Intellectual Property Organization (KIPO)
- National Intellectual Property Administration of the People's Republic of China (CNIPA)

Ces deux modèles de coopération mettent en avant les différentes possibilités de collaborations entre institutions internationales pour la facilitation de l'innovation mondiale.

#### *d) La Classification Internationale des Brevets (CIB)*

D'un point de vue formel, la mondialisation a demandé une homogénéisation des processus et des classifications entre tous les offices de brevetage. C'est avec cette problématique qu'a vu le jour le système de Classification Internationale des Brevets (CIB). Cette classification est le fruit direct d'un acte de coopération internationale à travers l'*arrangement de Strasbourg* en 1971 (22-).

Cet arrangement est aussi le père d'une union contenant une assemblée se réunissant pour définir le budget et le programme de cette même union (22-). Cette coopération pourra donc être considérée comme active car elle nécessite la mise en place de processus diplomatique entre États.

## **II/ Le cas pratiques des brevets du COVID-19, entre coopération et concurrence**

Bien que les brevets soient, comme nous l'avons vu précédemment, un outil de coopération entre États, il est indéniable que les brevets soient aussi source d'une extrême concurrence entre pays.

La période du COVID-19 a été le parfait exemple de ce que la diplomatie économique et l'extrême concurrence entre continent et États peuvent produire. En effet, il a été très difficile de mener à une ligne collective de réponse sanitaire et de recherche concernant les vaccins liés à la maladie.

Bien qu'il ait souvent été évoqué la notion de *diplomatie scientifique* (27-), durant la période de pandémie, le succès ou non de développement et de commercialisation d'un vaccin était aussi un sujet de diplomatie scientifique, chaque État voulant placer ses acteurs au cœur de la recherche mondiale. C'est ainsi que nous avons vu des dualités Occident / Orient voir le jour à travers les instituts de recherches Chinois et Russe versus les Instituts de recherches américains et européens.

L'Europe a d'ailleurs été directement confronté à cette diplomatie économique liée aux vaccins. Des divergences entre pays de l'Ouest, (principalement la France, l'Allemagne et l'Italie) préférant privilégier des vaccins occidentaux notamment américains (et européens à la suite des processus de développement), et pays de l'Est (en particulier la Hongrie (29-)) souhaitant se rapprocher de la Russie et de la Chine pour profiter des vaccins bon marché et rapidement produits de ces pays.

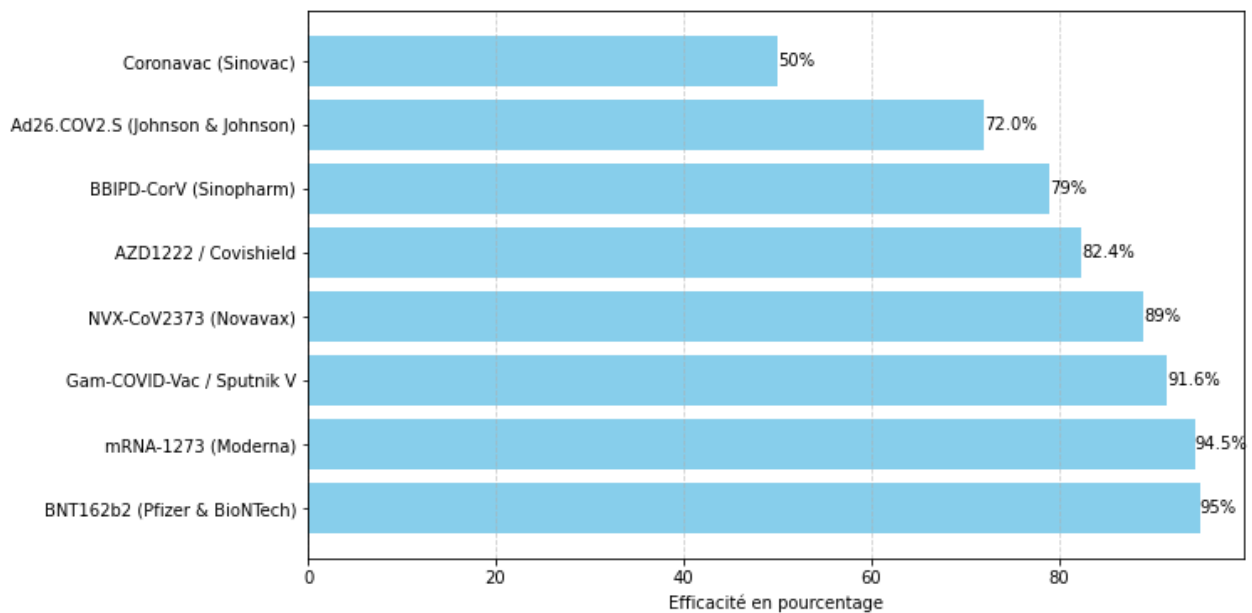


Figure 2 - Efficacité des vaccins COVID-19 – Source : Statista (28-)

Avec la *figure 2* nous pouvons voir que la diplomatie et les pressions liés aux vaccins se sont pourtant faites en dépit de la santé publique, les vaccins russes et chinois (*Gam-COVID-Vac / Sputnik V, BBIPD-CorV, Coronavac*) sont moins performants que leurs concurrents occidentaux.

Nous avons donc ici le signe que la diplomatie peut, en plus de créer des situations de concurrence entre États menant à une vraie guerre des brevets, se faire au détriment des populations et, de fait, en éclipsant les faits scientifiques à des fins politiques.

L'élaboration des brevets aura été un sujet épineux durant toute la phase de production et de commercialisation des vaccins. Les utilisateurs finaux des vaccins, les peuples, ont rapidement compris que les laboratoires pharmaceutiques étaient gagnant dans cette résolution vaccinatrice de la pandémie et ont rapidement demandé la levée des brevets en invoquant l'urgence sanitaire. Ainsi un nouveau front entre pays occidentaux – *pouvant payer de nombreuses doses rapidement* – et pays en développement – *ne possédant pas de laboratoire pouvant élaborer un vaccin et avec peu de fonds disponibles* – s'est formé. De nombreux débats se sont alors portés sur le besoin des entreprises pharmaceutiques de conserver leurs brevets, notamment en invoquant le besoin de rétribution du risque financier prit dans l'élaboration d'un produit encore largement méconnu du grand public, le vaccin ARN. Ce débat fut gagné par



les économies occidentales qui, apaiser les tensions ont intégré des plans de solidarités au profit des pays moins développés, l'initiative Covax en est la principale (32-).

Analysons ensuite la distribution logistique des vaccins par rapport aux améliorations des relations diplomatiques et commerciales liées à la vaccination. Pour avoir une représentation théorisée de la distribution logistique des vaccins nous allons utiliser le modèle de distribution logistique classique ci-dessous :

$$P(t) = \frac{K}{1 + e^{-k(t-t_0)}}$$

$P(t)$  : Proportion de la population adoptant la technologie au moment  $t$  (ici le nombre d'injections).

$k$  : Taux de croissance.

$t_0$  : Temps auquel la croissance est maximale.

Cette équation de modélisation n'a pas comme objectif de visualiser la diffusion réelle d'un bien ou d'un service mais d'anticiper une diffusion répondant à des règles mathématiques. Ainsi lorsque nous modélisons graphiquement le résultat de cette courbe nous avons ceci :

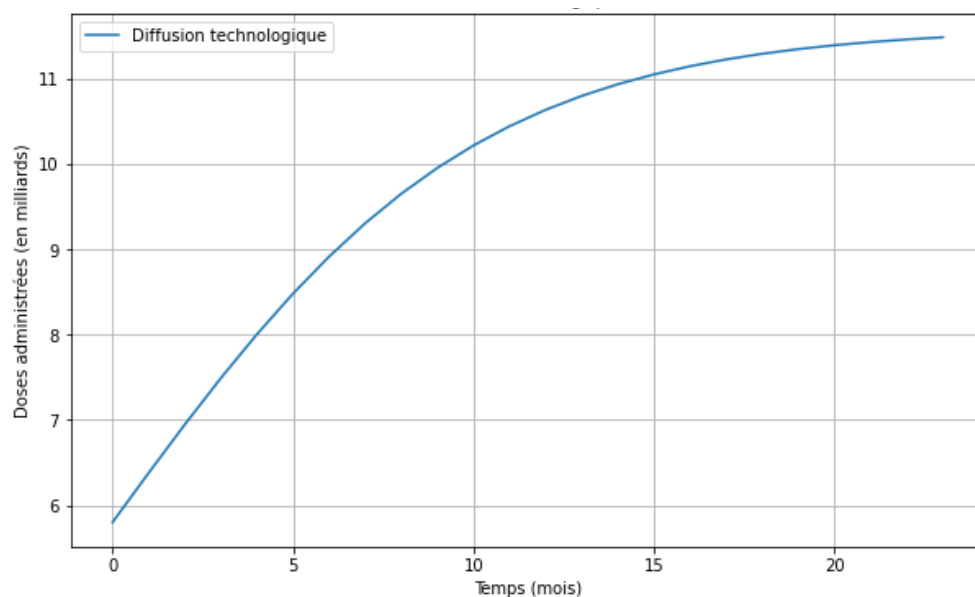


Figure 3 - Modélisation de la diffusion technologique des vaccins COVID-19

Cependant, lorsque nous insérons les véritables valeurs (30-) de la diffusion des vaccins sur la période 2020-2022 :

	2020	2021	2022
<b>Nombre d'injections (en milliards)</b>	0	7,3	11,6

Table 2 - Nombre de doses de vaccins COVID-19 injectées – Sources : OMS

Nous obtenons la visualisation graphique suivante<sup>1</sup> :

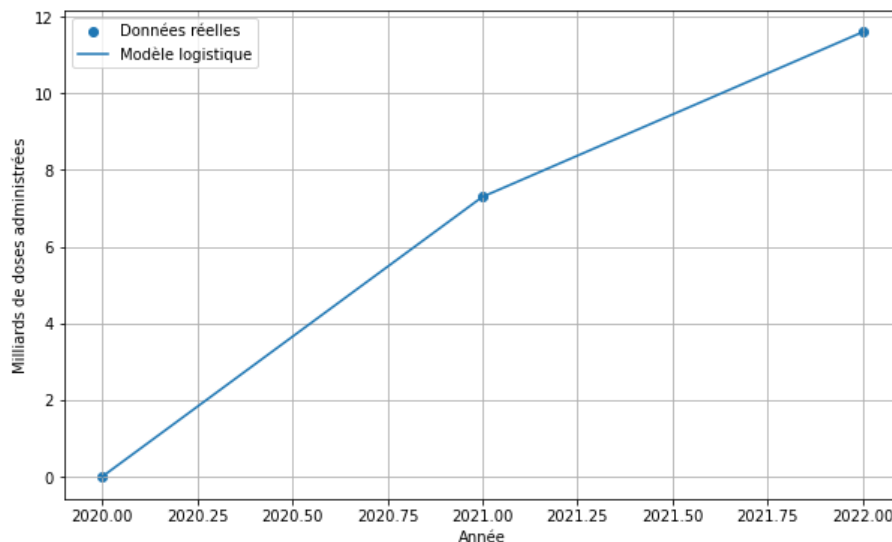


Figure 4 - Concordance entre la modélisation de diffusion logistique des vaccins COVID-19 et leurs données réelles (30-) - Sources : Organisation mondiale de la Santé<sup>2</sup>

La *figure 4* permet de visualiser un détachement entre la modélisation mathématique et la modélisation ajustée avec les données réelles. Une des explications pour comprendre cette différence peut-être la recrudescence des échanges et accords diplomatiques ayant pour objectif de faciliter la commercialisation et la logistique des vaccins sur les différents territoires. Voyons comment cela s'est fait en pratique.

<sup>1</sup> Le code utilisé pour la représentation graphique est en annexe 1 – p16-17

<sup>2</sup> Par souci de simplification du schéma, les années sont découpées comme suit : 0,25 = 3 mois, 0,50 = 6 mois, 0,75 = 9 mois

Effectivement, une diplomatie scientifique et économique s'est créée dès les premières réflexions sur le développement d'un vaccin. La course au premier vaccin validé par l'OMS est lancée et Pfizer / BioNTech gagne course grâce à une procédure pour les situations d'urgence (31-). Ce résultat est le fruit de longs mois de diplomatie (et de guerre) d'influence entre le monde occidental – *en particulier les USA* – et le monde oriental – *Chine et Russie en figure de proue* – sur l'homologation du vaccin et *in fine* la reconnaissance des brevets. L'homologation des premiers vaccins aura sans aucun doute permis à la courbe de vaccination de croître à importante allure à en 2020. La diplomatie aura aussi permis les plans de solidarités internationaux déjà évoqués précédemment – *Covax en particulier* – donnant lieu à d'importants dons et redistributions de doses pour les pays en difficulté sur le plan sanitaire.

Sources :

- 1- *Recherche et développement (R-D) - Familles de brevets triadiques - OCDE Data.* (s. d.). the OECD. <https://data.oecd.org/fr/rd/familles-de-brevets-triadiques.htm>
- 2- *Rapport sur les indicateurs mondiaux relatifs à la propriété intellectuelle : Nombre record de demandes de brevet déposées dans le monde en 2022.* (s. d.). [https://www.wipo.int/pressroom/fr/articles/2023/article\\_0013.html#:~:text=Selon%20les%20estimations%2C%20on%20compte,4%25%20par%20rapport%20%C3%A0%202021](https://www.wipo.int/pressroom/fr/articles/2023/article_0013.html#:~:text=Selon%20les%20estimations%2C%20on%20compte,4%25%20par%20rapport%20%C3%A0%202021)
- 3- Afp, L. F. A. (2023, 28 février). *Les dépôts de brevets internationaux en légère hausse en 2022.* Le Figaro. <https://www.lefigaro.fr/flash-eco/les-depots-de-brevets-internationaux-en-legere-hausse-en-2022-20230228>
- 4- Danguy, J., Mejer, M., & Van Pottelsberghe De La Potterie, B. (2011). THE EUROPEAN PATENT SYSTEM : 50 YEARS OF MISSED OPPORTUNITIES. Dans *Series on innovation and knowledge management* (p. 169-184). [https://doi.org/10.1142/9789814360609\\_0008](https://doi.org/10.1142/9789814360609_0008)
- 5- Feng, X., & Pan, B. (2021). The Evolution of Patent System : invention created by artificial intelligence. *Procedia Computer Science*, 183, 245-253. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.02.055>
- 6- *Intellectual Property and the Law of Nations, 1860-1920.* (s. d.). Google Books. [https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=6pFwEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA99&dq=patents+in+business+diplomacy&ots=lb5HduCEWu&sig=Mtbcd0stPayiERofv7kw1Hz1i68&redir\\_esc=y#v=onepage&q=patents%20in%20business%20diplomacy&f=false](https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=6pFwEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA99&dq=patents+in+business+diplomacy&ots=lb5HduCEWu&sig=Mtbcd0stPayiERofv7kw1Hz1i68&redir_esc=y#v=onepage&q=patents%20in%20business%20diplomacy&f=false)

- 7- Saner, R., Yiu, L.. *Swiss executives as business diplomats in the New Europe: evidence from swiss pharmaceutical and Agro-Industrial global companies. Science Direct.*  
<https://urlz.fr/pjyG>
- 8- Saner, R., & Yiu, L. (2003). INTERNATIONAL ECONOMIC DIPLOMACY : MUTATIONS IN POST-MODERN TIMES. *Netherlands Institute of International Relations "Clingendael"*.  
[https://www.businessdiplomats.com/images/articles/files/Postmodern\\_diplomacy.pdf](https://www.businessdiplomats.com/images/articles/files/Postmodern_diplomacy.pdf)
- 9- Hache, E. (2016). La géopolitique des énergies renouvelables : amélioration de la sécurité énergétique et / ou nouvelles dépendances ? *Revue internationale et stratégique*, 36-46.  
<https://www.cairn.info/revue-internationale-et-strategique-2016-1-page-36.htm>
- 10- Michel, G., & Chevalier, B. (2011). Terres rares : la propriété industrielle, un élément stratégique pour la compétitivité de l'industrie européenne. *Géoéconomie*, 87-97.  
<https://www.cairn.info/revue-geoéconomie-2011-4-page-87.htm>
- 11- *Résumé du Traité de coopération en matière de brevets (PCT) (1970)*. (s. d.).  
[https://www.wipo.int/treaties/fr/registration/pct/summary\\_pct.html](https://www.wipo.int/treaties/fr/registration/pct/summary_pct.html)
- 12- *WIPO Lex*. (s. d.).  
[https://www.wipo.int/wipolex/fr/treaties/ShowResults?search\\_what=C&treaty\\_id=6](https://www.wipo.int/wipolex/fr/treaties/ShowResults?search_what=C&treaty_id=6)
- 13- Corbel, P. « Le brevet : un outil de coopération/exclusion », Actes du colloque « Les stratégies concurrentielles : nouvelles approches, nouveaux enjeux », IRG/PRISM, Marne-la-Vallée, novembre 2003

- 14- Joly PB, de Looze MA., Copropriété de brevets et coopération en R&D : une analyse dans les biotechnologies. *Économie appliquée*, tome 52 n°2, 1999. pp. 183-197.
- 15- Emmanuel D., La coopération technique au travers des co-brevets européens. *Economie et statistique*, n°275-276, 1994. France-Allemagne : des indices de prix plus comparables. pp. 135-148.
- 16- Frigant, V., Miollan, S., Presse, M. & Virapin, D. (2019). Quelles frontières géographiques pour les systèmes d'innovation technologique : Une analyse par les co-brevets appliquée au véhicule à pile à combustible. *Innovations*, 58, 243-273. <https://doi.org/10.3917/inno.058.0243>
- 17- De l'Enseignement Supérieur De La Recherche Et De l'Innovation, M. (s. d.). *La position technologique de la France - État de l'Enseignement supérieur, de la recherche et de l'Innovation en France n°16*. la position technologique de la France - état de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation en France n°16. [https://publication.enseignementsup-recherche.gouv.fr/eesr/FR/T218/la\\_position\\_technologique\\_de\\_la\\_france/#:~:text=En%202021%2C%20la%20part%20moyenne,%2DUni%20\(25%20%25\)](https://publication.enseignementsup-recherche.gouv.fr/eesr/FR/T218/la_position_technologique_de_la_france/#:~:text=En%202021%2C%20la%20part%20moyenne,%2DUni%20(25%20%25).).
- 18- PwC. (2020). La Biotech réinventée : Et maintenant, que faites-vous ? *Industrie Pharmaceutique et des Sciences de la Vie*. <https://www.pwc.com/gx/en/pharma-life-sciences/pharma-2020/assets/pwc-biotech-reinvented-french.pdf>
- 19- European Patent Office. (s. d.). *The European Patent Convention 17th edition*. [https://link.epo.org/web/EPC\\_17th\\_edition\\_2020\\_fr.pdf](https://link.epo.org/web/EPC_17th_edition_2020_fr.pdf)

- 20- *Propriété intellectuelle : Faits et chiffres de l'OMPI 2021*. (2022). World International Property Organization (WIPO). <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/fr/wipo-pub-943-2021-fr-wipo-ip-facts-and-figures-2021.pdf>
- 21- *Propriété intellectuelle : Faits et chiffres de l'OMPI 2022*. (2023). World International Property Organization (WIPO). <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/fr/wipo-pub-943-2022-fr-wipo-ip-facts-and-figures-2022.pdf>
- 22- *Résumé de l'Arrangement de Strasbourg concernant la classification internationale des brevets (1971)*. (s. d.).  
[https://www.wipo.int/treaties/fr/classification/strasbourg/summary\\_strasbourg.html](https://www.wipo.int/treaties/fr/classification/strasbourg/summary_strasbourg.html)
- 23- Robitaille, J.-P., & Larivière, V. (2009). Les familles de brevets triadiques : Méthode et résultats. *Observatoire des sciences et des technologies*.  
[https://ost.openum.ca/files/sites/132/2017/06/OST\\_dans\\_Compndium2009.pdf](https://ost.openum.ca/files/sites/132/2017/06/OST_dans_Compndium2009.pdf)
- 24- *About IP5 co-operation | FiveIPOffices*. (s. d.). <https://www.fiveipoffices.org/about>
- 25- Tenzer, N. (2013). La diplomatie d'influence sert-elle à quelque chose ?. *Revue internationale et stratégique*, 89, 77-82. <https://doi.org/10.3917/ris.089.0077>
- 26- Ruffini, P. (2022). La pandémie de COVID-19 au prisme de la diplomatie scientifique. *Histoire, Europe et relations internationales*, 2, 87-102. <https://doi.org/10.3917/heri.002.0087>
- 27- Zhenya. (2020, 18 juin). *Redémarrer la diplomatie scientifique dans le contexte de COVID-19*. International Science Council.

<https://council.science/fr/current/blog/rebooting-science-diplomacy-in-the-context-of-covid-19/>

28- Jenik, C. (2021, 17 mars). L'efficacité des vaccins contre le Covid-19. *Statista Daily Data*. <https://fr.statista.com/infographie/23572/taux-efficacite-des-vaccins-covid-19/>

29- Seibt, S. (2021, 24 mars). Hongrie : Comment Viktor Orban transforme les vaccins en arme politique. *France 24*. <https://www.france24.com/fr/europe/20210324-hongrie-comment-viktor-orban-transforme-les-vaccins-en-arme-politique>

30- *COVID-19 vaccines* | *WHO COVID-19 Dashboard*. (s. d.). datadot.  
<https://data.who.int/dashboards/covid19/vaccines?n=c>

31- World Health Organization : WHO. (2020, 31 décembre). L'OMS valide pour la première fois un vaccin anti-COVID-19 au titre de la procédure pour les situations d'urgence et souligne que l'accès doit être équitable au niveau mondial. *World Health Organization*.  
<https://www.who.int/fr/news/item/31-12-2020-who-issues-its-first-emergency-use-validation-for-a-covid-19-vaccine-and-emphasizes-need-for-equitable-global-access#:~:text=Le%20vaccin%20de%20Pfizer%2FBioNTech,il%20y%20a%20un%20an.>

32- *COVAX : collaboration en vue d'un accès mondial et équitable aux vaccins contre la COVID-19*. (2020, 10 septembre). <https://www.who.int/fr/initiatives/act-accelerator/covax>



## Annexe 1:

Code permettant de modéliser la diffusion des vaccins COVID-19 en imbriquant les données réelles

```
import numpy as np

import matplotlib.pyplot as plt

from scipy.optimize import curve_fit

# Données

years = np.array([2020, 2021, 2022])

doses_administered = np.array([0, 7.3, 11.6]) # Début lent en 2020, 0 doses en 2021, 11.6 milliards en 2022

# Modèle logistique (défini en page 7)

def logistic_model(x, a, b, c):

    return c / (1 + np.exp(-(x - b) / a))

# Ajustement des paramètres

try:

    params, covariance = curve_fit(logistic_model, years, doses_administered, p0=[1, np.mean(years),
np.max(doses_administered)], maxfev=5000, method='dogbox')

except RuntimeError:

    print("L'ajustement n'a pas convergé. Essayez d'autres paramètres initiaux ou une autre méthode
d'ajustement.")

    params = [1, np.mean(years), np.max(doses_administered)]

# Modèle de prédiction

predicted_years = np.arange(2020, 2023)

predicted_doses = logistic_model(predicted_years, *params)
```

```
# Tracer les données et les prédictions

plt.figure(figsize=(10, 6))

plt.scatter(years, doses_administered, label='Données réelles')

plt.plot(predicted_years, predicted_doses, label='Modèle logistique')

plt.xlabel('Année')

plt.ylabel('Milliards de doses administrées')

plt.legend()

plt.grid(True)

plt.show()
```