

Le 3 décembre 2021

Si la hausse des tests positifs touche tous les statuts vaccinaux, les nombres de tests positifs à taille de population comparable demeurent bien plus élevés pour les non-vaccinés

Appariements entre les bases SI-VIC, SI-DEP et VAC-SI jusqu'au 21 novembre 2021

Entre le 25 octobre et le 21 novembre, les 10 % de personnes non vaccinées représentent près de 30 % des tests PCR positifs symptomatiques et plus de 40 % des hospitalisations et des décès. Si les nombres de tests et d'hospitalisations à taille de population comparable croissent depuis quelques semaines pour toutes les catégories selon le statut vaccinal, les niveaux de tests positifs et d'entrées hospitalières sont toujours bien plus élevés pour les personnes non vaccinées que pour les personnes vaccinées sans rappel et plus encore que pour celles avec rappel.

Au-delà des statistiques descriptives, une modélisation appliquée sur les tests PCR symptomatiques positifs ainsi que sur les hospitalisations permet d'estimer des ratios de risque entre les différents statuts vaccinaux, en neutralisant notamment les effets de structure par âge. Cette modélisation présente toutefois certaines limites : en particulier, on ne dispose pas de certaines caractéristiques des personnes (comorbidités, infections antérieures) susceptibles d'influer sur les risques estimés. Malgré ces limites, les estimations 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 pour les soins critiques comme pour l'hospitalisation conventionnelle, comprise entre 90 et 95 % (sauf pour les 80 ans et plus où elle avoisine 85 %), et contre les infections symptomatiques (entre 80 et 85 % pour toutes les classes d'âge) ;
- sur les hospitalisations, cette protection semble s'atténuer légèrement au fil du temps après l'obtention du schéma complet, surtout pour les seniors, moins pour les personnes de 20 à 60 ans. **La protection vaccinale s'érode en revanche beaucoup plus pour ce qui concerne les infections symptomatiques, ce pour toutes les classes d'âge** : la protection perd entre 20 et 30 points entre les personnes vaccinées depuis moins de 3 mois et celles vaccinées depuis plus de 6 mois sans rappel ;
- **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 plus de 90 %**, pour les infections symptomatiques comme pour les hospitalisations, soit plus que le gain de la primo-vaccination.

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

Les personnes non vaccinées sont surreprésentées parmi les tests positifs et plus encore parmi les entrées hospitalières	3
Si tous les statuts vaccinaux sont concernés par la hausse des tests et des entrées hospitalières, les risques d'infection et d'entrée hospitalière demeurent nettement plus élevés pour les personnes non-vaccinées	7
En tenant compte des structures démographiques et de l'intensité épidémique, les risques d'infection symptomatique sont nettement réduits par l'injection d'une dose de rappel à plus de 6 mois.....	8
Annexe - Définitions et méthodes.....	12
Annexe – Description du modèle d'estimation des risques d'hospitalisation	15

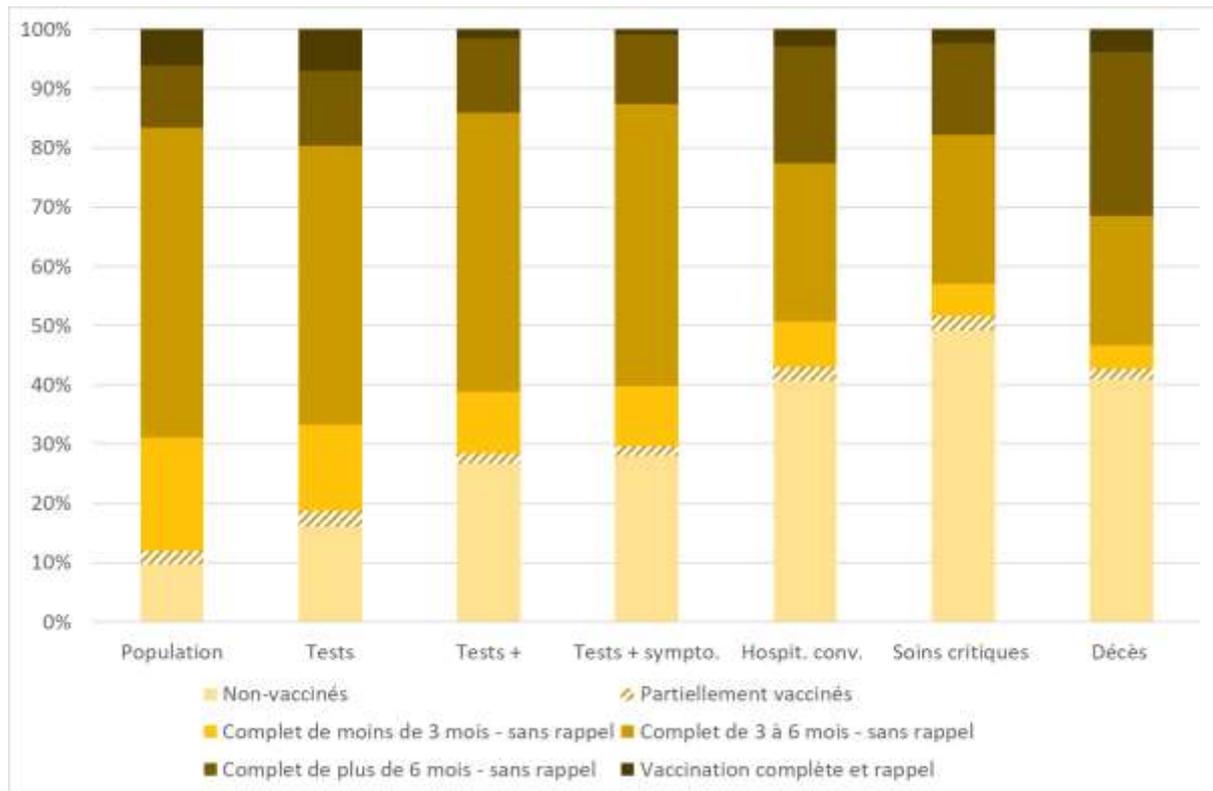
Les personnes non vaccinées sont surreprésentées parmi les tests positifs et plus encore parmi les entrées hospitalières

Les appariements entre SI-VIC, SI-DEP et VAC-SI permettent de connaître le statut vaccinal des personnes testées positives au Covid-19 ou hospitalisées en étant positives au Covid-19, en distinguant selon l'ancienneté de l'administration du vaccin le cas échéant et en tenant compte de l'existence d'un éventuel rappel (voir l'annexe Définition et méthodes pour des précisions sur les concepts).

Dans toute la publication et sauf précision contraire, notamment dans le cas d'analyses par âge, les résultats présentés concernent la population de 20 ans et plus, qui est totalement éligible à la vaccination et, depuis peu, à la dose de rappel.

Les données issues des appariements permettent ainsi de comparer le poids des différentes catégories de statut vaccinal dans l'ensemble de la population et parmi les individus atteints de Covid-19. **Ainsi, les personnes non vaccinées sont nettement surreprésentées parmi les testées positives par PCR au Covid-19, plus encore que parmi les testées, par rapport à leur part dans la population générale. Leur surreprésentation est encore plus importante parmi les personnes hospitalisées** (graphique 1). Ainsi, alors qu'elles occupent une part de 10 % de la population âgée de 20 ans et plus, elles représentent 28 % des personnes testées positives par RT-PCR et déclarant des symptômes, 41 % des personnes admises en hospitalisation conventionnelle, 49 % des entrées en soins critiques et 41 % des décès durant les 4 dernières semaines.

Graphique 1 : Répartition de la population, des tests PCR, des entrées hospitalières et des décès selon le statut vaccinal pour les personnes de 20 ans et plus

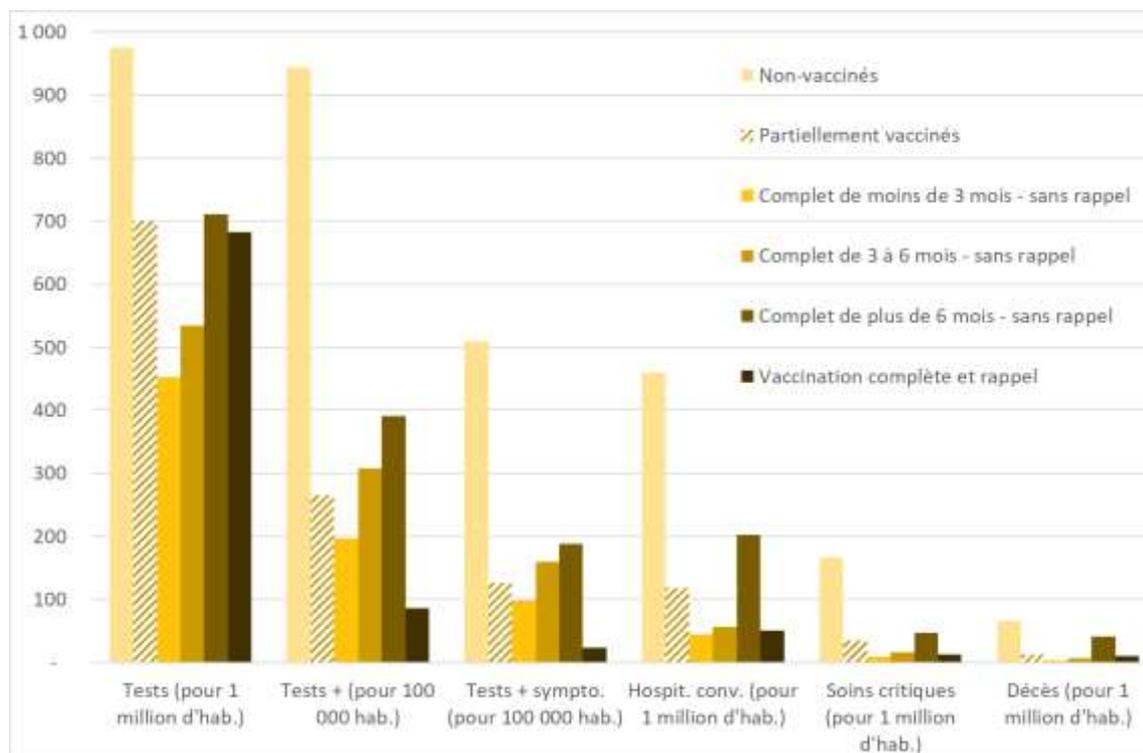


Sources : appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI ; populations Insee estimées au 1^{er} janvier 2021. Calculs DREES. Données extraites le 30 novembre 2021 pour la période du 25 octobre au 21 novembre 2021.

Lecture : entre le 25 octobre et le 21 novembre 2021, les personnes non vaccinées représentent en moyenne 10 % de la population mais un peu plus de 40 % des personnes entrées en hospitalisation conventionnelle avec Covid (barre claire).

Dès lors, le nombre d'évènements liés au Covid-19 (tests positifs, hospitalisations, décès) est largement plus important pour les non vaccinés que pour les vaccinés à taille de population comparable (graphique 2). Les personnes vaccinées depuis plus de 6 mois sont plus concernées par ces évènements associés au Covid-19 (à taille de population comparable) que celles vaccinées plus récemment. En outre, les personnes ayant reçu une injection de rappel sont moins fréquemment testées positives ou hospitalisées que celles qui n'en ont pas eu (à taille de population comparable).

Graphique 2 : Nombre de tests PCR et d'événements hospitaliers à taille de population comparable par statut vaccinal



Sources : appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI ; populations Insee estimées au 1^{er} janvier 2021. Calculs DREES. Données extraites le 30 novembre 2021 pour la période du 25 octobre au 21 novembre 2021.

Lecture : entre le 25 octobre et le 21 novembre 2021, 943 tests RT-PCR positifs (barre claire) pour 100 000 personnes non vaccinées ont été constatés contre 86 pour 100 000 personnes vaccinées avec rappel (barre marron).

Ces statistiques descriptives (rappelées dans le tableau 1 ci-après) ne constituent toutefois pas une mesure de l'efficacité vaccinale *stricto sensu* puisque les différents groupes de population comparés ne sont pas nécessairement comparables selon d'autres aspects que celui de la vaccination. Par exemple, en raison de la stratégie d'ouverture prioritaire de la vaccination, les personnes ayant été vaccinées le plus tôt dans la campagne sont également les personnes les plus âgées, dont le risque face à la Covid est le plus élevé. Ainsi, aujourd'hui, les personnes disposant d'un schéma complet sans rappel depuis plus de 6 mois sont plus âgées en moyenne que celles disposant d'un schéma vaccinal complet sans rappel depuis moins de 3 mois, et cette différence de structure d'âge peut jouer en partie sur les différences observées en matière de fréquence d'hospitalisation.

En outre, des biais de sélection existent très probablement entre les différentes catégories (existence de comorbidité, infection antérieure...), le processus de vaccination reposant en grande partie sur l'initiative personnelle.

Pour ces raisons, il convient de privilégier des modèles estimant les risques relatifs de tests positifs et d'hospitalisation à caractéristiques démographiques et épidémiques comparables, afin de mieux juger des différences d'effet protecteur entre les statuts vaccinaux (cf. infra et publication de la DREES du 26 novembre 2021¹).

¹ *Le rappel vaccinal Covid-19 chez les seniors réduit sensiblement le risque d'entrer à l'hôpital*, pages 7 à 14. <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/communiqu-e-de-presse/le-rappel-vaccinal-covid-19-chez-les-seniors-reduit-sensiblement-le-risque>

Tableau 1 : Parts et nombres à taille de population comparable de tests et d'événements hospitaliers selon le statut vaccinal entre le 25 octobre et le 21 novembre 2021

Statut vaccinal	Tests RT-PCR			Admissions et décès hospitaliers						Population résidente selon statut vaccinal
	RT-PCR	dont positives	dont symptômes parmi les positives	Ensemble			dont RT-PCR positive			
				Hospit. conv.	Soins critiques	Décès	Hospit. conv.	Soins critiques	Décès	
Nombre de tests ou de patients pour l'ensemble										
Ensemble	3 042 352	175 681	90 135	7 453	2 153	1 015	5 636	1 698	807	51 283 237
Part de chaque statut vaccinal dans l'ensemble des tests, des patients ou de la population										
Non-vaccinés	16%	27%	28%	41%	49%	43%	41%	49%	41%	10%
Partiellement vaccinés	3%	2%	2%	2%	3%	2%	2%	2%	2%	2%
Vaccination complète	74%	70%	69%	54%	46%	51%	54%	46%	54%	82%
<i>Complet de moins de 3 mois - sans rappel</i>	14%	10%	10%	8%	5%	4%	8%	6%	4%	19%
<i>Complet de 3 à 6 mois - sans rappel</i>	47%	47%	48%	27%	25%	21%	27%	25%	22%	52%
<i>Complet de plus de 6 mois - sans rappel</i>	13%	12%	12%	19%	15%	27%	20%	15%	28%	10%
Vaccination complète et rappel	7%	2%	1%	3%	2%	4%	3%	2%	4%	6%
Ensemble	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
A taille de population comparable (pour 100 000 personnes pour les tests, pour 1 million de personnes pour les hospitalisations)										
Non-vaccinés	9 752	943	509	609	213	87	459	167	66	
Partiellement vaccinés	7 004	265	127	165	49	18	118	35	12	
Vaccination complète	5 381	294	150	95	23	12	73	19	10	
<i>Complet de moins de 3 mois - sans rappel</i>	4 528	197	99	60	12	4	45	10	4	
<i>Complet de 3 à 6 mois - sans rappel</i>	5 342	307	159	74	20	8	56	16	7	
<i>Complet de plus de 6 mois - sans rappel</i>	7 110	391	188	265	59	50	202	47	41	
Vaccination complète et rappel	6 821	86	24	74	15	12	50	13	10	
Ensemble	5 932	343	176	145	42	20	110	33	16	

Sources : appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI ; populations Insee estimées au 1^{er} janvier 2021. Calculs DREES. Données extraites le 30 novembre 2021 pour la période du 25 octobre au 21 novembre 2021.

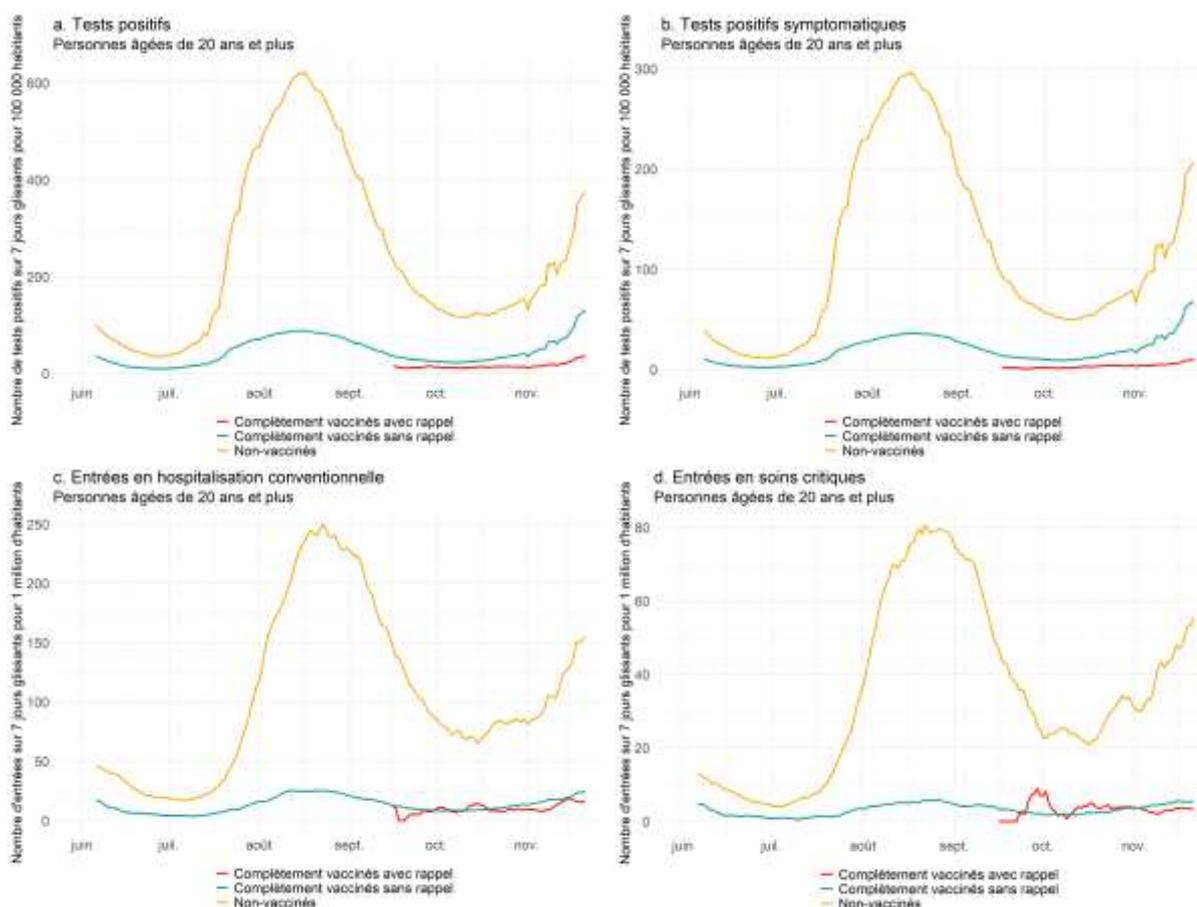
Lecture : entre le 25 octobre et le 21 novembre 2021, les personnes non vaccinées représentent en moyenne 10 % de la population mais 49 % des personnes entrées en hospitalisation conventionnelle avec Covid-19, 943 tests RT-PCR positifs pour 100 000 personnes non vaccinées ont été constatés contre 86 pour 100 000 personnes vaccinées avec rappel.

Si tous les statuts vaccinaux sont concernés par la hausse des tests et des entrées hospitalières, les risques d'infection et d'entrée hospitalière demeurent nettement plus élevés pour les personnes non-vaccinées

La hausse du nombre de cas Covid-19 observée récemment concerne l'ensemble de la population, quel que soit son statut vaccinal (graphiques 3 - a et b). Durant la dernière semaine, le nombre de personnes testées positives a augmenté autour de 70 % par rapport à la semaine précédente pour les personnes non vaccinées, vaccinées, avec ou sans rappel. En revanche, le nombre de tests positifs pour 100 000 habitants comme le nombre de nouvelles hospitalisations demeure bien plus élevé pour les personnes non vaccinées que celles présentant un statut complet sans rappel. Les personnes ayant effectué un rappel sont encore moins fréquemment testées positives. Pour les hospitalisations (graphiques 3 – c et d), en raison des effets de structure par âge précédemment évoqués, il est délicat de comparer les taux d'entrées et leur évolution selon la présence ou non de rappel. En revanche, les fréquences d'entrées hospitalières (conventionnelles ou en soins critiques) des personnes vaccinées avec ou sans rappel demeurent nettement plus faibles que celles des non-vaccinés.

Il faut toutefois rappeler que les effectifs concernés par cette évolution sont parfois faibles (notamment pour les personnes vaccinées avec rappel), ce qui peut conduire à des séries volatiles dont les évolutions sur une courte période peuvent être difficilement interprétables.

Graphiques 3 - a, b, c, d : nombre de tests ou d'entrées hospitalières par statut vaccinal à taille de population comparable



Sources : appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI ; populations Insee estimées au 1^{er} janvier 2021. Calculs DREES. Données extraites le 30 novembre 2021.

En tenant compte des structures démographiques et de l'intensité épidémique, les risques d'infection symptomatique 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 de forme symptomatique ou d'entrée à l'hôpital selon les différents statuts, à catégorie d'âge vingtennal, région de résidence et date donnés. Cette approche offre une estimation des risques relatifs d'infection symptomatique ou 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'hospitalisation²). 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'infection ou 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 4). Les coefficients estimés ne montrent pas directement un risque d'infection ou d'hospitalisation, mais un risque relatif ou ratio de risque entre les modalités. Les précédents résultats², qui avaient montré la perte d'efficacité dans le temps du vaccin et la protection supplémentaire apportée par le rappel pour les risques d'hospitalisation, sont confirmés avec l'actualisation des données. Il apparaît par ailleurs que des conclusions similaires peuvent être dressées pour les infections symptomatiques. En outre, grâce à une prise en compte des dates de tests, cette modélisation permet de mieux tenir compte de l'effet des modifications de conditions administratives régissant la réalisation et l'utilisation des tests (pass sanitaire, gratuité, etc.) que les statistiques descriptives initiales.

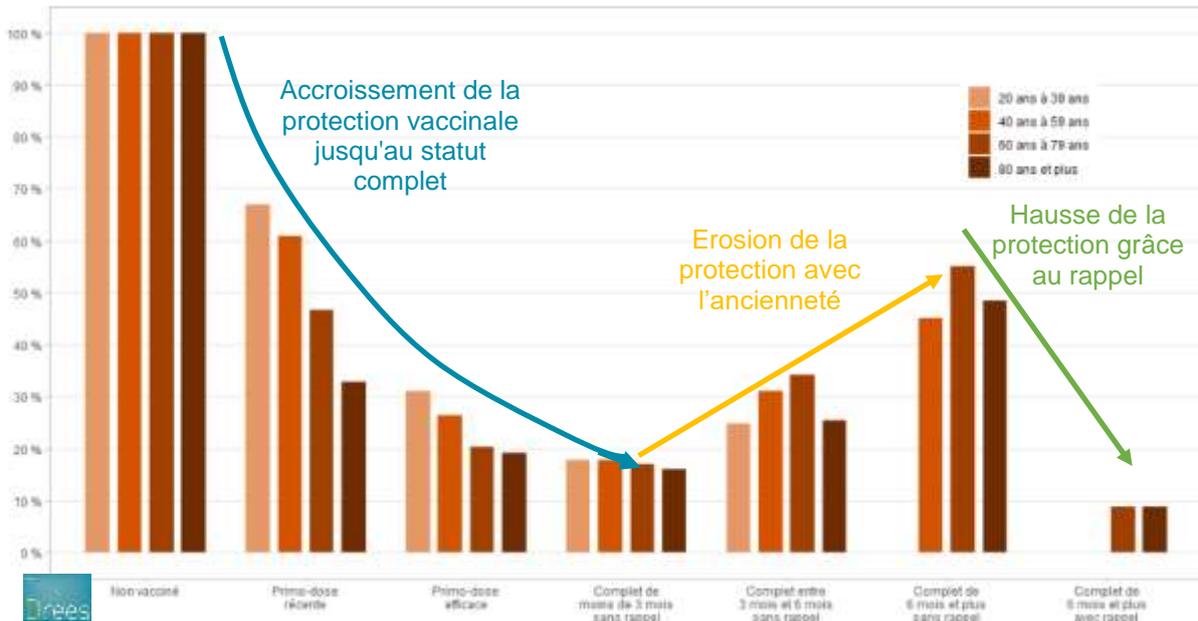
Relativement au risque d'être infecté avec symptômes pour un non-vacciné de 80 ans et plus (risque fixé à 100 % par convention dans l'estimation), le risque d'une personne de 80 ans et plus avec un schéma vaccinal complet de moins de 3 mois est environ 6 fois moindre puisque l'effet protecteur pour cette classe d'âge est d'environ 84 %³. Par ailleurs, la première dose de vaccin apporte dès son administration une protection importante : l'efficacité durant les 14 premiers jours est d'environ 67 % et elle atteint 81 % ensuite, avant l'obtention de la deuxième dose.

Les paramètres associés aux autres statuts vaccinaux confirment la **perte de protection du vaccin au cours du temps pour les plus de 60 ans** : elle se matérialise 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. Par ailleurs, **le rappel réduit fortement le risque d'infection symptomatique 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 L'estimation du modèle sur les seules hospitalisations a été présentée dans la publication du 26 novembre 2021 de la DREES, *Le rappel vaccinal Covid-19 chez les seniors réduit sensiblement le risque d'entrer à l'hôpital*, pages 7 à 14, l'estimation sur la survenue de formes symptomatiques détectées par tests PCR est nouvelle par rapport à cette précédente publication.

³ En effet, le risque relatif est dans ce cas égal à $1 / (1 - 0,84) = 6$ 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.

Graphique 4 : Risque relatif de test positif symptomatique 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. Tests positifs avec symptômes indiqués par le patient.

Lecture : si le risque d'être testé positif symptomatique pour une personne non vaccinée de 80 ans et plus est conventionnellement fixé à 100 %, le risque pour une personne complètement vaccinée depuis moins de 3 mois sans rappel de même classe d'âge est de 16 % toutes autres caractéristiques égales par ailleurs (date de prélèvement, région notamment). La protection vaccinale est donc dans ce cas-là de $100 - 16 = 84$ %.

Il faut souligner que les estimations de risques relatifs présentées ci-dessous sont obtenues à partir de données exhaustives et non contrôlées⁴ 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) ;
- différences de comportement de dépistage : les différentes contraintes réglementaires pesant sur les tests (pass sanitaire, gratuité éventuelle notamment) conduisent à ce que les taux de dépistage (nombre de tests réalisés pour une taille de population donnée) puissent être sensiblement différents d'une catégorie à l'autre. Pour réduire cet effet, l'analyse est menée sur les tests PCR (moins utilisés pour des usages moins liés à des motifs sanitaires) positifs de personnes se déclarant symptomatiques.
- 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 ;

⁴ 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.

- 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).

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'infection pour ces catégories d'âge. De la même façon, les personnes de moins de 40 ans complètement vaccinées depuis plus de six mois sont trop peu nombreuses et spécifiques pour conduire à des coefficients estimés suffisamment robustes.

Malgré ces limites, les estimations actuelles proposées font ressortir les constats suivants pour les adultes de 20 ans et plus (tableau 2) :

- 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 % (sauf pour les 80 ans et plus où elle avoisine 85 %), et contre les infections symptomatiques (entre 80 et 85 % pour toutes les classes d'âge) ;
- sur les hospitalisations, cette protection semble s'atténuer légèrement au fil du temps après l'obtention du schéma complet, surtout pour les seniors, moins pour les personnes de 20 à 60 ans. **Elle s'érode en revanche beaucoup plus concernant les infections symptomatiques et ce, pour toutes les classes d'âge** : la protection perd entre 20 et 30 points entre les personnes vaccinées depuis moins de 3 mois et celles vaccinées depuis plus de 6 mois sans rappel ;
- **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 plus de 90 %**, soit plus que le gain de la primo-vaccination.

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
	Test RT-PCR positif et symptomatique				
Primo dose	Primo dose récente	33	39	53	67
	Primo dose efficace	69	74	80	81
Complet sans rappel	depuis moins de 3 mois	82	82	83	84
	complet entre 3 mois et 6 mois	75	69	66	75
	complet de 6 mois et plus	n.s	55	45	52
Complet avec rappel	complet de 6 mois et plus	n.s	n.s	91	91
Hospitalisation conventionnelle					
Primo dose	Primo dose récente	73	61	66	51
	Primo dose efficace	87	82	82	82
Complet sans rappel	depuis moins de 3 mois	92	93	91	85
	complet entre 3 mois et 6 mois	94	94	90	84
	complet de 6 mois et plus	n.s	89	81	77
Complet avec rappel	complet de 6 mois et plus	n.s	n.s	96	96
Soins critiques					
Primo dose	Primo dose récente	73	73	65	80
	Primo dose efficace	86	86	86	83
Complet sans rappel	depuis moins de 3 mois	94	94	94	83
	complet entre 3 mois et 6 mois	93	95	92	86
	complet de 6 mois et plus	n.s	93	83	79
Complet avec rappel	complet de moins de 3 mois	n.s	n.s	96	95

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 21 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.

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 21 novembre 2021** et ont été extraites le 30 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.

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.

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.