

Le 26 novembre 2021

Le rappel vaccinal Covid-19 chez les seniors réduit sensiblement le risque d'entrer à l'hôpital

Appariements entre les bases SI-VIC, SI-DEP et VAC-SI,
premiers résultats sur les rappels et l'ancienneté de la vaccination

Les données issues des appariements entre SI-VIC, SI-DEP et VAC-SI exploitées par la DREES apportent désormais de nouvelles informations sur l'ancienneté de l'obtention du schéma vaccinal complet et l'injection éventuelle d'un rappel. Outre de premières statistiques descriptives, une modélisation relativement simple est proposée pour **estimer conjointement l'effet des différents statuts vaccinaux – en particulier l'effet protecteur du vaccin dans le temps et l'apport de la dose de rappel** – en neutralisant des différences de structures par âge.

L'interprétation de ces premiers résultats doit être faite avec prudence au regard des multiples limites qui entourent les estimations conduites. D'une part, ces comparaisons entre différents statuts ne tiennent pas compte de caractéristiques importantes pouvant jouer sur les risques d'hospitalisation comme la présence de comorbidité(s) ou les infections antérieures. D'autre part, ces estimations seront amenées à être révisées dans les prochaines semaines avec l'arrivée de nouvelles observations, l'amélioration des modèles utilisés pour estimer la protection vaccinale et l'exploitation d'autres informations limitant les biais possibles.

Malgré ces limites, les estimations actuelles proposées font ressortir les constats suivants pour les adultes de 20 ans et plus :

- la protection vaccinale initiale du schéma complet est élevée pour toutes les classes d'âge contre l'hospitalisation conventionnelle comme l'entrée en soins critiques, comprise entre 90 et 95 % (estimation concordante avec les résultats épidémiologiques disponibles par ailleurs¹), elle est un peu plus faible, autour de 85 % pour les personnes de 80 ans et plus ;
- **cette protection, après l'obtention du schéma complet, semble s'atténuer légèrement au fil du temps, surtout pour les seniors, beaucoup moins pour les personnes plus jeunes.** Pour les personnes avec schéma complet depuis 6 mois ou plus, elle diminue à 80 % environ, perdant 10 points environ pour les 60 à 80 ans et entre 5 et 10 points pour les 80 ans et plus par rapport à la protection initiale du schéma complet, en soins critiques comme en hospitalisation conventionnelle. En revanche, elle ne s'érode que de quelques points pour les moins de 60 ans, en hospitalisation conventionnelle comme en soins critiques ;
- **l'injection du rappel pour les personnes de plus de 60 ans dont le statut complet remonte à plus de 6 mois améliore la protection vaccinale à 95 % environ, soit un gain d'environ 15 points (voire près de 20 pour les 80 ans et plus) par rapport à une population vaccinée depuis plus de 6 mois sans rappel, en hospitalisation conventionnelle comme en soins critiques.**

¹ EPI-PHARE (11 octobre 2021). Impact de la vaccination sur le risque de formes graves de Covid-19. www.epi-phare.fr/rapports-detudes-et-publications/impact-vaccination-covid-octobre-2021

Enfin, un encadré en fin de document explique pourquoi, malgré une protection vaccinale toujours élevée, la proportion de personnes vaccinées entrant à l'hôpital augmente au fur et à mesure du temps en 2021, avec la couverture vaccinale.

Ces résultats, qui sont actualisés chaque semaine y compris concernant l'ancienneté de la vaccination et le rappel, sont issus du rapprochement des informations issues de SI-VIC, SI-DEP et VAC-SI, les systèmes d'information portant respectivement sur les hospitalisations, les tests et la vaccination Covid-19. **Les résultats nationaux ainsi que des déclinaisons régionales et par classe d'âge sont mis à disposition** sous forme de graphiques en format pdf et de fichiers csv permettant d'exploiter plus finement les résultats présentés. Ces fichiers sont **disponibles sur le [site de données ouvertes de la DREES](https://data.drees.solidarites-sante.gouv.fr/pages/accueil/)**.

<https://data.drees.solidarites-sante.gouv.fr/pages/accueil/>

Table des matières

De nouvelles informations concernant les rappels et l'ancienneté de la vaccination pour l'analyse des tests positifs et des entrées hospitalières.....	3
L'incidence hospitalière est nettement réduite pour les personnes de 60 ans et plus disposant d'une dose de rappel par rapport à celles qui n'en ont pas eu.....	3
La réduction de l'incidence hospitalière liée au rappel est visible dès le début de la campagne de rappel	4
En l'absence de rappel, l'effet protecteur de la vaccination s'érode un peu avec l'ancienneté de la vaccination	5
En tenant compte des structures démographiques et de l'intensité épidémique, les risques relatifs d'hospitalisation sont nettement réduits par l'injection d'une dose de rappel à plus de 6 mois	7
Pourquoi la proportion de personnes vaccinées entrant à l'hôpital augmente-t-elle avec la couverture vaccinale (et donc avec le temps depuis le début de l'année 2021) ?.....	15
Annexe - Définitions et méthodes.....	18
Annexe – Description du modèle d'estimation des risques d'hospitalisation	21

De nouvelles informations concernant les rappels et l'ancienneté de la vaccination pour l'analyse des tests positifs et des entrées hospitalières

Les appariements entre SI-VIC, SI-DEP et VAC-SI permettent de fournir de nouvelles informations sur l'existence d'une dose de rappel et l'ancienneté depuis l'obtention du statut complet, complétant ainsi les statistiques produites jusqu'à présent (voir l'annexe Définition et méthodes). Par ailleurs, certaines améliorations méthodologiques dans la constitution de ces données sont apportées et également décrites dans la même annexe.

La population des personnes disposant d'un schéma complet est ainsi décomposée selon :

- l'ancienneté de l'obtention d'un schéma vaccinal complet (2 doses hors Janssen, 1 dose pour le vaccin Janssen ou en cas d'infection) selon deux seuils à 3 et 6 mois (précisément 13 et 26 semaines) ;
- l'injection d'une dose de rappel vaccinal après l'obtention de ce schéma complet.

L'incidence hospitalière est nettement réduite pour les personnes de 60 ans et plus disposant d'une dose de rappel par rapport à celles qui n'en ont pas eu.

La comparaison durant les quatre dernières semaines d'observation (du 18 octobre au 14 novembre 2021) des taux d'entrées en soins critiques pour 1 million d'habitants montre une nette réduction de l'incidence hospitalière pour les personnes vaccinées depuis plus de 6 mois ayant eu l'injection d'une dose de rappel, pour les âges de 60 à 80 ans comme pour les plus de 80 ans (cases orangées du tableau 1 et graphique 1).

Tableau 1 : Taux d'entrées en soin critiques et hospitalisation conventionnelle pour 1 million de personnes par âge et par statut vaccinal entre le 18 octobre et le 14 novembre 2021

Statut vaccinal	20 ans à 39 ans	40 ans et 59 ans	60 ans et 79 ans	80 ans et plus	Ensemble
Entrées en soins critiques pour 1 million de personnes					
Non-vaccinés	33	127	333	215	41
Complet de moins de 3 mois - sans rappel	1	7	27	31	5
Complet entre 3 mois et 6 mois - sans rappel	2	4	31	42	13
Complet de 6 mois et plus - sans rappel	6 *	11	57	49	42
Complet de 6 mois et plus - avec rappel	n.s	n.s	12	8	9
Ensemble	6	19	54	44	20

Entrées en hospitalisation conventionnelle pour 1 million de personnes					
Non-vaccinés	143	262	659	1 643	112
Complet de moins de 3 mois - sans rappel	12	24	81	258	24
Complet entre 3 mois et 6 mois - sans rappel	8	16	74	349	42
Complet de 6 mois et plus - sans rappel	28 *	41	141	373	168
Complet de 6 mois et plus - avec rappel	n.s	n.s	28	47	37
Ensemble	28	47	121	340	65

Sources : appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI ; populations Insee estimées au 1^{er} janvier 2021. Calculs DREES.

Les entrées hospitalières retenues sont celles pour lesquelles un test positif a été identifié dans SI-DEP. Données extraites le 23 novembre 2021.

Notes : - (*) Les personnes de moins de 40 ans disposant d'un schéma vaccinal complet depuis plus de 6 mois durant la période d'analyse l'ont obtenu au plus tard début mai 2021 alors que la vaccination de ces jeunes adultes n'a été ouverte à tous qu'à partir du 27 mai. Ainsi, cette catégorie regroupe possiblement beaucoup plus de personnes présentant des comorbidités ou d'autres facteurs spécifiques générant un sur-risque et les résultats associés ne peuvent être comparés à ceux des autres catégories.

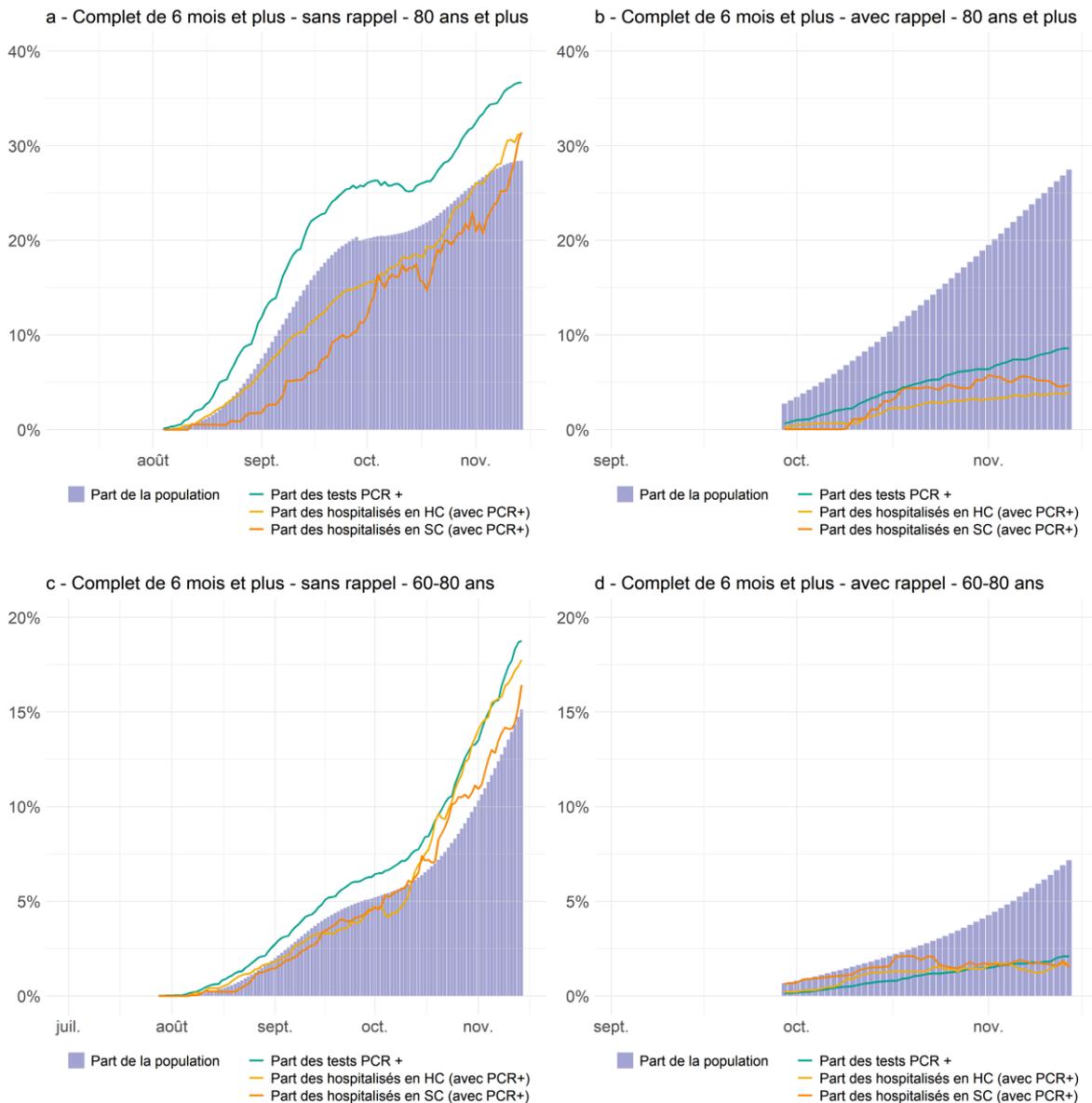
- Les cases indiquées non significatives (n.s.) ne comportent pas suffisamment de personnes pour que les taux d'entrée hospitalière puissent être interprétés et comparés aux autres valeurs.

La réduction de l'incidence hospitalière liée au rappel est visible dès le début de la campagne de rappel

Au sein des personnes vaccinées depuis plus de 6 mois, la réduction de l'incidence hospitalière, comme de la fréquence des tests positifs entre les personnes sans ou avec rappel est visible et très forte par rapport aux personnes non vaccinées, dès le début de la campagne de rappel, pour les personnes de 80 ans et plus comme pour celles de 60 à 80 ans (graphiques 1. a à d). En effet, alors que la part dans les entrées hospitalières (courbes jaunes et oranges) et les tests positifs (courbes vertes) des personnes complètement vaccinées de plus de 6 mois sans rappel (graphiques de gauche, a et c) s'élève à un niveau comparable voire supérieur à leur part dans la population (barres grises), les parts des personnes complètement vaccinées de plus de 6 mois ayant fait un rappel dans les entrées hospitalières et les tests positifs (graphiques de droite, b et d) sont nettement inférieures à leur part dans la population.

Cet effet protecteur du rappel est visible dans les comparaisons de ces proportions depuis le début de la campagne de rappel en septembre.

Graphiques 1. a à d - Évolution de la part de la population, des tests PCR positifs et des entrées hospitalières selon le rappel pour les personnes complètement vaccinées depuis plus de 6 mois



Sources : appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI ; populations Insee estimées au 1^{er} janvier 2021. Calculs DREES. Données extraites le 23 novembre 2021.

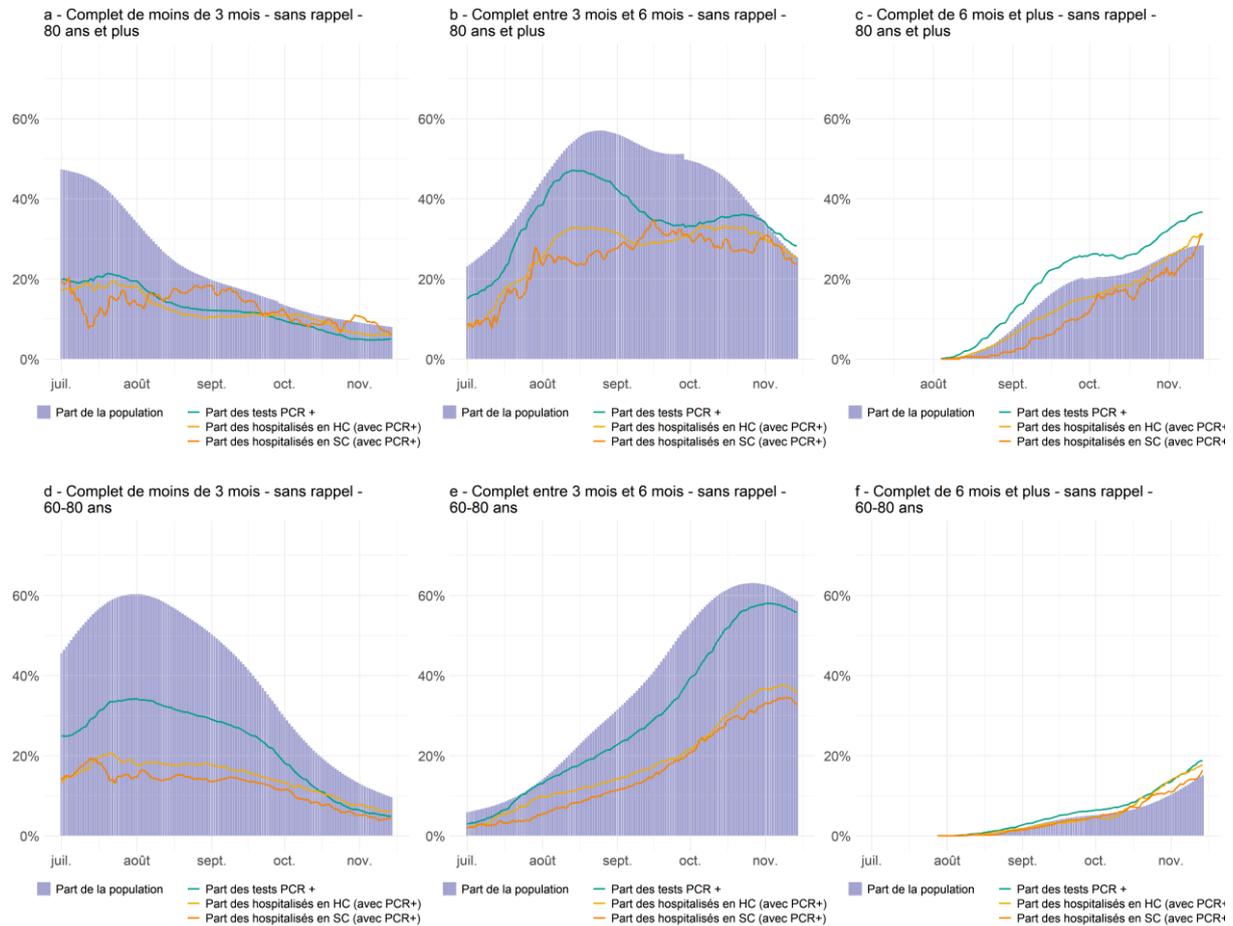
Lecture : mi-novembre, parmi les 60-80 ans, 15 % ont un statut vaccinal complet depuis plus de 6 mois sans rappel et 7 % ont un statut complet de plus de six mois avec un rappel, les premiers représentent 18 % des hospitalisations conventionnelles où un test PCR a été identifié et les seconds n'en représentent que 2 %.

En l'absence de rappel, l'effet protecteur de la vaccination s'érode un peu avec l'ancienneté de la vaccination

Parmi les personnes complètement vaccinées sans rappel, la comparaison de la répartition des populations et des entrées hospitalières ou des tests positifs selon l'ancienneté de l'obtention du schéma complet (depuis moins de 3 mois, entre 3 et 6 mois, depuis plus de 6 mois) montre un accroissement de l'incidence avec l'ancienneté (graphiques 2. a à f). Ce constat est toutefois établi sans tenir compte des différences de caractéristiques entre différents statuts vaccinaux pour une tranche

d'âge vingtennaire donnée (les personnes vaccinées tôt dans la campagne n'ont pas nécessairement les mêmes caractéristiques que celles qui ont reçu leurs injections plus récemment).

Graphiques 2. a à f : Évolution de la part de la population, des tests PCR positifs et des entrées hospitalières selon l'ancienneté de l'obtention d'un schéma complet (sans rappel)



Sources : appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI ; populations Insee estimées au 1^{er} janvier 2021. Calculs DREES. Données extraites le 23 novembre 2021.

Lecture : mi-novembre, parmi les personnes de 80 ans et plus (graphiques a, b et c), la part des personnes complètement vaccinées depuis moins de 3 mois et n'ayant pas effectué de rappel est légèrement inférieure à 10 % (hauteur des barres grises). La part de ces personnes au sein des personnes de cet âge testées positives (courbe verte), entrées en hospitalisation conventionnelle (courbe jaune) et en soins critiques (courbe orange) est un peu inférieure.

En tenant compte des structures démographiques et de l'intensité épidémique, les risques relatifs d'hospitalisation sont nettement réduits par l'injection d'une dose de rappel à plus de 6 mois

Au-delà des statistiques descriptives des tests positifs et des taux d'entrées hospitalières à taille de population comparable, l'élaboration d'une régression logistique sur les données agrégées depuis la fin du mois de mai 2021 permet d'estimer les effets spécifiques de la vaccination sur le risque d'entrée à l'hôpital selon les différents statuts à catégorie d'âge vingtennal, région de résidence et date donnés. Elle donne ainsi une évaluation de la protection vaccinale pour chaque statut. La protection vaccinale est estimée comme la réduction de risque d'hospitalisation par rapport au risque encouru sans injection. Ainsi une protection de 95 % pour une personne vaccinée signifie que son risque d'être hospitalisé est inférieur de 95 % (soit $1 / (1 - 0,95) = 20$ fois moins) au risque encouru en l'absence de vaccination (toutes autres caractéristiques égales par ailleurs). La régression mise en œuvre offre une estimation des risques relatifs d'hospitalisation à partir des premières données disponibles selon le rappel et l'ancienneté de la vaccination en neutralisant notamment les effets de structure d'âge des catégories de population concernées (voir annexe - Description du modèle d'estimation des risques d'hospitalisation). Cette méthode est réalisable à partir des données telles qu'elles sont publiées en open data : un modèle un peu plus raffiné, mobilisant le croisement âge x région, est ici analysé mais une modélisation sur la base des seules données publiques donne des résultats tout à fait similaires.

Cette modélisation conduit ainsi à estimer la réduction de risque d'hospitalisation qu'apporte chaque statut vaccinal (une dose récente ou efficace, vaccination complète depuis moins de 3 mois, 3 à 6 mois, plus de 6 mois sans rappel ou rappel après plus de 6 mois) par rapport à l'absence de vaccin (graphique 3). Les coefficients estimés ne montrent pas directement un risque d'hospitalisation, mais un risque relatif ou ratio de risque entre les modalités. En effet, relativement au risque d'entrer en hospitalisation conventionnelle pour un non-vacciné de 80 ans et plus (risque fixé à 1 par convention dans l'estimation et le graphique 3), le risque d'une personne de 80 ans et plus avec un schéma vaccinal complet de moins de 3 mois est environ 7 fois moindre puisque l'effet protecteur pour cette classe d'âge est d'environ 85 %². Par ailleurs, la première dose de vaccin apporte dès son administration une protection importante : l'efficacité durant les 14 premiers jours est d'environ 50 % et elle atteint 80 % ensuite, avant l'obtention de la deuxième dose.

Les paramètres associés aux autres statuts vaccinaux confirment la **perte de protection du vaccin au court du temps pour les plus de 60 ans** : elle se mesure par l'écart entre le risque relatif pour les personnes complètement vaccinées depuis moins de 3 mois sans rappel et pour celles vaccinées depuis plus de 6 mois sans rappel). Si cette érosion de la protection du schéma complet est constatée pour toutes les classes d'âge, elle est bien plus modérée pour les moins de 60 ans que pour les seniors. D'autre part, **le rappel réduit fortement le risque d'hospitalisation pour les personnes vaccinées depuis plus de 6 mois** (écart entre les coefficients associés aux modalités vaccination complète depuis plus de 6 mois avec ou sans rappel).

² En effet, le risque relatif est dans ce cas égal à $1 / (1 - 0,85) = 7$ car l'effet protecteur de la vaccination est défini comme la réduction du risque pour la population vaccinée par rapport à la population non vaccinée.

Il faut souligner que les estimations de risques relatifs présentées ci-dessous sont obtenues à partir de données exhaustives et non contrôlées³ et ne constituent pas la mesure idéale qui pourrait être menée. Certaines limites importantes peuvent conduire à des révisions des résultats dans les prochaines semaines en raison notamment des facteurs suivants :

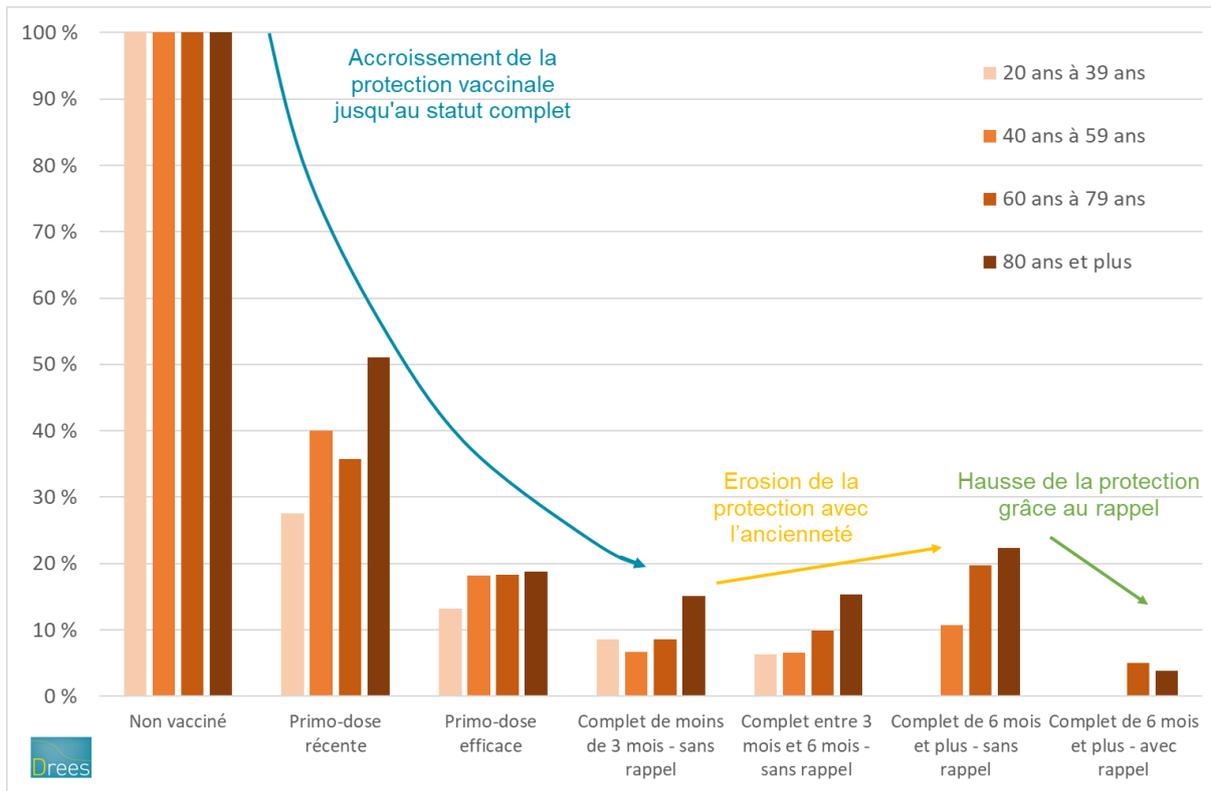
- biais de sélection : au-delà des dates d'ouverture administrative en fonction de l'âge, les biais de sélection des personnes vaccinées sur la base de l'initiative personnelle peuvent être importants, les personnes qui décident de se faire vacciner ou de faire un rappel peuvent avoir des caractéristiques non observées différentes des autres (fragilité sanitaire, inquiétude, comportements plus ou moins risqués) ;
- comorbidités : aucune information sur les comorbidités n'a été prise en compte à ce stade mais cette information pourra être exploitée dans des analyses ultérieures ;
- infections antérieures : de la même façon que les comorbidités, cette information n'a pas été prise en compte dans cette analyse ;
- nouvelles données à venir : l'ouverture des rappels étant récente et les entrées hospitalières, notamment en soins critiques, étant peu fréquentes, les résultats sont sujets à une certaine volatilité liée à l'arrivée de nouvelles données. Les observations des semaines à venir, notamment avec le contexte de la cinquième vague, pourront préciser et amèneront nécessairement à des révisions des résultats ;
- spécification du modèle : la modélisation et notamment les variables explicatives retenues pourront être améliorées pour affiner la précision de l'estimation (par exemple en prenant des catégories d'âge plus fines sans que les effectifs concernés ne soient trop faibles pour certains statuts vaccinaux, en ajoutant ou retirant certains paramètres croisés entre variables, âge et statut vaccinal par exemple).

Une modélisation du risque de passage en soins critiques similaire à celle développée pour les hospitalisations conventionnelles est également proposée (graphique 4). Elle souffre toutefois d'autant plus fortement des limites détaillées ci-dessus que le nombre d'entrées en soins critiques observées jusqu'à présent demeure faible, ce qui rend les estimations plus fragiles que la modélisation sur les hospitalisations conventionnelles.

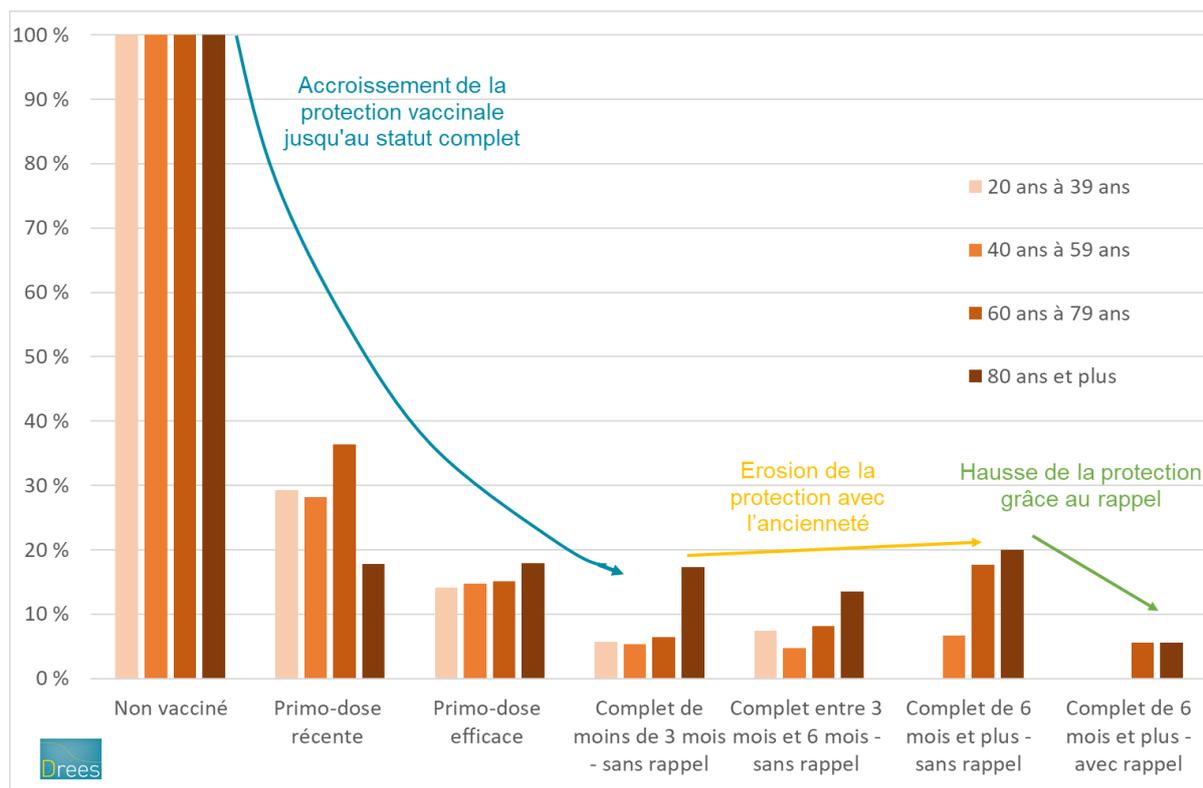
En outre, en raison de l'ouverture jusqu'à présent aux seules personnes de 65 ans et plus du rappel vaccinal, hors situations particulières, les effectifs des personnes de moins de 60 ans avec rappel sont trop peu nombreux pour estimer de façon fiable un risque relatif d'hospitalisation pour ces catégories d'âge (tableau A1 de l'annexe).

³ Des estimations contrôlées du type de celles utilisées pour déterminer l'efficacité d'un traitement reposent sur des processus d'estimation où l'affectation des patients entre les catégories traitées ou non est très encadrée. Dans les schémas expérimentaux, cette affectation est réalisée de façon aléatoire (et non sur la base du souhait personnel des patients) dans le but de limiter les hétérogénéités entre les échantillons traités et non traités.

Graphique 3 : Risque relatif d'hospitalisation conventionnelle en fonction du statut vaccinal et de l'âge



Sources : DREES, appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI. Modélisation DREES à partir des observations du 31 mai 2021 au 14 novembre 2021. Entrées en hospitalisation conventionnelle pour lesquelles un test positif a été identifié dans SI-DEP.

Graphique 4 : Risque relatif d'entrée en soins critiques en fonction du statut vaccinal et de l'âge

Sources : DREES, appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI. Modélisation DREES à partir des observations du 31 mai 2021 au 14 novembre 2021. Entrées en hospitalisation conventionnelle pour lesquelles un test positif a été identifié dans SI-DEP.

Malgré ces limites, les estimations actuelles proposées dressent les constats suivants pour les adultes de 20 ans et plus (tableau 3) :

- la protection vaccinale initiale du schéma complet est élevée pour toutes les classes d'âge en soins critiques comme en hospitalisation conventionnelle, comprise entre 90 et 95 %, elle est un peu plus faible, autour de 85 % pour les personnes de 80 ans et plus.
- **cette protection semble s'atténuer légèrement au fil du temps après l'obtention du schéma complet, surtout pour les seniors, surtout pour les seniors, beaucoup moins pour les personnes de 20 à 60 ans.** Pour les personnes avec schéma complet depuis 6 mois ou plus, elle diminue à 80 % environ, perdant 10 points environ pour les 60 à 80 ans et entre 5 et 10 points pour les 80 ans et plus par rapport à la protection initiale du schéma complet, en soins critiques comme en hospitalisation conventionnelle. En revanche, elle ne s'érode que de quelques points pour les moins de 60 ans, en hospitalisation conventionnelle comme en soins critiques.
- **l'injection du rappel pour les personnes de plus de 60 ans dont le statut complet remonte à plus de 6 mois améliore la protection vaccinale à 95 % environ, soit un gain d'environ 15 points (voire près de 20 pour les 80 ans et plus) par rapport à une population vaccinée depuis plus de 6 mois sans rappel, en hospitalisation conventionnelle comme en soins critiques.**

Tableau 2 : estimation de niveau de protection vaccinale selon le statut et l'âge

Statut vaccinal	Tranche d'âge	20 ans et 39 ans	40 ans et 59 ans	60 ans et 79 ans	80 ans et plus
	Hospitalisation conventionnelle				
Primo dose	Primo dose récente	72	60	64	49
	Primo dose efficace	87	82	82	81
Complet sans rappel	depuis moins de 3 mois	91	93	91	85
	complet entre 3 mois et 6 mois	94	93	90	85
	complet de 6 mois et plus	n.s	89	80	78
complet avec rappel	complet de 6 mois et plus	n.s	n.s	95	96
Soins critiques					
Primo dose	Primo dose récente	71	72	64	82
	Primo dose efficace	86	85	85	82
Complet sans rappel	depuis moins de 3 mois	94	95	94	83
	complet entre 3 mois et 6 mois	93	95	92	86
	complet de 6 mois et plus	n.s	93	82	80
complet avec rappel	complet de 6 mois et plus	n.s	n.s	94	94

Sources : DREES, appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI ; populations Insee estimées au 1^{er} janvier 2021. Modélisation DREES à partir des observations du 31 mai 2021 au 14 novembre 2021. Entrées hospitalières pour lesquelles un test positif a été identifié dans SI-DEP.

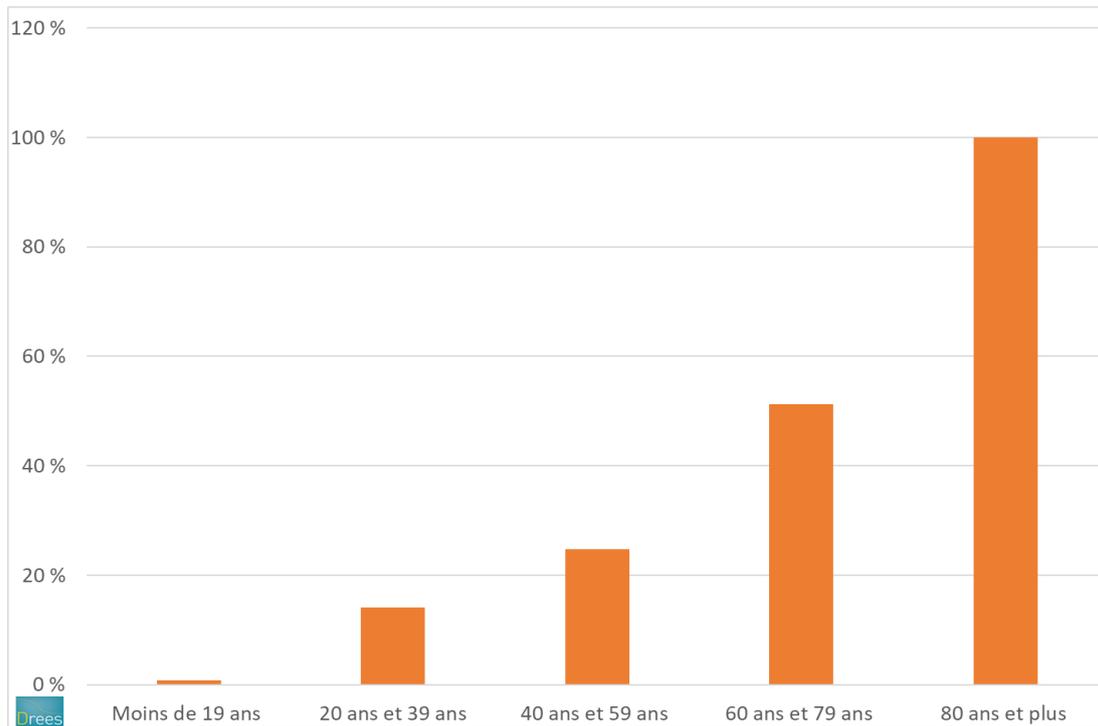
Note : pour les cases non significatives (n.s.), les effectifs des catégories ne sont pas suffisants pour obtenir une estimation robuste ou ne sont pas suffisamment comparables aux autres catégories en raison d'une forte part de personnes à risque au sein de la catégorie (cf. tableau 1).

La modélisation fournit également les risques relatifs en fonction de

- l'âge, à statut vaccinal donné, le risque augmentant fortement avec l'âge. Si cette caractéristique est bien connue, la modélisation permet d'en donner une quantification en neutralisant les différences de couverture vaccinale qui sont également très dépendantes de l'âge. En particulier, le risque d'hospitalisation est très faible pour les plus jeunes. Ce risque progresse continuellement pour l'hospitalisation conventionnelle jusqu'à plus de 80 ans (graphique 5). En revanche pour l'hospitalisation en soins critiques, c'est entre 60 et 80 ans que le risque maximal est atteint (graphique 6), ce constat est cohérent avec les analyses antérieures sur les parcours hospitaliers⁴ ;
- la date, pour chaque région, qui reflète l'évolution de l'intensité de propagation épidémique, à nouveau en tenant compte des différences de couverture vaccinale.

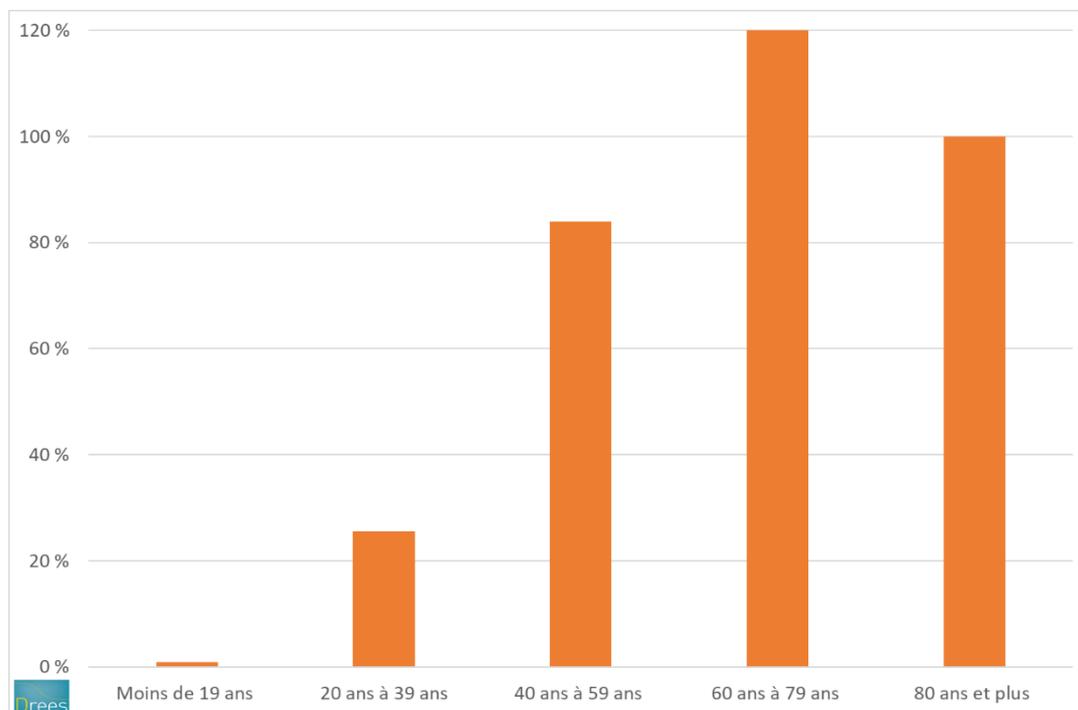
⁴ Voir par exemple le dossier de la DREES sur les *Parcours hospitaliers des patients atteints de la Covid-19 de mars 2020 à janvier 2021*, <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/publications/les-dossiers-de-la-drees/parcours-hospitaliers-des-patients-atteints-de-la-covid-19-de>

Graphique 5 : Risque relatif d'entrée en hospitalisation conventionnelle selon l'âge, pour une personne non vaccinée



Sources : DREES, appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI. Modélisation DREES à partir des observations du 31 mai 2021 au 14 novembre 2021. Entrées en hospitalisation conventionnelle pour lesquelles un test positif a été identifié dans SI-DEP.

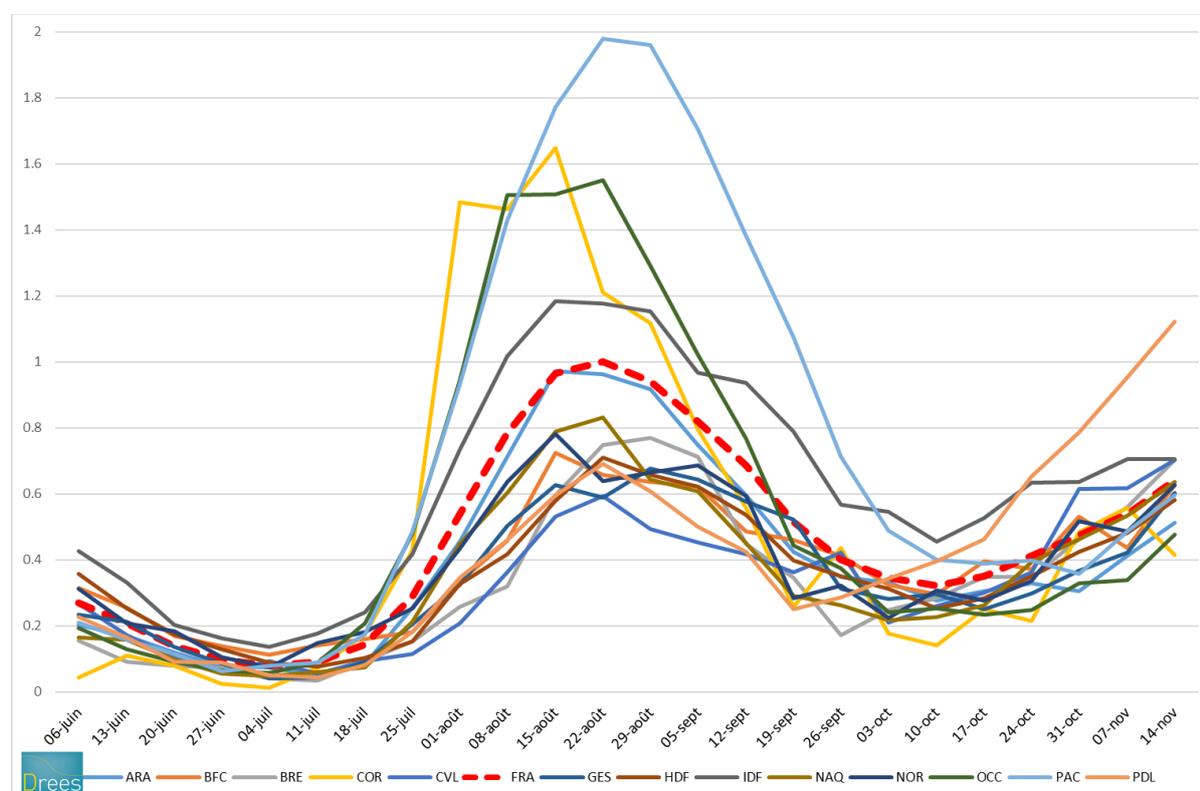
Graphique 6 : Risque relatif d'entrée en soins critiques selon l'âge, pour une personne non vaccinée



Sources : DREES, appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI. Modélisation DREES à partir des observations du 31 mai 2021 au 14 novembre 2021. Entrées en hospitalisation conventionnelle pour lesquelles un test positif a été identifié dans SI-DEP.

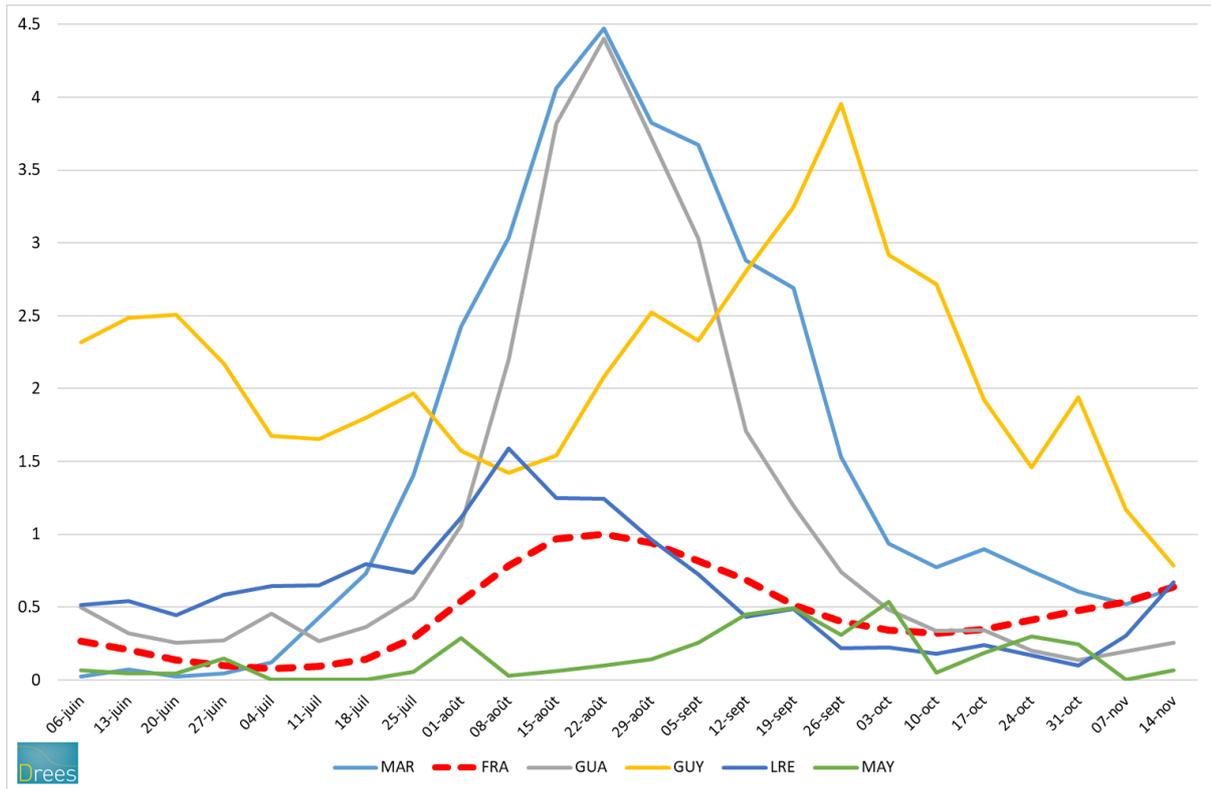
Les graphiques 7 et 8 représentent les risques spatio-temporels d'hospitalisation liée au Covid-19, comparativement à un risque de référence correspondant à celui du dernier pic épidémique (survenu mi-août 2021) dans l'ensemble de la France métropolitaine. Plus précisément, il s'agit du risque résiduel après avoir ôté la contribution des risques relatifs liés à l'âge et au statut vaccinal. Ces risques résiduels traduisent l'intensité de la propagation et de la contamination du Sars-Cov2 au cours du temps dans les différentes régions (qui peut être liée à de nombreux facteurs, par exemple respect des mesures de distanciation sociale, conditions météorologiques, etc.) sans toutefois tenir compte de la réponse immunitaire individuelle (dépendant de l'âge et du statut vaccinal) : cela explique la différence avec le taux d'hospitalisation qui, lui, dépend de la composition (en termes d'âge et de statut vaccinal) de la population concernée.

Graphique 7 : Risque relatif d'hospitalisation dans les régions de France métropolitaine



Sources : DREES, appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI. Modélisation DREES à partir des observations du 31 mai 2021 au 14 novembre 2021. Entrées en hospitalisation conventionnelle pour lesquelles un test positif a été identifié dans SI-DEP.

Graphique 8 : Risque relatif d'hospitalisation dans les régions d'Outre-mer



Sources : DREES, appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI. Modélisation DREES à partir des observations du 31 mai 2021 au 14 novembre 2021. Entrées en hospitalisation conventionnelle pour lesquelles un test positif a été identifié dans SI-DEP.

Pourquoi la proportion de personnes vaccinées entrant à l'hôpital augmente-t-elle avec la couverture vaccinale (et donc avec le temps depuis le début de l'année 2021) ?

Depuis les premières publications des données d'entrées à l'hôpital selon le statut vaccinal, la proportion des patients vaccinés parmi les hospitalisés n'a cessé de croître jusqu'à dépasser récemment la moitié (entre le 8 et le 14 novembre, les personnes complètement vaccinées représentent 72 % des tests PCR positifs, 56 % des entrées en hospitalisation conventionnelle et 48 % en soins critiques pour lesquelles un test PCR positif a été identifié). Ce résultat peut paraître surprenant et difficile à comprendre au premier abord quand l'efficacité des vaccins est estimée à des niveaux proches de 90 % ou qu'il y a environ 10 fois plus de patients non-vaccinés que complètement vaccinés entrant à l'hôpital à taille de population comparable. Pour autant, dans un contexte d'accroissement de la couverture vaccinale (c'est-à-dire la part de la population vaccinée), cette évolution est mécanique et s'observe alors même que l'efficacité vaccinale peut être très proche de 100 %.

Un premier exemple schématique aide à s'en convaincre :

- imaginons une population de 100 000 personnes exposées au virus conduisant à une entrée à l'hôpital dans 20 % des cas chaque semaine. Cette population se fait progressivement vacciner avec un vaccin efficace à 90 % contre le risque d'hospitalisation et la couverture vaccinale augmente progressivement de 0 à 90 % ;
- lorsque personne n'est encore vacciné, il y a 20 000 (20 % x 100 000) entrées hospitalières de non-vaccinés par semaine ;
- lorsque le taux de couverture atteint 40 %, soit 4 personnes sur 10 qui sont vaccinées, il y a $40\,000 \times \underbrace{20\%}_{\text{Risque d'hospitalisation}} \times \underbrace{(1 - 90/100)}_{\text{Réduction de risque par le vaccin}} = 800$ hospitalisations de patients vaccinés et 12 000 (20 % x 60 000) hospitalisations de non-vaccinés, soit 12 800 entrées par semaine. La part des vaccinés parmi les patients entrant à l'hôpital est de $800 / 12\,800 = 6\%$.
- lorsque le taux de couverture atteint 90 %, $90\,000 \times 20\% \times (1 - 90/100) = 1\,800$ patients vaccinés entrent à l'hôpital contre 2 000 patients non-vaccinés chaque semaine, soit une proportion de près de la moitié de vaccinés parmi les 3 800 entrants. Une illustration de cette situation comme de la précédente où le taux de couverture était de 40 % est donnée par le graphique A ;
- au-delà de la variation de la proportion de vaccinés entrant à l'hôpital, il faut souligner que le nombre de patients hospitalisés diminue fortement (de 12 800 à 3 800 dans cet exemple) avec l'accroissement de la couverture vaccinale.

Graphique A – Répartition des entrées hospitalières selon le taux de couverture



Illustration schématique uniquement fondée sur la modélisation didactique présentée.

Plus précisément, la part des personnes vaccinées parmi les individus hospitalisés évolue *via* deux facteurs à mesure que la couverture vaccinale augmente :

- d'une part, au numérateur le nombre de personnes hospitalisées qui sont vaccinées augmente puisque le nombre total de personnes vaccinées augmente ;
- d'autre part, au dénominateur, le nombre total de personnes hospitalisées diminue puisque les personnes en passant de « non vaccinées » à « vaccinées » réduisent leur risque d'hospitalisation.

Ces deux effets (hausse du numérateur et baisse du dénominateur) agissent donc de concert pour faire augmenter le taux de personnes hospitalisées qui sont vaccinées à mesure que la couverture vaccinale augmente.

Cette dynamique de hausse de la part des vaccinés parmi les hospitalisés avec la couverture vaccinale est déterminée par l'efficacité vaccinale. En effet, considérons la situation suivante où :

- e est l'efficacité du vaccin (90 % dans l'exemple précédent) ;
- r est le risque d'être hospitalisé pour une personne non vaccinée (20 % chaque semaine dans l'exemple précédent)
- t est la couverture vaccinale de la population ;
- N est le nombre de personnes dans la population (100 000 précédemment).

Le nombre de personnes vaccinées hospitalisées vaut :

$$N \times t \times r \times (1 - e)$$

Le nombre de personnes non-vaccinées hospitalisées vaut :

$$N \times (1 - t) \times r$$

Ainsi, le taux de personnes vaccinées parmi les personnes infectés / hospitalisés vaut :

$$Taux_{vacc} = \frac{N \times t \times r \times (1 - e)}{N \times t \times r \times (1 - e) + N \times (1 - t) \times r} = \frac{t - t \times e}{1 - t \times e}$$

Les abaques suivants (graphique B) illustrent donc la relation entre ces trois paramètres.

Graphique B – Relation entre taux de couverture vaccinale et part des patients vaccinés parmi les hospitalisés, en fonction de l'efficacité vaccinale

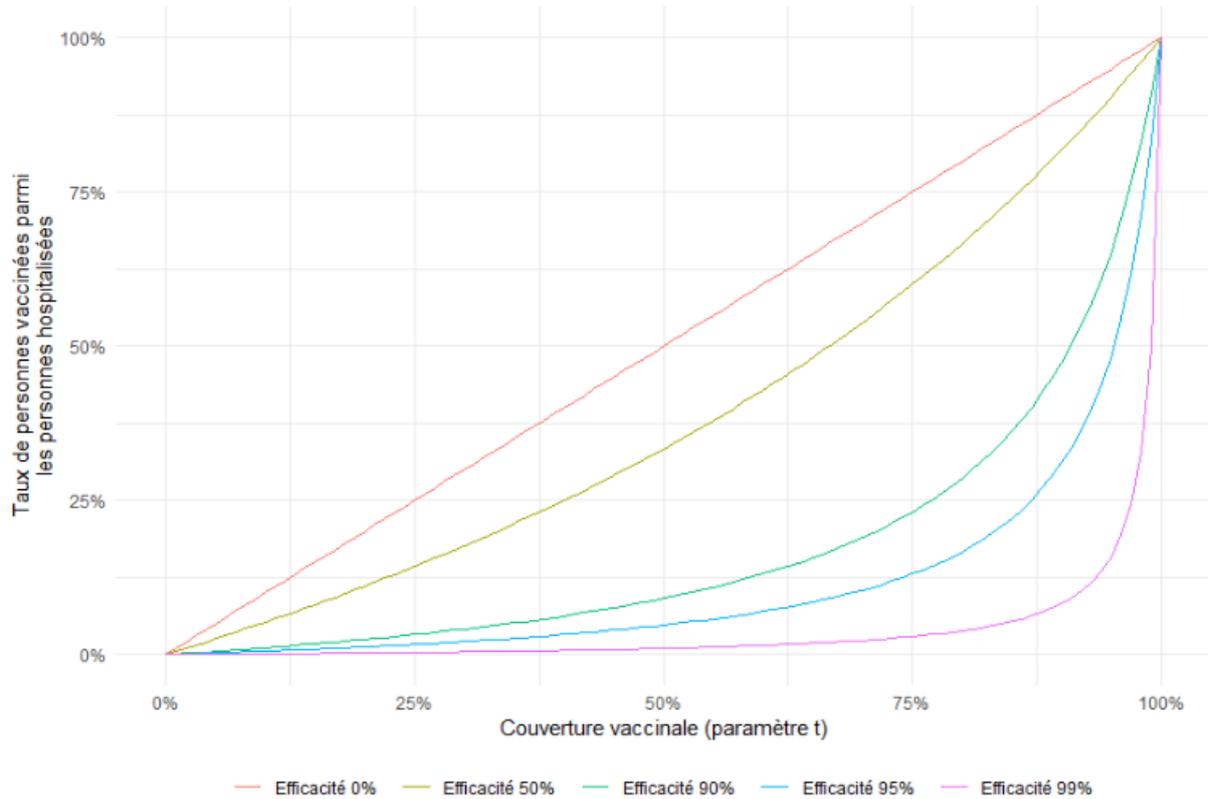


Illustration schématique uniquement fondée sur la modélisation didactique présentée.

Ainsi, quelle que soit l'efficacité du vaccin, le taux de personnes vaccinées parmi les hospitalisés augmente à mesure que la couverture vaccinale augmente. En revanche, le rythme de cette évolution diffère avec l'efficacité vaccinale : ainsi, si le vaccin est très efficace, le taux de personnes vaccinées parmi les hospitalisés augmentera d'abord faiblement à mesure que la couverture vaccinale croîtra, puis beaucoup plus vite lorsque les dernières personnes non vaccinées le seront.

Annexe - Définitions et méthodes

Les résultats présentés ici sont issus de l'exploitation des appariements entre les données de :

- SI-VIC, base de données sur les hospitalisations conventionnelles ou en soins critiques (réanimation, soins intensifs et soins continus) de patients, **hospitalisés pour ou positifs au test Covid-19**.
- SI-DEP, base de données sur les résultats des tests de dépistage du virus SARS-CoV-2,
- VAC-SI, base de données sur les vaccinations Covid-19.

Les données utilisées portent sur la **période du 31 mai au 14 novembre 2021** et ont été extraites le 23 novembre.

Les décomptes issus de l'appariement des trois bases **SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI** portent sur des personnes dont l'âge est renseigné. De plus, les événements hospitaliers (entrée en hospitalisation conventionnelle, entrée en soins critiques, décès) sont comptabilisés en date de survenue. À l'exception des colonnes « Admissions et décès hospitaliers – Ensemble » du tableau 1, toutes les statistiques d'événements hospitaliers présentées sont établies sur des personnes pour lesquelles au moins un test RT-PCR positif a été identifié entre 21 jours avant l'hospitalisation et 21 jours après l'événement hospitalier (ou la date d'extraction des données pour les statistiques les plus récentes). Cette restriction de champ aux patients admis à l'hôpital ou décédés pour lesquels un test positif a été identifié explique l'écart constaté entre les colonnes « Ensemble » et « dont RT-PCR positive » de la partie « Admissions et décès hospitaliers ».

Les décomptes issus de l'appariement des deux bases **SI-DEP et VAC-SI** portent sur des nombres de tests RT-PCR en date de prélèvement durant la même période que les statistiques d'hospitalisation et de couverture vaccinale.

Les dénombrements de tests (nombre et résultats positifs) ne sont pas dédoublonnés au-delà de la journée. Autrement dit, lorsqu'une personne réalise plusieurs tests RT-PCR à des dates différentes, les nombres de tests et les positifs associés sont comptés à chaque fois dans les effectifs et ratios. Par ailleurs, on considère comme symptomatiques les personnes dont la variable associée dans SI-DEP indique la présence de symptômes ; les autres pouvant être asymptomatiques ou sans information connue.

Les **décès** dénombrés de patient positifs Covid-19 sont ceux survenus à l'hôpital (y compris dans d'autres services que ceux d'hospitalisation conventionnelle et de soins critiques, **et que le Covid-19 soit le motif d'hospitalisation ou non**), enregistrés dans SI-VIC et **concernant les seuls patients admis à l'hôpital après le 15 mai** - dans le but de centrer l'analyse sur les événements débutés à compter de la quatrième vague épidémique. En pratique, les nombres de décès sur la période sous revue (qui débute en juillet) de personnes admises à l'hôpital avant le 15 mai sont très faibles. Par ailleurs, les dénombrements ici présentés (colonne « décès / ensemble » du tableau 1) sont en date de survenue et issus des appariements ; ils ne coïncident donc pas avec les données non appariées et en date d'enregistrement que publie Santé publique France.

En concordance avec les choix effectués par Santé publique France s'agissant des grandes catégories⁵, le **statut vaccinal** des patients a été défini suivant quatre modalités dont les contours varient suivant le vaccin utilisé et l'antécédent de Covid-19 des patients :

pour les vaccinations sans antécédent de Covid-19 avec vaccins non monodose (hors Janssen) :

- Non vacciné (0) : personne n'ayant jamais reçu d'injection de vaccin contre le Sars-Cov-2
- Primo dose récente (1-) : personne ayant reçu une première dose depuis 14 jours ou moins
- Primo dose efficace (1+) : personne ayant reçu une première dose depuis plus de 14 jours ou ayant reçu une deuxième dose depuis 7 jours ou moins
- Vaccination complète (C) : personne ayant reçu une deuxième dose⁶ depuis plus de 7 jours

pour les vaccinations sans antécédent de Covid-19 avec vaccin mono dose (Janssen) :

- Non vacciné (0) : personne n'ayant jamais reçu d'injection de vaccin contre le Sars-Cov-2
- Primo dose récente (1-) : personne ayant reçu une dose de Janssen depuis 14 jours ou moins
- Vaccination complète (C) : personne ayant reçu dose de Janssen depuis plus de 14 jours

pour les vaccinations avec antécédent de Covid-19 :

- Non vacciné (0) : personne avec antécédent n'ayant jamais reçu d'injection de vaccin contre le Sars-Cov-2
- Primo dose récente (1-) : personne avec antécédent ayant reçu une dose depuis 7 jours ou moins
- Vaccination complète (C) : personne avec antécédent ayant reçu une dose depuis plus de 7 jours

Dans tous les cas, la catégorie « vaccination complète (C) » est séparée en deux sous-groupes, eux-mêmes étant chacun séparés en trois sous-groupes :

- personnes n'ayant pas effectué d'injection de rappel :
 - personnes ayant obtenu le statut vaccinal complet depuis moins de 3 mois ;
 - personnes ayant obtenu le statut vaccinal complet depuis plus de 3 mois et moins de 6 mois ;
 - personnes ayant obtenu le statut vaccinal complet depuis plus de 6 mois ;
- personnes ayant effectué une injection de rappel :
 - personnes ayant obtenu le statut vaccinal complet depuis moins de 3 mois ;
 - personnes ayant obtenu le statut vaccinal complet depuis plus de 3 mois et moins de 6 mois ;
 - personnes ayant obtenu le statut vaccinal complet depuis plus de 6 mois.

L'identification du statut vaccinal est faite à partir des informations sur les injections dans la base VAC-SI. Une note méthodologique, associée à la publication de la Drees du 29 octobre dernier, détaille les améliorations du traitement appliqué depuis cette date. Elle détaille notamment comment sont prises en compte les observations des patients ne pouvant être retrouvés dans les bases VAC-SI.

⁵ En revanche, s'agissant de la décomposition des personnes vaccinées en fonction de l'ancienneté depuis l'obtention du statut vaccinal complet, il n'existe pas à notre connaissance de typologie standard à ce stade.

⁶ Ou une troisième dose s'agissant des personnes immunodéprimées.

Au final, la population résidant en France se décompose comme indiqué dans le tableau A1. Le rappel n'étant, jusqu'à présent, généralement autorisé qu'à partir de 6 mois après l'obtention d'un schéma complet, les catégories de personnes ayant obtenu un schéma complet depuis moins de 6 mois ainsi qu'un rappel ne sont pas retenues dans les présentations de cette étude en raison de leur faible part dans la population et de leur caractère très spécifique.

Tableau A1 : Répartition de la population française selon le statut vaccinal et l'âge (moyenne entre le 18 octobre et le 14 novembre 2021)

Statut vaccinal	Population résidente française par âge					Population résidente selon statut vaccinal
	Moins de 19 ans	20 ans et 39 ans	40 ans et 59 ans	60 ans et 79 ans	80 ans et plus	
	Effectif					
Non-vaccinés	11 220 296	2 052 634	1 879 968	945 133	264 069	16 362 100
Primo dose récente	72 448	114 550	65 688	27 117	7 531	287 334
Primo dose efficace	211 449	406 725	259 735	194 540	111 486	1 183 936
Complet de moins de 3 mois - sans rappel	3 234 645	5 606 304	4 037 130	1 352 890	331 957	14 562 925
Complet entre 3 mois et 6 mois - sans rappel	1 376 880	7 179 782	9 920 895	8 180 425	1 052 088	27 710 070
Complet de 6 mois et plus - sans rappel	5 759	405 298	1 048 360	2 111 383	1 174 427	4 745 226
Complet de moins de 3 mois - avec rappel	917	3 406	6 434	17 797	15 954	44 507
Complet entre 3 mois et 6 mois - avec rappel	1 169	12 181	57 735	127 605	40 209	238 899
Complet de 6 mois et plus - avec rappel	441	24 819	110 991	1 001 046	1 134 947	2 272 244
Ensemble	16 124 004	15 805 698	17 386 935	13 957 936	4 132 668	67 407 241

Source : VAC-SI ; populations Insee estimées au 1^{er} janvier 2021. Calculs Drees. Données extraites le 23 novembre 2021.

Les **taux de couverture vaccinale** utilisés ici ont été estimés par la DREES en mobilisant, pour les numérateurs, la source VAC-SI. Pour approcher le lieu de résidence lorsque celui-ci n'est pas connu dans les bases, c'est le lieu de vaccination qui est pris en compte.⁷ Les populations résidentes au 1^{er} janvier 2021 estimées par l'Insee (<https://www.insee.fr/fr/statistiques/1893198>) ont été utilisées comme dénominateur des taux de couverture vaccinale. Les **effectifs de personnes non vaccinées** sont établis par différence entre la population résidente et les effectifs de personnes vaccinées.

Les dénombrements de tests, d'entrées, de décès et de population selon le statut vaccinal concernent les populations résidant en France.

⁷ L'information sur le département de résidence n'est disponible dans la version de VAC-SI mise à disposition de la DREES que sur une part des patients.

Annexe – Description du modèle d'estimation des risques d'hospitalisation

Nous décrivons ici le modèle utilisé pour calculer les risques relatifs associés aux hospitalisations avec test RT-PCR positif (abrégié en « hospitalisé » dans la suite).

L'objectif est d'estimer les risques pour un individu d'être hospitalisé en fonction des caractéristiques suivantes :

- la date (regroupée par périodes de 7 jours) ;
- la région (13 régions métropolitaines et 5 régions d'Outre-mer) ;
- le statut vaccinal (précisant l'ancienneté et l'injection ou non d'un rappel) ;
- l'âge (par tranche de vingt ans).

Une distinction entre entrée en hospitalisation conventionnelle et en soins critiques est également introduite. Dans les précisions qui suivent, par souci de clarté, on parle de façon générique du risque d'hospitalisation dans son ensemble.

Pour construire le modèle, deux principales hypothèses sont faites : la première est que l'influence spatio-temporelle (date et région), correspondant à l'évolution de l'épidémie, est indépendante de l'influence des caractéristiques inhérentes à l'individu (âge et statut vaccinal). Cela signifie que la probabilité pour l'individu d'être hospitalisé est de la forme :

$$\text{Probabilité}(\text{hospitalisation}) = \text{risque}(\text{date, région}) \times \text{risque}(\text{âge, statut vaccinal}),$$

avec un risque par couple date-région et un risque par couple âge-statut vaccinal.

La deuxième hypothèse est, qu'après prise en compte des quatre facteurs étudiés, les hospitalisations des différents individus sont indépendantes entre elles, c'est à dire que sachant les quatre facteurs pour les individus ind_1, \dots, ind_n :

$$\begin{aligned} \text{Probabilité}(ind_1 \text{ à } ind_n \text{ sont hospitalisés}) \\ = \text{Probabilité}(ind_1 \text{ hospitalisé}) \times \dots \times \text{Probabilité}(ind_n \text{ hospitalisé}). \end{aligned}$$

En notant pour chaque valeur de date, région, âge et statuts vaccinaux :

- $n(\text{date, région, âge, statut vaccinal})$ le nombre d'individus hospitalisés associé,
- $N(\text{date, région, âge, statut vaccinal})$ le nombre total d'individus (non nécessairement hospitalisés) associé,

sous les deux hypothèses précédemment citées, il découle que $n(\text{date, région, âge, statut vaccinal})$ est la réalisation d'une variable aléatoire de loi binomiale :

$$\text{Binomiale}(N(\text{date, région, âge, statut vaccinal}), \text{risque}(\text{date, région}) \times \text{risque}(\text{âge, statut vaccinal})),$$

et puisque le ratio $n(\text{date, région, âge, statut vaccinal}) / N(\text{date, région, âge, statut vaccinal})$ est très faible, cette loi binomiale peut très bien être approximée par une loi de Poisson :

$$\text{Poisson}(N(\text{date, région, âge, statut vaccinal}) \times \text{risque}(\text{date, région}) \times \text{risque}(\text{âge, statut vaccinal})),$$

de vraisemblance :

$$\frac{(N(\text{date, région, âge, statut vaccinal}) \text{risque}(\text{date, région}) \text{risque}(\text{âge, statut vaccinal}))^{n(\text{date, région, âge, statut vaccinal})}}{n(\text{date, région, âge, statut vaccinal})! e^{N(\text{date, région, âge, statut vaccinal}) \text{risque}(\text{date, région}) \text{risque}(\text{âge, statut vaccinal})}}$$

Ainsi on déduit que, à une constante additive, l'opposé de la log-vraisemblance de $n(\text{date, région, âge, statut vaccinal})$ est :

$$N(\text{date, région, âge, statut vaccinal}) \text{risque}(\text{date, région}) \text{risque}(\text{âge, statut vaccinal}) \\ - n(\text{date, région, âge, statut vaccinal}) \log(\text{risque}(\text{date, région}) \text{risque}(\text{âge, statut vaccinal})).$$

Grace à la deuxième hypothèse, les nombres d'observations $n(\text{date, région, âge, statut vaccinal})$ sont indépendants. À une constante additive près, l'opposé de la log-vraisemblance de l'ensemble des données est :

$$\sum_{\substack{\text{date, région,} \\ \text{âge, statut vaccinal}}} N(\text{date, région, âge, statut vaccinal}) \text{risque}(\text{date, région}) \text{risque}(\text{âge, statut vaccinal}) \\ - n(\text{date, région, âge, statut vaccinal}) \log(\text{risque}(\text{date, région}) \text{risque}(\text{âge, statut vaccinal})).$$

Ainsi les risques estimés sont obtenus en choisissant les $\text{risque}(\text{date, région})$ et $\text{risque}(\text{âge, statut vaccinal})$ minimisant cette somme. Précisément les risques ont été obtenu *via* la bibliothèque *stats* de R par le modèle :

```
glm(effectif_hospit ~ offset(log(effectif_total)) + date:region + age:statut:type, family="poisson", data=donnees),
```

où « *donnees* » est la table de données issues de l'appariement, agrégées par date, région, âge, type d'hospitalisation et statut vaccinal.

Enfin les risques relatifs sont obtenus en divisant les risques des différentes catégories par le risque de la catégorie de référence.