Document de travail
Discussion paper
N°2023-02
https://lem.univ-lille.fr

Les effets directs et indirects des politiques vaccinales sur la santé : Une revue de la littérature

Clémentine Garrouste
Univ. Lille, CNRS, IESEG School of Management, UMR 9221-LEM-Lille Economie Management, F-59000 Lille, France | clementine.garrouste@univ-lille.fr

Arthur Juet
PSL, Université Paris-Dauphine, LEDa-LEGOS | arthur.juet@dauphine.psl.eu

Anne-Laure Samson
Université Paris Panthéon-Assas, LEMMA | anne-laure.samson@u-paris2.fr

Les effets directs et indirects des politiques vaccinales sur la santé :

Une revue de la littérature

Clémentine Garrouste
(Univ. Lille, CNRS, IESEG School of Management, UMR 9221 - LEM - Lille Économie Management, F-59000 Lille, France - clementine.garrouste@univ-lille.fr)

Arthur Juet
(PSL, Université Paris-Dauphine, LEDa-LEGOS - arthur.juet@dauphine.psl.eu)

Anne-Laure Samson
(Université Paris Panthéon-Assas, LEMMA - anne-laure.samson@u-paris2.fr)

Introduction

La vaccination est un choix individuel ou une décision des parents, lorsqu'il s'agit de faire vacciner leur enfant. Ce choix a des implications collectives dans la mesure où il peut mener à la protection de l'ensemble de la population lorsqu'un taux de couverture suffisant a été atteint, ce taux pouvant varier d'une maladie à l'autre (Duclos et Okwo-Bele, 2007).
La décision individuelle de vaccination peut être affectée par les choix de vaccination des autres individus. En effet, puisque la vaccination réduit la probabilité de transmission d'une maladie infectieuse, elle peut conduire certains individus à adopter des comportements de passagers clandestins, pour bénéficier de la vaccination des autres tout en en évitant les coûts (monétaires, en termes de temps, etc.). La théorie prédit alors qu'un individu rationnel se vaccinera moins car il pourra bénéficier de l'immunité collective (Geoffard et Philipson, 1997). Globalement, cela signifie que le rapport coût-bénéfice au niveau individuel peut différer du rapport coût-bénéfice au niveau collectif, conduisant à une couverture vaccinale sous-optimale par rapport à la couverture qui permettrait d'éradiquer la maladie.

Ces constats peuvent alors justifier l'intervention de l'Etat pour augmenter la couverture vaccinale d'une population et réduire la propagation d'une maladie infectieuse. La récente crise de la COVID 19 est le dernier exemple en date de ce type d'intervention. Au-delà des mesures de distanciation, du port du masque, du lavage de mains systématique et des tests de dépistage, la vaccination, progressivement mise en place par tous les pays de l'OCDE et en France à partir de janvier 2021, a conduit à une réduction du nombre de nouveaux cas sévères de Covid-19 et

d'hospitalisations (OCDE, 2022). En France, la mise en place du pass sanitaire a renforcé cet effet positif de la vaccination (OCDE, 2022).

La plupart des gouvernements choisissent de mettre en place les politiques de vaccination en s'appuyant sur les recommandations de l'OMS (Organisation mondiale de la Santé). Ces recommandations s'inscrivent dans le cadre d'une stratégie mondiale coordonnée de contrôle ou d'éradication des maladies. L'OMS fixe des taux de couverture en fonction du type de maladie pour atteindre l'immunité collective, elle peut cibler une population à vacciner en priorité et définir un taux de couverture à atteindre pour cette sous-population : vaccination des adolescents contre l'Hépatite B dans les pays à faible endémie (années 1990), vaccination des plus de 65 ans contre la grippe pour atteindre un taux de couverture de 75% (années 2000).
Pour les décideurs publics, deux types de campagnes peuvent être mis en place : i) des campagnes de *vaccination obligatoire* pour une population cible ; ii) des campagnes de *recommandations* vis-à-vis d'une population cible, ou pour toute la population, avec généralement *présence d'incitations* (monétaires et non monétaires) à la vaccination.

La mise en place de la *vaccination obligatoire* est généralement combinée avec une campagne d'information ayant pour objectif d'augmenter l'acceptabilité sociale de la vaccination ; cela a été le cas en France, lors de la mise en place de l'obligation vaccinale en janvier 2018 des onze vaccinations (trois avant cette date), à administrer avant l'âge de 2 ans, pour permettre à un enfant d'entrer en collectivité. En 2021, l'obligation vaccinale contre la Covid-19 a été mise en place pour les professionnels de santé. Sauf contre-indication médicale, ils devaient justifier auprès de leur employeur d'un schéma vaccinal complet (dose de rappel comprise) et d'un certificat de rétablissement après une contamination par le Covid-19. Se pose alors la question de l'efficacité de ce type de mesure sur la vaccination des populations concernées (effets directs), mais également de l'existence d'effets indirects potentiels sur le reste de la population, sur les autres vaccinations, mais également sur l'acceptabilité sociale de la vaccination.

Les campagnes de *recommandation* d'une vaccination sont, elles, généralement combinées à des campagnes *d'incitations*, notamment financières. C'est particulièrement le cas en France, pays où la prudence de la population à l'égard de la vaccination est parmi les plus fortes parmi l'ensemble des pays de l'OCDE (Larson et al., 2016). La vaccination suscite effectivement de nombreux débats. Au cœur des discussions, une supposée dangerosité des vaccins à cause des adjuvants, l'idée que les laboratoires privilégient leurs profits au détriment de la santé des gens,

la peur d'un épuisement des défenses immunitaires des nourrissons lié à la multiplication des vaccins, enfin la peur que les vaccins favorisent l'apparition de maladies. Aujourd'hui la couverture vaccinale contre certaines maladies mortelles est trop faible, au point que l'on observe une résurgence de la rougeole[1].

On peut citer plusieurs exemples de campagnes de recommandations en matière de vaccination. Pour la France, la vaccination contre la grippe saisonnière fait, chaque année, l'objet de recommandations de la part de l'assurance maladie. Cette vaccination n'est pas obligatoire, mais est fortement recommandée pour les individus de plus de 65 ans, les professionnels de santé ou les personnes dites "à risque", et notamment les femmes enceintes, les individus atteints de maladies respiratoires, métaboliques ou cardiovasculaires, les personnes en situation d'obésité, ou vivant dans l'entourage de personnes immunodéprimées. Les individus à risque, pouvant être identifiés par l'assurance maladie (ie. les individus en affection longue durée et les individus âgés de plus de 65 ans) reçoivent, chaque année en septembre-octobre, une lettre d'information de l'assurance maladie les encourageant à se faire vacciner entre septembre et janvier, ainsi qu'un bon leur permettant de procéder à cette vaccination gratuitement (gratuité de l'achat et de l'injection du vaccin). Pour elles, la campagne combine à la fois information et incitations financières. Les personnes non identifiables par l'assurance maladie (femmes enceintes, personnes obèses, …) sont également éligibles à la vaccination gratuite, mais cette gratuité ne peut être obtenue que sur prescription du médecin généraliste.

Cette campagne de recommandation, annuelle, est la plus médiatisée en France. D'autres campagnes ont également été mises en place ces trente dernières années, même si elles sont peu nombreuses. On peut ainsi citer la campagne de vaccination contre l'hépatite B dans les collèges et lycées entre 1994 et 1998. Plus récemment, la campagne de vaccination contre la grippe H1N1 (infructueuse), la médiatisation récente et la gratuité du vaccin contre le papillomavirus humain pour tous les adolescents de 11 à 14 ans. Si l'on anticipe des effets directs sur les taux de vaccination contre la maladie concernée moins importants que dans le cadre des politiques de vaccination obligatoires, mais néanmoins positifs, on peut également anticiper d'éventuels effets indirects comme l'adhésion à d'autres vaccinations non ciblées par les campagnes, ou l'adhésion d'une population plus large que la seule population ciblée par la campagne.

[1] C'est encore plus net aux Etats Unis avec la récente épidémie de 2019. Entre janvier et juillet, le pays a connu le plus grand nombre de cas de rougeole depuis 1992.

Dans les pays de l'OCDE, différents types de politiques vaccinales sont mises en place, de façon hétérogène dans la population, en fonction de la localisation géographique des individus (certains pays, certaines régions au sein d'un pays) ou de critères tels que l'âge, la fréquentation des collectivités (crèche ou école), le fait d'être une femme enceinte, le fait d'être atteint d'une maladie chronique (personne "à risque"), le fait de faire partie du personnel soignant. Dans la littérature, l'hétérogénéité de la mise en place des politiques vaccinales selon les zones géographiques ou l'année, ou encore selon l'âge, permettent d'identifier leurs effets directs et indirects. L'objectif de cet article est d'analyser la littérature nationale et internationale qui évalue l'effet *causal* de ces campagnes à la fois sur les taux de vaccinations pour la maladie ciblée et la population ciblée (effets directs), mais également aux effets collatéraux de ce type de politique, c'est-à-dire aux effets non-anticipés par les autorités publiques, positifs ou négatifs (effets indirects).

Dans une première partie, nous nous appuyons sur la littérature théorique pour dresser un cadre conceptuel modélisant la décision individuelle de vaccination. Une deuxième partie présente les méthodes économétriques utilisées dans la littérature pour évaluer les effets d'une campagne de vaccination. La troisième partie dresse une synthèse des effets directs et indirects des différentes politiques de vaccination évaluées dans la littérature. Enfin, la dernière section conclut.

1. Cadre conceptuel, la décision de vaccination

La vaccination peut être vue comme un jeu dans lequel le choix de vaccination des autres a une conséquence directe sur la décision de vaccination d'un individu. Si une proportion importante de la population est vaccinée (permettant l'éradication de la maladie), un individu n'a pas intérêt à se faire vacciner puisqu'il n'y a plus de risque de transmission et qu'il n'aura pas à supporter le risque d'effets secondaires lié au vaccin. On rejoint l'idée que les jeux coopératifs sont peu stables à cause d'un intérêt à dévier lorsque les autres coopèrent. Dans ce cadre, Bauch and Earn (2004) proposent un modèle théorique de la décision vaccinale. Ils supposent que les individus choisissent une stratégie P qui détermine la probabilité qu'ils se vaccinent. La moyenne des stratégies individuelles P_i détermine la proportion de la population qui est vaccinée, que nous noterons p.

De même, on note Π_p la probabilité qu'un individu non vacciné soit contaminé ; probabilité qui dépend elle-même de p. Enfin on désigne par $-r_v$ et $-r_i$ les pertes liées respectivement au

risque de complication du vaccin et à la contamination pour un individu non vacciné. On suppose que les pertes liées au risque de contamination sont supérieures au risque de complication lié à la vaccination : $r_i > r_v$. L'espérance de gain est ainsi :

$$E(P,p) = P \times (-r_v) + (1 - P)(-r_i \times \Pi_p) \quad (1)$$

En posant $r = r_v / r_i$ et en normalisant par r_i, on obtient :

$$E(P,p) = P \times (-r) + (1 - P)\Pi_p \quad (2)$$

L'équilibre de Nash convergent stable est la valeur P^* telle qu'aucun individu n'a intérêt à dévier de cette stratégie. Pour trouver sa valeur, on suppose que la population se partage en deux parties : une qui choisit la stratégie P (proportion e) et une autre qui choisit la stratégie Q (proportion $1 - e$). On a alors : $p = e \times P + (1 - e) \times Q$. Les gains espérés dans les deux sous-groupes deviennent : $EP(P,Q,e)$ et $EQ(P,Q,e)$. On pose alors :

$$\Delta E = EP - EQ = (\Pi_{(e \times P + (1-e) \times Q)} - r) \times (P - Q)) \quad (3)$$

ΔE nous permet de mesurer l'incitation d'un individu à passer d'un groupe à l'autre. On peut montrer que ce système converge vers un équilibre stable et unique (Bauch and Earn, 2004). La valeur P^* est la solution qui résout le système $\Pi_p = r$. S'il n'y a pas de risque d'effets secondaires, $r_v = 0$. Cela implique que la solution à $\Pi_p = r = 0$ est $P = 1$, c'est-à-dire que tout le monde se vaccine.

La dynamique des épidémies de maladies infectieuses est modélisée dans la littérature médicale en utilisant le modèle SIR (Standard Inflammatory Response) (Kermack and McKendrick, 1927 ; Anderson and May, 1992). Le modèle SIR et ses variantes sont largement utilisés pour modéliser la propagation des épidémies (e.g. Geoffard et Philipson, 1997 ; Adda, 2016). Ce modèle, dans sa version la plus simple, distingue trois catégories d'individus : S la proportion d'individus susceptibles de contracter la maladie, I la proportion d'individus infectés et R la proportion d'individus guéris. L'égalité S+I+R=1 est vérifiée à tout moment.

$$dS/dt = -\beta SI + \gamma R \qquad (4)$$

$$dI/dt = \beta SI - \mu \mathrm{I} \qquad (5)$$

$$dR/dt = \mu I - \gamma R \qquad (6)$$

L'équation (4) montre comment le nombre d'individus susceptibles de contracter la maladie varie dans un intervalle de temps très court. Le stock d'individus S est diminué à chaque période par la proportion d'individus infectés et est augmenté par le flux d'individus guéris qui perdent leur immunité. Les nouveaux cas se développent au taux β et les nouvelles infections résultent de la transmission des individus infectés aux individus susceptibles, c'est-à-dire de l'interaction SI entre les individus susceptibles et infectés. La proportion des personnes infectées guérit de la maladie au taux μ (ils sortent de l'état I, cf. Équation (5)). Le stock d'individus guéris (R) est augmenté par le nombre d'individus qui sortent de l'état infectieux au taux μ et est diminué par la proportion d'individus qui perdent leur immunité, au taux γ (cf. Equation (6)).[2]

La dynamique de l'épidémie dépend du taux de reproduction β/μ : si ce rapport est supérieur à 1, la transmission du virus augmente. Un taux de 2 signifie qu'un individu infecté transmet le virus à 2 individus en moyenne pendant la période où il est infectieux. L'épidémie est contrôlée si le taux de reproduction passe en dessous de 1. Pour la grippe, ce taux est compris entre 1.4 et 2 (Ferguson et al. 2006). Le taux μ est un taux biologique sur lequel les pouvoirs publics ne peuvent pas intervenir alors que le taux β, c'est-à-dire le risque de transmission entre les individus susceptibles de contracter la maladie et les individus infectés, peut être modifié par le biais d'interventions publiques comme le confinement de la population, la fermeture des écoles ou des lieux de travail (Adda, 2016). Le comportement des individus peut également influencer l'évolution de β: ils peuvent décider de limiter leurs interactions sociales, d'appliquer des mesures de prévention (en mettant un masque, se lavant les mains) ou de se faire vacciner.

Bauch and Earn (2004) développent un modèle SIR qui tient compte de la vaccination, la proportion d'individus qui se vaccinent vient augmenter le stock d'individus R et diminue le stock d'individus susceptibles S. Cependant, leur modèle suppose que les individus connaissent parfaitement la distribution de probabilité du risque encouru. Or, des effets psychologiques jouent sur les décisions. Un effet de focalisation attentionnelle peut, par exemple, expliquer les

[2] Le taux γ varie entre maladies virales : il est égal à 0 pour la varicelle car les individus acquièrent une immunité à vie ; en revanche, les individus qui ont eu une gastro-entérite n'ont pratiquement aucune immunité (l'immunité tombe une semaine après le début de l'infection), le taux γ devrait être élevé. La grippe et le Covid-19 sont des cas intermédiaires, l'immunité est d'environ un an pour la grippe, de quelques mois pour le Covid-19 (les doses de rappel vaccinal sont à faire tous les 4 mois).

croyances et les comportements vis-à-vis de la vaccination, les individus se basant sur ce qui est explicitement présent dans leur représentation de la situation pour prendre leur décision. Les informations, idées et connaissances se trouvant dans ce faisceau attentionnel pèsent alors davantage que le raisonnement dans la décision qu'ils vont prendre (Gollier et al., 2003; Bordalo et al., 2012).

Les comportements vaccinaux se basent sur la perception du bénéfice net lié à la vaccination qui peut varier entre les individus selon leur perception des risques encourus : la perception des risques d'effets secondaires, de l'efficacité du vaccin (qui n'est en réalité jamais égale à 100%), la perception de la sévérité de la maladie, du risque d'infection (Figure 1, Sood et al., 2022). La confiance dans le gouvernement et le secteur de la santé peuvent influencer la décision vaccinale en modifiant la perception de ces risques, les comportements de l'entourage en matière de prévention, la pression sociale pouvant également jouer dans la décision (Figure 1, Sood et al., 2022). Blondel et al. (2022) montrent que davantage de confiance dans les autorités est associé à davantage de coopération de la part des individus et d'adhésion aux mesures politiques prises durant la pandémie de Covid-19, par exemple le respect du confinement (Bargain et Aminjonoc, 2020).

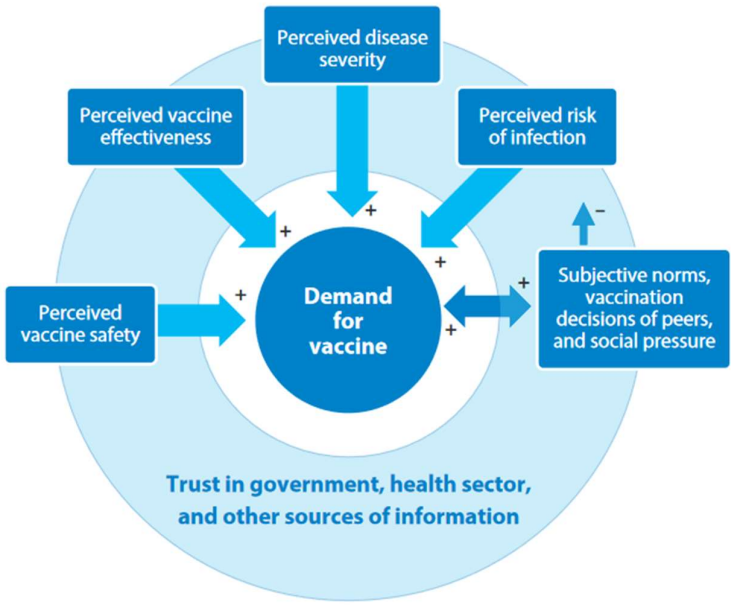

Figure 1 : Cadre conceptuel de la décision vaccinale (Source : Sood et al., 2022)

Le modèle théorique développé précédemment fait l'impasse sur d'éventuels effets collatéraux ou indirects : il raisonne sur la base d'une maladie et d'un vaccin. Les politiques

vaccinales peuvent pourtant avoir des effets plus larges que ceux observés sur la population cible ou s'étendre à d'autres vaccins que ceux concernés par une campagne de vaccination. Il est cependant difficile d'un point de vue empirique de mesurer les effets causaux, directs ou indirects, des campagnes de vaccination. Les stratégies empiriques s'appuient principalement sur le cadre institutionnel et les hétérogénéités de traitement (éligibilité à la vaccination) entre groupes d'âges (les campagnes ciblent les individus d'un groupe d'âge particulier) ou entre pays ou états (notamment aux Etats Unis où les politiques vaccinales ne sont pas homogènes entre les états).

2. Méthodologies utilisées dans la littérature pour évaluer les politiques vaccinales

Dans cette section, nous présentons les méthodologies les plus fréquemment utilisées pour évaluer les politiques vaccinales. Dans un premier temps, l'objectif est d'expliquer le comportement vaccinal des individus - i.e. la variable d'intérêt - par un certain nombre de variables explicatives. Nous pouvons formaliser le modèle par l'équation suivante :

$$Y_i = \alpha_0 + X_i\alpha_1 + \varepsilon_i \quad (7)$$

Où Y_i est le comportement vaccinal (Y_i vaut 1 si l'individu est vacciné ou déclare avoir fait le vaccin, 0 sinon), X_i un vecteur de variables explicatives telles que les caractéristiques socio-démographiques et ε_i le terme d'erreur. Différents biais peuvent être présents, empêchant une interprétation causale de l'effet des variables explicatives sur le comportement vaccinal. Tout d'abord, un biais de variables omises. Il est probable que le vecteur X ne contienne pas l'intégralité des variables explicatives du comportement vaccinal. Ensuite, un problème de causalité inverse peut également biaiser l'estimation : l'état de santé des individus peut expliquer leur comportement vaccinal mais peut, en retour, être expliqué par ce dernier, les individus se faisant vacciner étant susceptibles d'être en meilleure santé. Enfin, dans le cas de données d'enquête où le comportement vaccinal est auto-déclaré, il peut exister des erreurs de mesure. En pratique, différentes sources de données sont mobilisées pour évaluer l'efficacité des politiques vaccinales: i) les données administratives, régionales (collectées en France par les agences régionales de santé par exemple) ou nationales (tel que le Système National des Données de Santé (SNDS), en France), fournissent une information observable et quantifiable du comportement vaccinal des individus, transmise par le professionnel de santé ayant réalisé l'injection; ii) les données d'enquêtes, très fréquemment utilisées comportent une auto-déclaration par les individus de leur comportement vaccinal ou de celui de leurs proches, ou de

leur intention de se faire vacciner. Dès lors, dans ce type de données, des erreurs de mesures sont possibles. En raison de ces trois sources de biais potentielles, l'évaluation de l'effet causal d'une politique de vaccination nécessite d'utiliser une méthodologie permettant de contourner ces problèmes d'endogénéité.

3.1 Régression sur Discontinuité

Dans la littérature, la méthode de régression sur discontinuité (RD) est souvent utilisée lorsque le traitement - i.e. la campagne de vaccination - touche uniquement une partie de la population à partir d'un certain seuil. Dans le cas de la vaccination, ce sont souvent des seuils d'âges qui partitionnement la population entre population éligible à la campagne et population non éligible (Brilli et al., 2020 ; Bouckaert et al., 2020 ; Garrouste et al., 2020; Garrouste et al., 2021). Par exemple, dans le cas de Brilli et al. (2020), les individus âgés de 65 et plus sont ciblés par un programme de vaccination offrant la gratuité du vaccin contre la grippe. Pour évaluer l'impact de cette politique sur le comportement vaccinal des individus, l'équation estimée est la suivante :

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 T_i + \beta_2 (A_i - c) + \beta_3 T_i \times (A_i - c) + \mu_i \qquad (8)$$

Avec A_i l'âge des individus, c le seuil d'âge de 65 ans et T_i une variable binaire égale à 1 si les individus sont âgés de 65 ans ou plus (éligibles à la vaccination) et 0 sinon. Le principe d'une RD est d'estimer l'effet causal β_1 de la politique, en se situant au plus près du seuil. En effet, cette stratégie repose sur l'hypothèse que les individus en dessous et au-dessus du seuil sont similaires en termes de caractéristiques observables et inobservables, à l'exception de la variable de traitement, qui est nulle en dessous du seuil et égale à 1 au-dessus. Les estimations sont donc effectuées sur une fenêtre d'observations autour de ce seuil et le choix de cette fenêtre est crucial pour la crédibilité des résultats obtenus et la validité de l'hypothèse identifiante. La sélection de la fenêtre se fait à partir de la variable d'âge. Cette variable est aussi appelée "running variable" pour la RD. Si la "running variable" est une variable discrète, les auteurs doivent alors arbitrairement choisir une fenêtre d'estimation en fonction de l'âge, de manière que le groupe traité et non traité soient comparables en termes de caractéristiques. Il est alors recommandé d'utiliser différentes fenêtres afin de tester la robustesse des résultats. Si au contraire la "running variable" est continue, un algorithme de sélection de la fenêtre optimale a récemment été proposé par Calonico et al. (2020) ; il permet d'effectuer l'arbitrage entre le biais potentiel associé au choix d'une fenêtre large et la perte de puissance statistique associée

au choix d'une fenêtre étroite. Il est également possible d'ajouter des variables de contrôle, comme dans l'équation (7), pour augmenter la précision des estimations et dans le cas où la variable observable est continue au seuil mais qu'il existe une différence de moyenne entre les deux groupes. Au final, le coefficient β_1 identifie l'effet causal du programme vaccinal sur le recours à la vaccination anti-grippale.

Brilli et al. (2020), Bouckaert et al. (2020) et Garrouste et al. (2021) examinent l'effet direct de la politique de vaccination contre la grippe, c'est-à-dire l'effet de la vaccination gratuite pour les personnes âgées de 65 ans et plus en Italie et aux Pays-Bas sur les taux de vaccination contre la grippe. La figure 2 extraite de Brilli et al. (2020) présente la proportion d'individus vaccinés contre la grippe saisonnière par âge. Ils utilisent deux types de données : des données administratives couvrant la région de Milan (panel A) et des données d'enquête représentatives de l'ensemble de la population italienne (panel B). Les données administratives permettent d'éviter les potentielles erreurs de déclaration de vaccination et permettent d'avoir une "running variable" en mois ; elles ont l'inconvénient de ne concerner qu'une seule région italienne. En contrepartie, les données d'enquête sont représentatives de l'ensemble de la population, mais l'âge n'est défini qu'en années, et le comportement de vaccination est auto-déclaré. La figure 2 montre que la politique augmente la vaccination contre la grippe de 10 pp (panel A) ou de 9 pp (panel B). Les résultats de Bouckaert et al. (2020) sont de même ampleur, tout comme ceux de Garrouste et al. (2021). La figure 3, tirée de Bouckaert et al. (2020) montre que les taux de vaccination passent d'un peu plus de 30 % (chez les individus non éligibles) à environ 45 % à l'âge de 65 ans. L'effet au passage du seuil d'âge, estimé par RD (en autorisant des tendances linéaires différentes de part et d'autre du seuil) correspond à 9,8 pp (taille d'effet relative de 30 %).

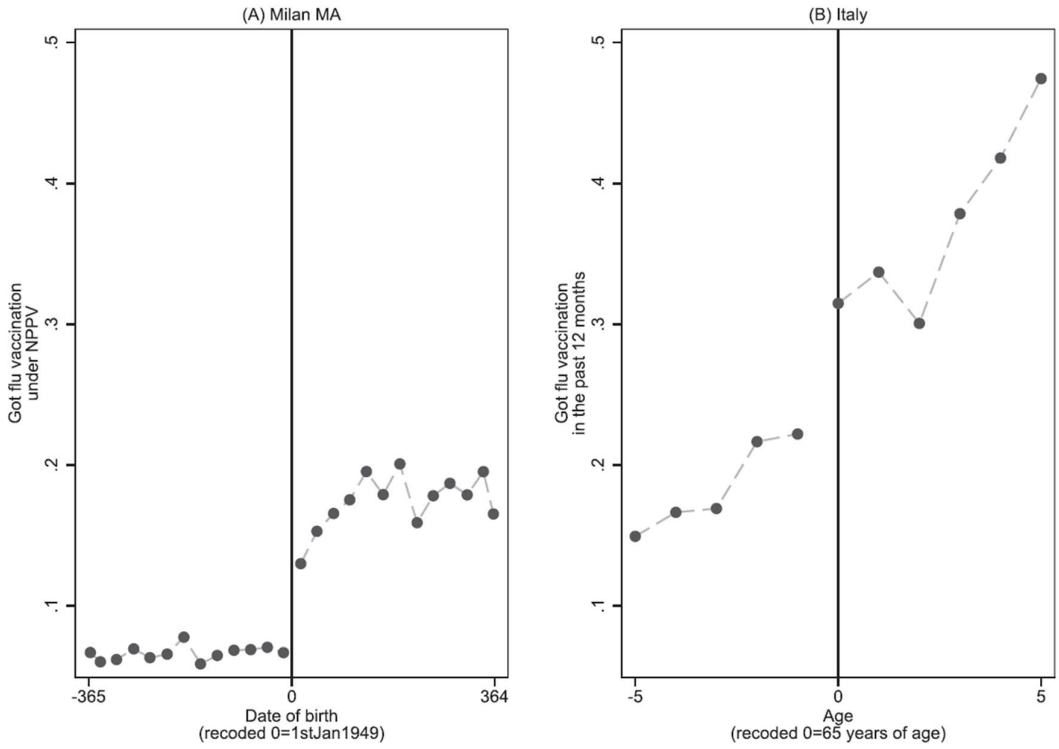

Figure 2 : Brilli et al. (2020) : proportion d'individus vaccinés contre la grippe saisonnière par âge.

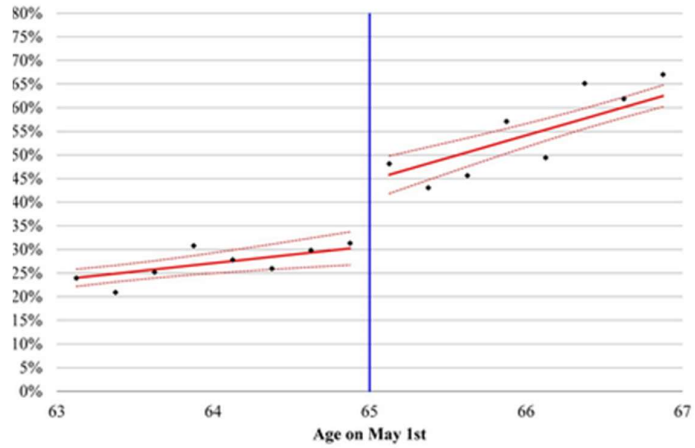

Figure 3 : Bouckaert et al. (2020) : proportion d'individus vaccinés contre la grippe saisonnière par âge

2.2 Doubles Différences

Une autre stratégie d'identification est la méthode des doubles différences (DD). Cette méthode consiste à estimer l'impact d'un traitement en comparant la différence entre un groupe contrôle

et un groupe traité avant et après l'introduction du traitement. Lawler (2017) évalue l'impact de politiques de recommandations et de vaccination obligatoire dans différents Etats américains, mises en place à différentes dates. Elle compare alors les individus des états traités (ayant connu la mise en place d'une ou plusieurs de ces politiques) à ceux des états non traités (dans lesquels il n'y a eu aucune recommandation ou obligation vaccinale). De façon générale, le modèle estimé par une méthode de DD peut être formalisé ainsi :

$$Y_{ist} = \lambda_0 + \lambda_1 T_{st} + \lambda_2 X_{ist} + Z_{st} + \delta_s + \delta_t + \upsilon_{ist} \qquad (9)$$

Dans le cas de Lawler (2017), Y_{ist} correspond au statut vaccinal d'un individu *i* vivant dans un état *s* à une période *t*. T_{st} est la variable de traitement (états mettant en place une politique de recommandation ou de vaccination obligatoire). L'auteure ajoute également un vecteur de contrôles au niveau des états, Z_{st} et un vecteur de contrôles au niveau individuel, X_{ist}. Enfin δ_s et δ_t représentent respectivement les effets fixes états et années. Cette stratégie d'identification repose sur un certain nombre d'hypothèses vérifiées dans le papier. Il est en effet nécessaire que le traitement soit exogène et que l'hypothèse de tendances parallèles pré-traitement soit validée, ie. la variable d'intérêt suivrait une évolution parallèle dans le groupe traité et le groupe contrôle en l'absence de traitement. Plus précisément, Lawler (2017) étudie dans les années 2000 aux Etats-Unis, les différences de réactions en fonction du type de politique auquel les enfants sont exposés dans l'état où ils résident : vaccination obligatoire à l'entrée en collectivité, recommandation forte à la vaccination, faible recommandation à la vaccination, aucune recommandation, en tirant partie de la variation temporelle dans la mise en place de ces campagnes dans les différents états. Les résultats ont été calculés à partir du « National Immunization Survey ».

Churchill (2021) étudie l'impact d'une campagne de vaccination obligatoire sur le recours vaccinal en utilisant une méthode de DD. Aux Etats-Unis une campagne de vaccination obligatoire contre l'HPV a été mise en place en 2014 dans l'Etat de Washington, DC pour tous les étudiants des collèges et lycées. L'auteur exploite cette variation au cours du temps comme première différence auquel s'ajoute la différence entre Etats. En effet, les autres Etats membres des Etats-Unis n'ont pas mis en place cette politique dans les établissements d'enseignement secondaire. La Figure 4 montre l'évolution au cours du temps du taux de vaccination chez les adolescents dans l'Etat de Washington, DC et des autres Etats. Cette figure montre l'évolution parallèle des taux de vaccination au cours du temps entre les deux groupes ainsi qu'une augmentation pour les étudiants de Washington, DC l'année de mise en place de la politique.

Les résultats montrent effectivement que l'instauration de cette politique a augmenté la probabilité pour les adolescents de se faire vacciner contre le HPV.

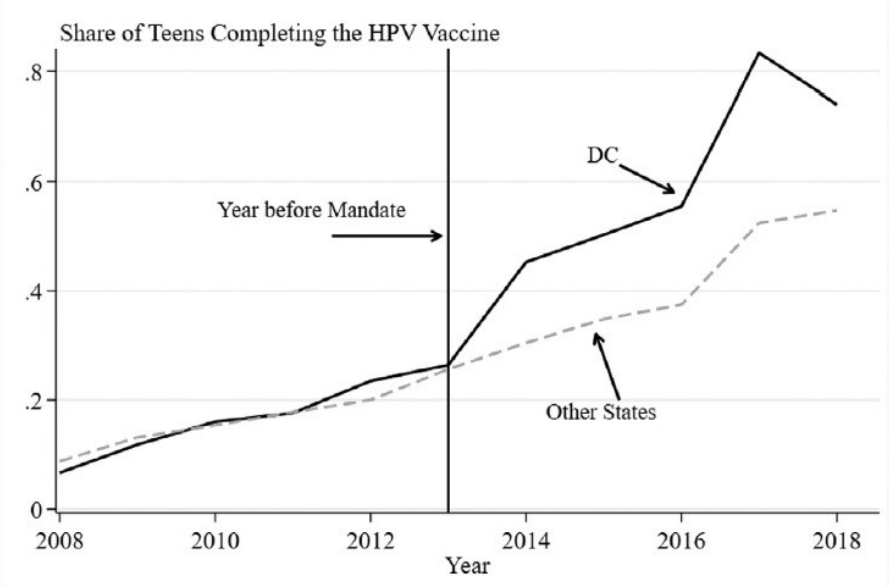

Figure 4 : Churchill (2021) Tendance des taux de vaccination HPV à Washington, DC et le reste des Etats-Unis

3. Résultats des études empiriques :

Dans cette partie, nous synthétisons les résultats de différents articles parus dans des revues académiques internationales généralistes ou spécialisées dans le champ de l'économie de la santé[3]. Parce que nous nous intéressons uniquement aux effets *causaux* des campagnes de vaccination, nous nous limitons aux articles parus dans le champ de l'économie, et non dans celui de la santé publique ou de l'épidémiologie (pour une revue de littérature dans ces champs, voir Sood et al., 2022). En nous concentrant sur les articles qui s'intéressent spécifiquement aux pays de l'OCDE, nous avons identifié onze articles évaluant l'effet causal de campagnes vaccinales sur les comportements de vaccination des individus. Ils analysent la réaction des individus à des campagnes de vaccination, nationales, à destination de certaines sous-populations ou encore plus expérimentales sur certains territoires. Ces travaux montrent tous un effet *direct* positif de ces campagnes : elles conduisent à augmenter les taux de vaccination contre la maladie ciblée, pour le public visé par la campagne, avec toutefois des effets hétérogènes selon les individus. On observe également des effets collatéraux, *indirects*, au-delà

[3] Nous intégrons par ailleurs dans cette synthèse deux articles non encore publiés, mais que nous avons écrit dans le contexte français (ce qui pas encore été fait, à ce jour), qui s'intéressent à l'effet causal de la campagne de vaccination gratuite contre l'hépatite B (Garrouste et al., 2020) et à l'effet causal de la vaccination gratuite contre la grippe à destination des individus de plus de 65 ans (Garrouste et al., 2021).

de la population ou du vaccin ciblé par la campagne ; certains de ces effets externes, négatifs, peuvent conduire à s'interroger sur l'efficacité globale de la campagne. Les résultats de ces articles sont synthétisés dans le tableau 1.

Notons que nous ne nous intéressons pas ici au large pan de la littérature qui vise à mettre en évidence les facteurs corrélés aux décisions individuelles de vaccination. Les facteurs sociodémographiques (âge, sexe) ou économiques (revenu, éducation) (voir par exemple Nagata et al., 2013) les influencent très significativement, tout comme l'accessibilité au système de santé ou les conseils des médecins. Différents travaux ont également montré que les pandémies conduisent à une augmentation significative de la vaccination (Oster, 2018) alors qu'une controverse liée à un vaccin diminue immédiatement et fortement les taux de vaccination contre la maladie concernée par la polémique, mais également contre les maladies non concernées par cette polémique (Anderberg et al., 2011; Chang, 2018). La revue de littérature de Bronchetti et al. (2015) montre par ailleurs que des variables comportementales, telles que l'incertitude des individus sur les bénéfices de la vaccination, leur inattention aux messages de prévention, ou, au contraire l'aversion à la vaccination (en présence d'information) ou encore les difficultés à aller concrètement se faire vacciner bien qu'ils en aient eu l'intention, peuvent également expliquer les faibles taux de vaccination.

Tableau 1: Revue de littérature sur les effets causaux, directs et indirects, des campagnes de vaccination

Article	**Pays, campagne et population cible**	**Données utilisées et méthodologie**	**Effet direct moyen estimé**	**Hétérogénéité de l'effet direct**	**Effet indirect positif estimé (à court ou long terme)**	**Effet indirect négatif estimé (à court ou long terme)**
Brilli et al. (2020)	* Italie * campagne de vaccination gratuite contre la grippe de 2013 (visite chez le médecin, vaccin et injection sont gratuits) * population cible : +65 ans	*données individuelles administratives (Milan) en 2013 (âge défini en jours; date de la vaccination observée) et données d'enquête (Italie) en 2012-2013 (âge en année; date de la vaccination auto-déclarée) * méthodologie: RDD - discontinuité au seuil d'éligibilité de 65 ans * groupe traité: 65 ans -65+3 mois (données adm.) / 65-67 ans (données d'enquête) * groupe contrôle: 64 ans-11 mois - 64 ans-9mois (données adm.) /62-64 ans (données d'enquête)	* hausse de la vaccination contre la grippe de 6 à 7 pp	*pas d'hétérogénéité par sexe ou éducation *effet supérieur sur le sous échantillon des individus n'ayant aucune exemption sur le coût des soins (effet de la campagne sur le coût non monétaire de la vaccination) et sur celui des ind. ayant des exemptions en raison d'un faible revenu et d'un état de santé dégradé *plus d'effet pour les individus vivant dans un ménage de 2 individus ou + , ou n'ayant pas travaillé dans le secteur de l'éducation ou de la santé *pas d'effet des caractéristiques des médecins	* à CT: baisse de 1.4 pp de la probabilité d'hospitalisation en urgence, en période de pic épidémique de grippe	non évalué
Bouckaert et al. (2020)	* Pays-Bas * campagnes de vaccination gratuite contre la grippe de 1997 à 2008 (visite chez le médecin, vaccin et injection sont gratuits) * population cible : +65 ans	*données d'enquête 1997-2008 (âge en mois; date de la vaccination auto-déclarée) * méthodologie: RDD - discontinuité au seuil d'éligibilité de 65 ans * groupe traité: 65 et 66 ans * groupe contrôle: 63 et 64 ans	* hausse de la vaccination contre la grippe de 9.8 pp (+10.5 pp sur l'échantillon restreint aux individus sans maladies chroniques)	non évalué	* hausse de la vaccination contre la grippe pour les conjoints (de - 65 ans) des individus éligibles (+10.2 pp) (pas d'effet quand les conjoints ont +65 ans)	* baisse de la vaccination contre la grippe pour les enfants de parents éligibles (-2.5 pp) (et -4.5 pp quand c'est leur plus vieux parent qui est éligible)
Garrouste et al. (2020)	* France * campagne: large campagne de communication et de vaccination gratuite dans les collèges et lycées contre l'hépatite B, entre 1994 et 1998 * population cible: tous les collégiens et lycéens, quel que soit	*données d'enquête (1995) (vaccination auto-déclarée, âge en années) *méthodologie: RDD - discontinuité au seuil d'éligibilité de 11 ans (entrée au collège) * groupe traité: enfants de 11 à 15 ans en 1994 * groupe contrôle: enfants de 6 à 10 ans en 1994	* effet positif sur la vaccination contre l'HB: +40 pp		non évalué	* effet négatif sur la vaccination contre le ROR (-13 pp) * hausse de la probabilité de déclarer que le ROR est une maladie bénigne (+21 pp) * baisse de la probabilité de déclarer que ne pas se faire vacciner contre le ROR est risqué (-20 pp)

	leur âge					
Garrouste et al. (2021)	* France * campagne de vaccination gratuite contre la grippe de 2013 (visite chez le médecin, vaccin et injection sont gratuits) * population cible : +65 ans	*données d'enquête (2014) (vaccination auto-déclarée, âge en mois) *méthodologie: RDD - discontinuité au seuil d'éligibilité de 65 ans * groupe traité: individus de 65 ans et + en 2013 * groupe contrôle: individus de moins de 65 ans en 2013	*effet positif sur la vaccination contre la grippe (+12 pp)	*l'effet est entièrement expliqué par les individus averses au risque (+15 pp), et les individus ayant une forte préférence pour le futur (+15 pp) * pas d'hétérogénéité en fonction du genre, du revenu ou du niveau d'éducation * pas d'hétérogénéité en fonction de la prévalence de la grippe ou des hospitalisations l'année précédent la campagne	non évalué	non évalué
Hirani (2021)	* Danemark * campagne : rappel, via l'envoi de courrier aux parents, de la vaccination incomplète de leur enfant (à partir du 15 mai 2014) * population cible : parents d'enfants de 2 ans dont au moins 1 des vaccins recommandés n'a pas été effectué	*données d'enquête (2011-2017) comportant tous les enfants ayant 2 ans dans une fenêtre de 180 jours autour du 15 mai 2014 * méthodologie: RDD - discontinuité au seuil d'éligibilité de mai 2014 * groupe traité: parents d'enfants qui ont 2 ans après le 15/05/14 (15/05/14-11/11/14) * groupe contrôle: parents d'enfants qui ont 2 ans avant le 15/05/14 (15/05/14-17/11/13)	* hausse de la vaccination complète à l'âge de 3 ans de 8.7 pp suite à la lettre de rappel - effet immédiat, dans le trimestre suivant la réception du courrier * mais parmi les parents des enfants ayant des vaccins manquants, 72% ne réagissent pas au courrier) *l'immunité collective est atteinte pour la rougeole mais pas pour le DTP	*effet plus fort de la lettre de rappel sur les parents de milieux socio-économiques faibles * pas d'effet si l'enfant a un état de santé dégradé	* hausse de la consultation recommandée à 2 ans, à l'âge de 3 ans (+5.5 pp) * pas d'effet sur la vaccination contre le ROR à l'âge de 5 ans	* effet négatif sur les frères et soeurs de moins de 2 ans: -0.19 vaccinations
Chang (2016)	* Etats-Unis (ensemble des états) * obligation émise par les états, que les assureurs privés remboursent les vaccins infantiles depuis la fin des années 1990 (date qui varie selon les états) * population cible : enfants de 19 à 35 mois	*données d'enquête 1995-2006 (âge en mois; vaccination auto-déclarée) Les données sont agrégées, à chaque date, par état. * méthodologie: doubles différences, traitement: mise en place de l'obligation de remboursement, dans l'état s à la date t * groupe traité: les états où une obligation de remboursement a été mise en place à la *t* * groupe contrôle: les états où	* effet positif sur les taux de vaccination (DTP, polio, ROR) de 1.8 pp, plus forte dans les 2 1ères années de la mise en place	non évalué	non évalué	*baisse de la vaccination dans les cliniques publiques (-8 pp) avec un report dans les cliniques privées et les médecins (→transfert de coût du public vers le privé)

		aucune obligation de remboursement n'a été mise en place				
Lawler (2017)	* Etats-Unis (ensemble des états) * campagnes de vaccination contre l'hépatite A de 1997 à 2008 (*recommandations* fortes/faibles/absentes et/ou *obligation vaccinale* pour les enfants entrants en collectivité, selon les états et les années) * population cible : enfants de 19 à 35 mois	*données d'enquête 2003-2013 (âge en mois; vaccination auto-déclarée) * méthodologie: doubles différences avec trois variables de traitement "j" : recommandation forte, recommandation faible, (ref= pas de recommandation), vaccination obligatoire. Certains états sont dans 2 catégories à 2 années différentes. * groupe traité: les enfants de l'état *s* à la date *t* où la politique *j* est mise en place * groupe contrôle: les enfants de l'état *s* à la date *t* où aucune politique n'est mise en place	* effet positif des recommandations fortes (+27.3 pp) et faibles (+19.3 pp) sur la proba de recevoir au moins 1 dose contre l'hépatite A; effet additionnel de +8.2 pp après la mise en place de la vaccination obligatoire *pas d'effet des recommandations sur la vaccination complète (2 doses); effet positif de l'obligation (+8 pp)	* pas d'effet hétérogène de l'obligation de vaccination selon l'ethnicité, le revenu ou l'éducation de la mère * les recommandations influencent moins fortement les blancs; plus fortement les individus en haut ou en bas de la distribution des revenus et des niveaux d'éducation	* pas d'effet de ces politiques sur la vaccination contre d'autres maladies infantiles	non évalué
Carpenter et Lawler (2019)	* Etats-Unis (ensemble des états) * campagne de vaccination DTP (dose de rappel) obligatoire pour l'entrée au collège - Variabilité de l'année de mise en place de cette obligation selon les états. * population cible : enfants de 10 à 13 ans	*données d'enquête 2008-2013, restreint aux individus ayant 13 ans entre 2004 et 2013 (âge en année ; les dates de toutes les vaccinations sont présentes et auto-déclarées) * méthodologie: doubles différences * groupe traité : tous les enfants qui sont dans un état où la politique est mise en place en t (ie. lorsqu'ils ont 13 ans) * groupe contrôle : tous les enfants de 13 ans qui sont dans un état où la politique n'est pas en vigueur en t (ie. lorsqu'ils ont 13 ans)	* hausse de 13.5 pp de la vaccination DTP de rappel * baisse de 9 cas pour 100 000 habitants de la mortalité liée à la coqueluche chez les 5-14 ans;	* hausse plus élevée chez les filles (+15 pp vs +12 pp chez les garçons), et chez les enfants de mères moins éduquées (+15 pp vs +11 pp) * pas d'hétérogénéité en fonction de l'ethnicité	* baisse de 9.5 cas pour 100 000 habitants de la mortalité liée à la coqueluche chez les 0-4 ans; de 0.8 cas chez les 25-34 ans (→ liée à la vaccination des adolescents, principaux vecteurs de transmission); * pas d'effet sur la vaccination contre la grippe, mais hausse (+4.2-4.9 pp) de la proba de recevoir au moins une dose de HPV; hausse de la proba (+2.5-3.3 pp) de recevoir l'ensemble des doses HPV; hausse de la vaccination contre les infections à méningocoques (+2.2-2.9 pp)	non évalué
Bütikoffer et Salvanes (2020)	* Norvège * 1948: campagne d'éradication de la	*données individuelles administratives observées sur 1930-2013	*baisse du nombre de jours d'écoles manqués (-2.5 pp) dans les villes		*à CT: *effets de la campagne sur les parents des traités:* pas d'effet sur l'éducation	

	tuberculose (gratuite): test de l'ensemble de la population, obligation de déclarer les cas positifs, isolement de ces cas, vaccination BCG systématique * population cible : +14 ans (et les 7-14 ans sont vaccinés à l'école) *population étudiée: les - 14 ans au moment de la campagne	* méthodologie: doubles différences, traitement: mise en place de l'obligation de remboursement, dans l'état s à la date t * groupe traité: individus à l'école (à moins de 14 ans) pendant et après la campagne * groupe contrôle: individus à l'école avant la campagne	qui avaient des taux de tuberculose élevés avant la réforme		(équivalent du diplôme du bac) et les revenus des adultes en âge d'avoir des enfants * à LT: *effets sur les traités à l'âge adulte :* hausse du nombre d'années d'études (+0.5 an) et hausse de la proba de continuer l'école au-delà de 14 ans (+5.5 pp); hausse du revenu (+7%) à l'âge de 37 ans, plus élevée pour les enfants de milieux socio éco faibles; baisse de la proba, pour les femmes, de mourir avant 66 ans (-0.7 pp) et hausse de la taille des hommes (+1.53 cm) *à LT: *effet sur les enfants des traités:* + d'éducation et de revenus pour les enfants de filles ou garçons traités; poids à la naissance et taille à 19 ans + élevée pour les enfants de mères traitées.	
Ward (2014)	* Ontario * dans certaines régions, campagne de vaccination gratuite contre la grippe étendue à tous les individus à partir de 2000 (visite chez le médecin, vaccin et injection sont gratuits) * population cible : +65 ans avant 2000; ensemble de la population après 2000	*données d'enquête 1996-2006 * méthodologie: triples différences * traitement: régions ayant ou non mis en place cette généralisation de la vaccination gratuite (1ère différence) + efficacité ou non du vaccin contre la grippe de l'année considérée (2ème différence) * groupe traité: régions ayant mis en place le traitement * groupe contrôle: régions n'ayant pas mis en place le traitement	*hausse de la vaccination contre la grippe de 8.7 pp * hausse qui concerne uniquement les - de 65 ans: +10.8 pp; non significative pour les + de 65 ans	non évalué	* l'effet du programme n'est significatif que dans les périodes où le vaccin est efficace contre l'épidémie de l'année * dans ce cas, baisse de 0.52 pp de la probabilité d'une absence au travail pour les salariés des régions traitées; baisse de 95% du nombre de jours d'hospitalisations pour cause de grippe et de 49% pour cause de grippe ou pneumonie. * baisse des hospitalisations pour grippe + pneumonie chez les + 65 ans, pour qui le traitement n'a pas d'impact direct (→ bénéficient de la plus forte couverture des + jeunes)	non évalués

Churchill (2021)	* Washington DC * vaccination gratuite contre le HPV (faite au collège/lycée) et obligatoire - exemptions possibles * filles de 6ème (années 2009-2013), puis filles et garçons de la 6ème à la terminale (à partir de 2014)	* données d'enquêtes 2008-2018 (vaccination déclarée par les parents - exactitude de l'information vérifiée grâce à une autre source de données) * méthodologie: doubles différences (triples différences pour hétérogénéité de l'effet) * groupe traité: élèves de l'état de Washington * groupe contrôle: élèves des autres états américains	* hausse de la proba d'injection de la 1ère dose (+11 pp pour les filles; +26 pp pour les garçons) * hausse de la proba d'injection de l'ensemble des doses (+20 pp pour les filles; +23 pp pour les garçons)	* Plus d'impact de la campagne (vaccination complète) pour les enfants de mères moins éduquées * Pas d'hétérogénéité par ethnicité	* à CT: hausse de la vaccination contre la grippe saisonnière (+6 pp)	* faible hausse de la proba que le médecin recommande la vaccination HPV lors d'une consultation (+9 pp)

Note : L'ordre des articles dans le tableau est le suivant. Ils sont tout d'abord triés par méthode (régression discontinuité, doubles différences, triples différences), puis, au sein de chaque méthode, triés par ordre chronologique.

3.1. Effets directs des politiques de vaccinations

Le tableau 1 montre que différentes campagnes de vaccination ont été évaluées : des campagnes de vaccination obligatoire (par exemple, aux Etats Unis, contre le Papillomavirus Humain (HPV) ou la Diphtérie, le Tétanos, la Poliomyélite (DTP) à l'entrée au collège, contre l'Hépatite A (HA) pour l'entrée des enfants en collectivité; en Norvège pour éradiquer la tuberculose) ou de recommandations (par exemple contre la grippe, à destination des plus de 65 ans, via la gratuité du vaccin et de l'injection, à la fois en Italie, en France ou aux Pays Bas; contre l'Hépatite B (HB) en France).

Les effets sur la population cible

Les campagnes de vaccination *obligatoire* sont naturellement plus efficaces que les recommandations pour augmenter les taux de vaccination. C'est d'ailleurs une des conclusions de Lawler (2017). Celle-ci analyse la mise en place de différentes campagnes de vaccination contre l'HA, mises en place aux Etats-Unis entre 1997 et 2008 pour les enfants de 19 à 35 mois. Les Etats américains se distinguent par le type de campagne menée (campagne de recommandation faible, forte et/ou obligation à la vaccination pour entrer en collectivité). Elle montre un effet positif et significatif des recommandations sur la probabilité de recevoir au moins une dose de vaccin (+27.3 pp quand elles sont "fortes", +19.3 pp quand elles sont plus "faibles"). L'obligation vaccinale dans les Etats qui l'ont mise en place quelques années après les simples recommandations augmente de 8 pp supplémentaires ce taux de vaccination. Cette obligation vaccinale impacte la probabilité de recevoir le schéma vaccinal complet (l'ensemble des injections) alors que les recommandations augmentent uniquement la probabilité de recevoir la 1ère dose. Par ailleurs, ces recommandations ont un impact moins immédiat que l'obligation vaccinale.

En ce qui concerne l'impact seul de l'obligation vaccinale sur les comportements individuels, Carpenter and Lawler (2019) montrent que l'obligation vaccinale DTP avant l'entrée au collège, dans la plupart des états américains, a conduit à une augmentation de la vaccination (dose de rappel) de 13.5 pp. Cette augmentation explique 17% de la hausse de la vaccination DTP observée entre 2003 (0%) et 2013 (80%). Elle a par ailleurs conduit à la réduction de la morbidité liée à la coqueluche (diminution de 9 cas pour 100 000 habitants chez les 5-14 ans). Toujours aux Etats Unis, Churchill (2021) s'intéresse à la vaccination obligatoire contre le HPV nécessaire à l'entrée au collège, mise en place graduellement dans l'état de Washington

à partir de 2009, d'abord pour les filles de 6ème, puis pour les filles et les garçons de la 6ème à la terminale. Il montre une forte hausse de la probabilité d'injection de la 1ère dose du vaccin de 11 pp pour les filles (et 26 pp pour les garçons) ainsi que de l'ensemble des doses de vaccin (identique pour les filles et les garçons, de l'ordre de 20 pp). Bütikoffer et Salvanes (2020) évaluent une ancienne campagne de 1948 visant à éradiquer la tuberculose : les tests systématiques, l'isolement des personnes malades et la vaccination BCG ont eu un impact significatif sur la scolarité des enfants qui vivaient dans des villes qui, avant la réforme, étaient fortement touchées par la maladie (baisse de 2.5 pp du nombre de jours d'école manqués). Enfin, Chang (2016) met en évidence un effet positif et significatif de l'obligation, imposée par l'Etat, pour les assureurs privés de rembourser les vaccins infantiles : une hausse de 1,8 pp de la vaccination Rougeole, Oreillons, Rubéole (ROR) et DTP.

Les articles qui se sont intéressés à l'impact des *recommandations* se sont souvent concentrés sur l'évaluation de la politique vaccinale anti-grippale saisonnière, qui cible les individus de plus de 65 ans en leur donnant accès à la vaccination gratuite contre la grippe. Celles-ci ont été évaluées dans 3 pays (tableau 1). En Italie, Brilli et al (2020) concluent à une hausse de 6 à 7 pp de la vaccination anti-grippale chez les plus de 65 ans. Aux Pays-Bas, Bouckaert et al. (2020) estiment la hausse à près de 10 pp, et en France, Garrouste et al. (2021) l'évaluent à 12 pp. En Ontario, la politique de vaccination contre la grippe analysée par Ward (2014) a consisté à étendre cette vaccination gratuite des plus de 65 ans à l'ensemble de la population en 2000 dans certaines régions : la vaccination contre la grippe a augmenté de 8.7 pp, une hausse essentiellement expliquée par la hausse de la vaccination des moins de 65 ans. Au-delà de ces politiques de vaccination anti-grippale, Garrouste et al. (2020), en France, ont étudié l'effet causal d'une campagne de vaccination contre l'HB mise en place dans les collèges et les lycées. La large campagne d'information nationale, dans l'ensemble des médias, jointe à la vaccination gratuite dans l'établissement, a conduit à une augmentation significative, pour les élèves de plus de 11 ans, de la probabilité d'être vacciné contre l'HB d'environ 40 pp, cette probabilité passant alors de 20% (pour les élèves de moins de 11 ans) à 60% (pour les élèves de plus de 11 ans, exposés à la campagne). Bien que la prévalence de la maladie soit en réalité très faible en France, la large communication autour de la dangerosité de la maladie et du risque encouru par des adolescents non vaccinés a été efficace. Hirani (2021) évalue une campagne danoise qui a consisté à envoyer une lettre de rappel aux parents d'enfants de 2 ans qui n'avaient pas administré le schéma vaccinal complet à leur enfant. Ils montrent que ce rappel conduit à augmenter de 8.7 pp la probabilité que l'enfant ait, à 3 ans, un schéma vaccinal complet. Le

rattrapage de la vaccination se fait dans le trimestre qui suit la réception du courrier. Autrement dit, cette lettre a un impact sur les parents qui, par inattention, avaient oublié une vaccination. En revanche, elle ne parvient pas à modifier les comportements des parents réticents à la vaccination et 72% des parents d'enfants ayant des vaccins manquants ne réagissent pas à cette lettre. Au total, cette politique ne permet pas d'atteindre l'immunité collective en ce qui concerne la vaccination DTP, mais elle permet de l'atteindre pour la rougeole.

Hétérogénéité de l'impact

L'analyse de l'hétérogénéité des politiques vaccinales permet d'identifier les mécanismes, les explications potentielles à l'effet moyen observé sur l'ensemble de la population ciblée par la campagne.

L'éducation apparaît comme étant l'un des principaux facteurs expliquant l'efficacité des campagnes de vaccination, et ce, quels que soient les articles : les parents peu éduqués réagissant plus aux campagnes de vaccination, ces dernières permettent de diminuer significativement les inégalités de vaccination liées aux différences de statuts socio-économiques. Churchill (2021) montre qu'avant la campagne de vaccination HPV, les enfants de mères éduquées étaient 8 pp plus à même d'être vaccinés (22% contre 14% pour les enfants de mères peu éduquées); la réforme a égalisé ces taux de vaccination à 55%, quelle que soit l'éducation de la mère. Carpenter et Lawler (2019) aboutissent à la même conclusion. La réaction à l'obligation vaccinale DTP pour l'entrée au collège est plus forte chez les familles les moins éduquées (+15 pp versus +12 pp), un gradient qu'elles expliquent par le fait que le taux de vaccination dans ces familles est initialement plus faible. L'effet des lettres de rappel évaluées chez Hirani (2021) est plus fort chez les moins éduqués : 4% des parents de niveaux d'éducation faibles réagissent à la lettre de rappel ; c'est le cas de 1,9% des parents de niveau d'éducation plus élevé, et de 0% des parents ayant un diplôme universitaire. Garrouste et al. (2020) montrent que la campagne de vaccination contre l'hépatite B a également plus d'impact chez les individus les moins éduqués (et chez les individus les plus pauvres), qui avaient, en l'absence de campagne, des taux de vaccination plus faibles. Bütikofer and Salvanes (2020) montrent que la campagne norvégienne de dépistage et de vaccination contre la tuberculose a davantage bénéficié aux enfants issus de milieux socioéconomiques défavorisés, conduisant en retour à une réduction des inégalités socio-économiques à l'âge adulte. Enfin, chez Lawler (2017), seules les recommandations, lorsqu'elles sont "faibles", conduisent les individus les moins éduqués à se faire vacciner plus souvent. Ces résultats montrent que les différentes

campagnes permettent très nettement de diminuer les inégalités sociales de vaccination liées à l'éducation. Brilli et al. (2020) n'étudient pas l'hétérogénéité selon les niveaux d'éducation, mais selon les niveaux de revenus. Ils mettent en évidence un effet supérieur de la campagne de vaccination contre la grippe sur le sous-échantillon des individus qui n'ont aucune exemption sur le coût des soins (en raison d'un revenu élevé): pour eux, la campagne a diminué les coûts non monétaires liés à la vaccination, les conduisant à plus se vacciner (+7 pp). L'effet est également plus élevé chez les individus ayant un état de santé dégradé et des revenus faibles (+7.6 pp): dans la mesure où les individus qui ont "seulement" une maladie chronique (mais pas d'exemptions liées au revenu), ou qui ont "seulement" des revenus faibles (mais pas de maladies chroniques) ne se vaccinent pas plus suite à la campagne (effet non significatif), ils concluent que la baisse du coût monétaire lié à la campagne influence les comportements de vaccination chez les individus qui valorisent également les bénéfices à ne pas avoir la grippe, comme c'est le cas des individus ayant une maladie chronique, pour qui les complications liées à la grippe peuvent être dangereuses.

Les articles mentionnés ci-dessus explorent d'autres formes d'hétérogénéité. Les campagnes ont généralement le même impact, que l'individu soit homme ou femme (Brilli et al. (2021); Garrouste et al. (2021)). Seuls Carpenter et Lawler (2019) estiment un effet plus élevé de la campagne sur la vaccination DTP pour les filles (+15 pp) que pour les garçons (+12 pp).

Garrouste et al. (2021) montrent que l'effet positif de la vaccination antigrippale est entièrement expliqué par la réaction des individus averses au risque (+ 15 pp) et les individus ayant une forte préférence pour le futur (+15 pp), qui valorisent plus fortement les bénéfices de la vaccination, supérieurs aux coûts immédiats.

3.2. Effets indirects des politiques de vaccination

Les campagnes de vaccination peuvent également entraîner des retombées au-delà de l'impact recherché sur la vaccination, c'est-à-dire à la fois sur la vaccination contre d'autres maladies non ciblées par la campagne, sur une population plus large que la seule population visée par la campagne ou sur des outcomes de santé, d'éducation et de revenus qui ne devraient théoriquement pas être impactés par la campagne.

- **Les effets indirects positifs des campagnes de vaccination :**

Les effets s'étendent à d'autres vaccins

L'information diffusée lors de la campagne de recommandation ou d'obligation vaccinale peut avoir des retombées positives sur la vaccination contre d'autres maladies, via l'augmentation des connaissances sur la vaccination et ses bénéfices, ou en rapprochant les individus du système de soins. Ce dernier mécanisme est d'ailleurs bien identifié par Hirani (2021) qui montre que la lettre de rappel envoyé aux parents pour faire vacciner leur enfant de 2 ans a augmenté significativement la probabilité de réaliser (à l'âge de 3 ans) la consultation longue de contrôle recommandée chez les enfants de 2 ans (+5.5 pp). Ceci a donc augmenté l'accès des individus aux médecins, le rôle de ces derniers ne faisant toutefois pas l'unanimité pour la recommandation de la vaccination. Par exemple, Garrouste et al. (2020) montrent que si les médecins ont très fortement adhéré à la campagne de vaccination contre l'HB, déclarant à 85% que les adolescents devaient être vaccinés contre cette maladie (recommandations du gouvernement), seuls 59% déclaraient en même temps proposer systématiquement à leurs patients de 2-16 ans la vaccination contre le ROR, alors que les recommandations étaient de 90%. De même, Churchill (2021) montre une faible hausse, suite à la campagne HPV, de la probabilité que le médecin recommande la vaccination HPV à ses patients lors d'une consultation (+9 pp), signe qu'en l'absence de campagne, ils ne recommanderaient probablement ce vaccin pourtant crucial.

Carpenter and Lawler (2019) montrent que l'obligation vaccinale contre la DTP avant l'entrée au collège a eu des effets indirects importants sur d'autres vaccinations, pour la plupart non obligatoires (ou seulement dans quelques états). Elles observent ainsi que la vaccination DTP a augmenté de 4.2-4.9 pp la probabilité d'obtenir la 1ère dose de la vaccination contre le papillomavirus humain et de 2.5-3.3 pp la probabilité d'obtenir les 3 doses de ce même vaccin. Elle augmente également la vaccination contre le méningocoque (+2.2-2.9 pp). En revanche, elle n'a eu aucun impact sur la vaccination contre la grippe saisonnière, un résultat qu'elles expliquent par le fait que la périodicité de ces vaccinations est différente (en hiver uniquement pour la grippe ; toute l'année pour les autres vaccins et notamment au moment de la rentrée, quand le vaccin contre la grippe n'est pas encore disponible). Ces effets de report sur d'autres vaccins sont plus importants chez les enfants de mères moins éduquées : chez elles, la diffusion d'information sur la vaccination DTP a eu pour effet d'augmenter l'information sur la vaccination en général, et notamment sur l'existence de recommandations quant à la

vaccination émises dans leur région ; les plus éduqués étaient probablement déjà au courant de ces recommandations. En outre, les mères moins éduquées consultent plus souvent les médecins dans des hôpitaux publics, où les effets de report sur les autres vaccins ont été estimés comme étant plus importants.

Churchill (2021) met également en évidence un effet indirect positif de la vaccination contre le HPV qui conduit à une hausse de 6 pp de la vaccination contre la grippe saisonnière, hausse qui s'est produite graduellement au cours du temps. Lawler (2017) en revanche n'identifie aucun effet de la campagne de vaccination contre l'hépatite A sur d'autres maladies infantiles.

La campagne touche une population plus large

La campagne peut également avoir des effets indirects positifs sur des populations non initialement ciblées par la campagne. Aux Pays-Bas, Bouckaert et al. (2020) montrent une augmentation de la probabilité que les conjoints (de moins de 65 ans) des individus éligibles à la campagne se vaccinent (+10.2 pp); de façon intuitive, il n'y a en revanche aucun effet indirect sur les conjoints âgés de plus de 65 ans. De même, Bütikofer and Salvanes (2020) trouve un effet bénéfique de la campagne norvégienne de dépistage et de vaccination contre la tuberculose sur la santé des générations touchées par la campagne ainsi que sur les générations suivantes. Ainsi, à long terme, les enfants des garçons et filles qui ont été traités ont un niveau d'éducation et de revenu plus élevé ; les enfants de mères traitées ont également un poids plus élevé à la naissance et une taille plus élevée à l'âge de 19 ans.

La campagne a des effets positifs sur la santé et le statut-socioéconomique des individus qu'elle cible, et sur la population en général

L'étude de Brilli et al. (2021) met en évidence une baisse de 1.4 pp de la probabilité d'hospitalisations en période de pic épidémique de grippe suite à la campagne de vaccination contre la grippe. Ward (2014) montre que l'extension de la vaccination gratuite contre la grippe à l'ensemble de la population dans certains états, conduit à une baisse de 95% du nombre de jours d'hospitalisation pour cause de grippe et de 49% pour cause de grippe ou de pneumonie. Cette baisse des hospitalisations pour cause de grippe et pneumonie s'observe principalement chez les plus de 65 ans, pour qui le traitement n'a pas d'impact direct : ces derniers bénéficient de la plus forte couverture vaccinale des plus jeunes. Carpenter et Lawler (2019) montrent que la hausse de la vaccination DTP à l'entrée au collège a conduit à une baisse du nombre de cas de coqueluche chez les 5-14 ans (-9 cas pour 100 000 habitants), mais a également conduit à

une baisse du nombre de cas de coqueluche chez les 0-4 ans (-9.5 cas pour 100 000 habitants) et chez les 25-34 ans (-0.8 cas pour 100 000 habitants), ie. chez les individus qui sont les plus à même de cohabiter avec les adolescents, cibles de la campagne (la fratrie et les parents). Au total, à court terme, et concomitamment à la mise en place de la campagne, les bénéfices en matière de santé des populations sont importants.

Sur les variables socio-économiques, Ward (2014) montre une baisse de 0.52 pp de la probabilité d'absence au travail pour les salariés des régions traitées. Par ailleurs, Bütikoffer et Salvanes (2020), grâce à des données originales sur longue période, analysent les effets à court terme de la campagne de 1948 sur les outcomes d'éducation et de santé au moment de la réforme sur les individus concernés (effet direct décrit ci-dessus) ainsi que sur les parents de ces individus (pas d'effet de la campagne sur leurs revenus par exemple), mais également à plus long terme: ils s'intéressent alors aux effets de la campagne sur les traités à l'âge adulte mais également sur la seconde génération, ie. sur leurs propres enfants. La réforme, qui a permis de diminuer le nombre de jours d'absence à l'école, a conduit à une augmentation du niveau d'éducation des traités (+0.5 an) et à une hausse de la probabilité de poursuivre l'école au-delà de 14 ans (+5.5 pp). A 37 ans, les traités ont des revenus plus élevés (+7%), et encore plus fort lorsque les individus sont issus de milieux socio-économiques défavorisés. Au-delà des conséquences économiques, cette réforme a également amélioré l'état de santé à long terme des populations, mesuré par la probabilité de mourir avant 66 ans (baisse de 0.7 pp chez les femmes) ou par la taille (+1.53 cm pour les hommes).

- **Les effets indirects négatifs des campagnes de vaccination :**

Mais de récentes études montrent également que les campagnes de vaccination peuvent entraîner des effets indirects plus négatifs, non anticipés au moment de la mise en place de la campagne de vaccination.

Ainsi, Bouckaert et al. (2020) montrent que, malgré un effet indirect de la campagne positif sur les conjoints plus jeunes, les enfants des individus ciblés par la campagne de vaccination antigrippale ont une probabilité plus faible (-2.5 pp) de se faire vacciner contre la grippe, et l'effet est encore plus fort (-4.5 pp) lorsque c'est un seul parent, le plus âgé, qui est éligible à la campagne. Hirani (2021) montre que la lettre de rappel envoyée aux parents d'enfants de 2 ans n'ayant pas l'ensemble de leurs vaccinations conduit à une baisse de la vaccination des frères et sœurs de moins de 2 ans (-0.19 vaccinations en moyenne). Garrouste et al. (2020)

montrent enfin un effet de substitution important lors de la mise en place de la campagne contre l'HB de 1994. Les individus qui se sont fait vacciner contre l'HB en raison de la réforme sont moins à même de se faire vacciner contre une autre maladie (dont la vaccination était réalisée jusqu'à l'adolescence à cette époque), le ROR (-13 pp). Ils montrent aussi que les parents des adolescents traités déclarent plus souvent que le ROR est une maladie bénigne (+21 pp) et moins souvent que ne pas se faire vacciner contre le ROR est risqué (-20 pp). Bouckaert et al. (2020), Hirani (2021) et Garrouste et al. (2021) interprètent leurs effets comme résultant d'un effet de salience, ou de focalisation attentionnelle: en orientant la campagne pour la vaccination anti-grippale envers les plus de 65 ans, la lettre de rappel aux enfants de 2 ans ou en sur-estimant les dangers d'une non vaccination contre l'hépatite B et négligeant l'information sur d'autres maladies potentiellement plus dangereuses, plus fréquentes et plus contagieuses, ces politiques ont conduit à la focalisation des individus sur les seuls individus ciblés par la campagne, conduisant à une baisse de la vaccination des plus jeunes dans le cas de Bouckaert et al. (2020) et Hirani (2021) ("la vaccination pour les plus jeunes n'est pas nécessaire, car elle sera réalisée plus tard") ou à une baisse de la vaccination contre le ROR ("cette maladie n'est pas si importante ; si elle l'était, une campagne comparable serait mise en place"). Dans le cas du ROR, puisque la rougeole est une maladie beaucoup plus contagieuse que l'hépatite B, ces effets de focalisation attentionnelle peuvent annihiler les bénéfices d'une campagne et questionnent son efficacité nette.

Conclusion

Au total, cette revue de littérature montre que les campagnes de vaccination, qu'elles consistent en des campagnes de recommandation ou des campagnes de vaccination obligatoires, sont efficaces pour augmenter les taux de vaccination de la maladie concernée, sur la population ciblée par la campagne. Les effets directs mis en évidence dans les différents articles analysés sont très largement positifs.

Ces campagnes ont par ailleurs des effets indirects positifs forts : elles peuvent conduire à augmenter la vaccination contre d'autres maladies non ciblées par la campagne, augmenter la vaccination de populations non directement concernées par la politique (et notamment celle des individus vivant avec une personne éligible) et avoir des effets positifs sur d'autres outcomes de santé, d'éducation ou de revenu.

Mais la littérature récente (3 articles depuis 2020) montre que des effets négatifs peuvent également être observés, dont les conséquences, dans les cas extrêmes, peuvent nuire à

l'efficacité globale de la campagne. Ces résultats montrent bien qu'il est nécessaire d'évaluer les effets globaux des politiques de vaccination, dans toutes leurs dimensions, et non seulement l'effet direct de la campagne et son efficacité sur la maladie ciblée.

Références

Adda, J. (2016). Economic activity and the spread of viral diseases: Evidence from high frequency data. *The Quarterly Journal of Economics*, *131*(2), 891-941.

Anderberg, D.A., Chevalier, A. and Wadsworth. (2011). Anatomy of a Health Scare: Education, Income and the MMR controversy in the UK. Journal of Health Economics, 30, 515-530

Anderson, R. M., & May, R. M. (1992). *Infectious diseases of humans: dynamics and control*. Oxford university press.

Bargain, O., & Aminjonov, U. (2020). Trust and compliance to public health policies in times of COVID-19. *Journal of public economics*, *192*, 104316.

Bauch, C. T., & Earn, D. J. (2004). Vaccination and the theory of games. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *101*(36), 13391-13394.

Blondel, S., Chyderiotis, S., Langot, F., Mueller, J. E., & Sicsic, J. (2022). Confiance, vaccination et télétravail pendant la crise de la Covid-19. *Revue francaise d'economie*, (1), 45-80.

Bouckaert, N., Gielen, A. C., & Van Ourti, T. (2020). It runs in the family–Influenza vaccination and spillover effects. *Journal of Health Economics*, *74*, 102386.

Bordalo, P., Gennaioli, N., & Shleifer, A. (2012). Salience theory of choice under risk. *The Quarterly journal of economics*, *127*(3), 1243-1285.

Brilli, Y., Lucifora, C., Russo, A., & Tonello, M. (2020). Vaccination take-up and health: Evidence from a flu vaccination program for the elderly. *Journal of economic behavior & organization*, *179*, 323-341.

Bronchetti, E. T., Huffman, D. B., & Magenheim, E. (2015). Attention, intentions, and follow-through in preventive health behavior: Field experimental evidence on flu vaccination. *Journal of Economic Behavior & Organization*, *116*, 270-291.

Bütikofer, A., & Salvanes, K. G. (2020). Disease control and inequality reduction: Evidence from a tuberculosis testing and vaccination campaign. *The Review of Economic Studies*, *87*(5), 2087-2125.

Callaghan, T., Moghtaderi, A., Lueck, J. A., Hotez, P., Strych, U., Dor, A., ... & Motta, M. (2021). Correlates and disparities of intention to vaccinate against COVID-19. *Social science & medicine (1982)*, *272*, 113638.

Calonico, S., Cattaneo, M. D., & Farrell, M. H. (2020). Optimal bandwidth choice for robust bias-corrected inference in regression discontinuity designs. *The Econometrics Journal*, *23*(2), 192-210.

Carpenter, C. S., & Lawler, E. C. (2019). Direct and spillover effects of middle school vaccination requirements. *American Economic Journal: Economic Policy*, *11*(1), 95-125.

Chang, L. V. (2016). The effect of state insurance mandates on infant immunization rates. *Health economics*, *25*(3), 372-386.

Chang, L. V. (2018). Information, Education and health behaviors: Evidence from the MMR vaccine autism controversy. *Health economics*, *27*, 1043-1062.

Churchill, B. (2021). Ho important is the structure of school vaccine requirement opt-out provision? Evidence from Washington. *Journal of Health economics*, 78

Duclos, P., & Okwo-Bele, J. M. (2007). Recommandations et politiques vaccinales mondiales: le rôle de l'OMS. *médecine/sciences*, *23*(4), 409-416.

Garrouste, C., Juet, A. et Samson, AL. (2020). Parental attitudes and beliefs about vaccines: unexpected effects of a vaccination campaign against hepatitis B. LEM discussion paper n°2019/20

Garrouste, C., Juet, A. et Samson, AL. (2021). Vaccination and Risk Aversion: Evidence from a flu vaccination program. mimeo - available upon request

Geoffard, P. Y., & Philipson, T. (1997). Disease eradication: private versus public vaccination. *The American Economic Review*, *87*(1), 222-230.

Gollier, C., D. Hilton, and E. Raufaste (2003) : "Daniel Kahneman et l'analyse de la décision face au risque," Revue d'économie politique, 113, 295–307.

Hirani, J. L. J. (2021). Inattention or reluctance? Parental responses to vaccination reminder letters. *Journal of Health Economics*, *76*, 102439.

Kermack, W. O., & McKendrick, A. G. (1927). A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proceedings of the royal society of london. Series A, Containing papers of a mathematical and physical character*, *115*(772), 700-721.

Larson, H. J., De Figueiredo, A., Xiahong, Z., Schulz, W. S., Verger, P., Johnston, I. G., ... & Jones, N. S. (2016). The state of vaccine confidence 2016: global insights through a 67-country survey. *EBioMedicine*, *12*, 295-301.

Lawler, E. C. (2017). Effectiveness of vaccination recommendations versus mandates: Evidence from the hepatitis A vaccine. *Journal of health economics*, *52*, 45-62.

Nagata, J. M., Hernández-Ramos, I., Kurup, A. S., Albrecht, D., Vivas-Torrealba, C., & Franco-Paredes, C. (2013). Social determinants of health and seasonal influenza vaccination in adults≥ 65 years: a systematic review of qualitative and quantitative data. *BMC Public Health*, *13*(1), 1-25.

OCDE (2022). Understanding differences in vaccination uptake among OECD countries. *OECD Economics Department Working Papers*, 1704.

Oster, E. (2018). Does disease cause vaccination? Disease outbreaks and vaccination responses. *Journal of Health Economics*, 57, 90-101

Sood, N., Nasserie, T., Joshi, S., & Bendavid, E. (2022). Shifting the Demand for Vaccines: A Review of Strategies. *Annual Review of Public Health*, *43*, 541-557.

Ward, C. (2014). Influenza Vaccination Campaigns: Is an Ounce of Prevention Worth a Pound of Care? *American Economic Journal*, 6(1), 38-72