

Le 17 décembre 2021

Le rappel vaccinal réduit fortement le risque de décès lié au Covid-19

Appariements entre les bases SI-VIC, SI-DEP et VAC-SI jusqu'au 5 décembre 2021

Entre le 8 novembre et le 5 décembre 2021, les 9 % de personnes non vaccinées dans la population française de 20 ans et plus représentent 25 % des tests PCR positifs chez les personnes symptomatiques, 41 % des admissions en hospitalisation conventionnelle pour lesquelles un PCR positif a été identifié, 52 % des entrées en soins critiques et 38 % des décès. Si les nombres de tests et d'hospitalisations à taille de population comparable poursuivent leur augmentation quel que soit le statut vaccinal, les fréquences de tests positifs et d'entrées hospitalières sont toujours bien plus élevés parmi les personnes non vaccinées que parmi les personnes vaccinées sans rappel, et plus encore que parmi celles avec rappel.

Au-delà de ces statistiques descriptives, une modélisation est appliquée pour la première fois pour estimer le risque de décès après hospitalisation avec le Covid-19, analogue aux modélisations traitant des risques d'hospitalisation et de test symptomatique déjà analysés dans les publications précédentes. Elle permet d'estimer des ratios de risque entre les différents statuts vaccinaux, en neutralisant notamment les effets de structure par âge. Malgré certaines limites inhérentes à cette modélisation (en particulier, certaines caractéristiques des personnes - comorbidités, infections antérieures - susceptibles d'influer sur les risques estimés n'ont pas encore pu être mobilisées), les estimations conduisent aux enseignements suivants, pour les adultes de 40 ans et plus :

- la protection vaccinale contre les décès dans les premiers mois suivant l'obtention d'un schéma complet est élevée pour toutes les classes d'âge, comprise entre 90 % et 95 % ;
- cette protection contre les décès s'atténue ensuite au fil du temps après l'obtention du schéma complet jusqu'à descendre autour de 80 % ;
- **l'injection du rappel aux personnes dont le statut complet remonte à plus de 6 mois améliore fortement la protection vaccinale contre les décès, elle remonterait en effet à 98 % environ.**

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

Le nombre de tests, les hospitalisations et les décès sont surreprésentés chez les non-vaccinés.....	3
En tenant compte des structures démographiques et de l'intensité épidémique, les risques de décès sont nettement réduits par l'injection d'une dose de rappel à plus de 6 mois	7
Annexe – Actualisation des résultats obtenus par le modèle	12
Annexe – Evolution depuis juin 2021 des nombres de tests PCR positifs et d'entrées hospitalières à taille de population comparable selon le statut vaccinal.....	15
Annexe – Définitions et méthodes	16
Annexe – Description du modèle d'estimation des risques d'hospitalisation et de décès.....	19
Description détaillé du modèle	Erreur ! Signet non défini. 19
Précision sur les modèles utilisés	20

Le nombre de tests, les hospitalisations et les décès sont surreprésentés chez les non-vaccinés

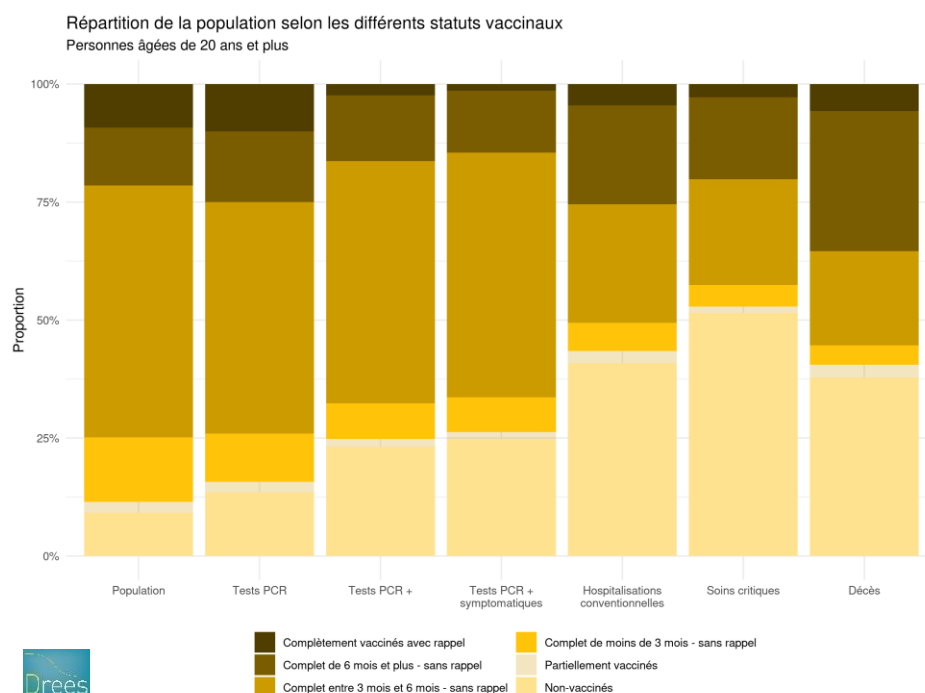
Les appariements entre SI-VIC, SI-DEP et VAC-SI permettent de connaître le statut vaccinal des personnes testées positives au Covid-19 ou hospitalisées en étant positives au Covid-19, en distinguant selon l'ancienneté de l'obtention du statut vaccinal complet le cas échéant et en tenant compte de l'existence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

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 spécificités de la population des moins de 20 ans, notamment vis-à-vis de sa vaccination très partielle et des risques de formes graves, ne permettent pas, pour l'instant, de mener des analyses comparables à celles présentées ici pour les plus âgés.

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, par rapport à leur part dans la population générale, parmi les testées positives par PCR au Covid-19, plus encore que parmi les testées¹. Leur surreprésentation est encore plus importante parmi les personnes hospitalisées et également parmi celles décédées** (graphique 1). En effet, alors qu'elles représentent 9 % de la population âgée de 20 ans et plus, elles représentent 25 % des personnes testées positives par RT-PCR et déclarant des symptômes, 41 % des personnes admises en hospitalisation conventionnelle, **52 % des entrées en soins critiques et 38 % des décès durant les 4 dernières semaines.**

¹ Pour rappel, dans les lieux exigeant un pass sanitaire, les personnes non vaccinées doivent présenter un test datant de moins de 72h (ou de moins de 24h depuis début décembre). Cela conduit sans doute à augmenter la propension des personnes non vaccinées à se faire tester par rapport aux personnes vaccinées, toutes choses égales par ailleurs.

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



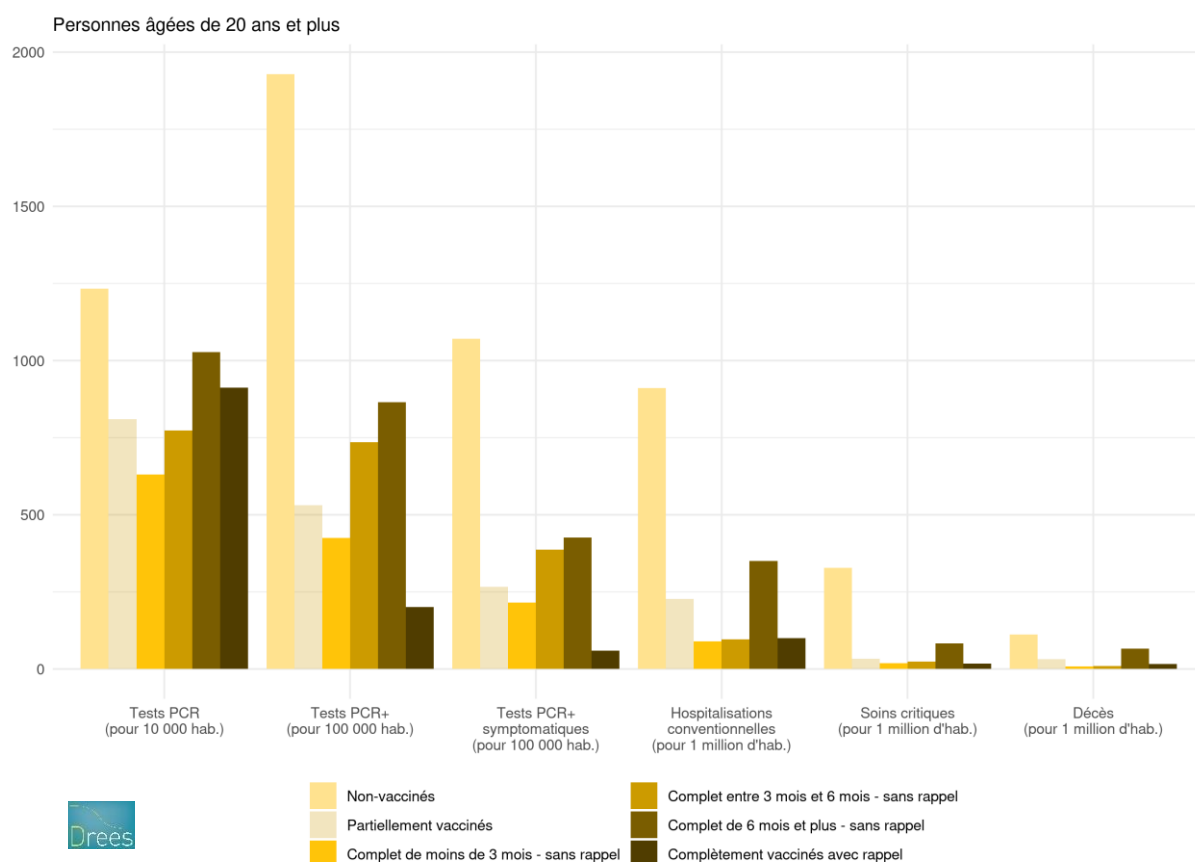
Sources : appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI ; populations Insee estimées au 1^{er} janvier 2021. Calculs DREES. Données extraites le 14 décembre 2021 pour la période du 8 novembre au 5 décembre 2021.

Lecture : entre le 8 novembre et le 5 décembre 2021, les personnes non vaccinées représentent en moyenne 9 % de la population mais 52 % des personnes entrées en soins critiques positives au Covid-19.

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). Entre le 8 novembre et le 5 décembre, le nombre de RT-PCR positives dépasse 1 900 pour 100 000 non-vaccinés (dont près de 1 100 symptomatiques) alors qu'il est de moins de 700 pour 100 000 personnes pour tous les statuts avec au moins une injection et descend à environ 185 pour les personnes vaccinées de plus de 6 mois avec rappel. **Les personnes vaccinées depuis plus de 6 mois (sans rappel) sont plus concernées par les événements 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 bien moins fréquemment testées positives ou hospitalisées que celles qui n'en ont pas eu (à taille de population comparable).**

Les évolutions de ces effectifs de tests positifs et d'entrées hospitalières, rapportés à la population, depuis le mois de juin sont rappelées en annexe (*Évolution depuis juin 2021 des nombres de tests PCR positifs et d'entrées hospitalières à taille de population comparable selon le statut vaccinal*).

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 8 décembre 2021 pour la période du 8 novembre au 5 décembre 2021.

Lecture : entre le 8 novembre et le 5 décembre 2021, 1 946 tests RT-PCR positifs (barre claire) pour 100 000 personnes non vaccinées ont été constatés contre 185 pour 100 000 personnes complètement vaccinées avec rappel (barre marron foncée).

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 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 au Covid-19 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, etc.), 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.

Tableau 1 : Parts et nombres à taille de population comparable de tests et d'événements hospitaliers selon le statut vaccinal entre le 8 novembre et le 5 décembre 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	4 312 556	392 073	204 172	13 492	3 690	1 731	10 509	3 002	1 391	51 283 237
Part de chaque statut vaccinal dans l'ensemble des tests, des patients ou de la population										
Non-vaccinés	13%	23%	25%	42%	52%	38%	41%	52%	38%	9%
Partiellement vaccinés	2%	2%	2%	3%	1%	3%	3%	1%	3%	2%
Vaccination complète	74%	73%	72%	51%	44%	53%	52%	44%	54%	79%
Complet de moins de 3 mois - sans rappel	10%	8%	7%	6%	5%	5%	6%	5%	4%	14%
Complet de 3 à 6 mois - sans rappel	49%	51%	52%	25%	23%	20%	25%	22%	20%	53%
Complet de plus de 6 mois - sans rappel	15%	14%	13%	20%	16%	29%	21%	17%	30%	12%
Vaccination complète et rappel	10%	2%	1%	5%	3%	6%	5%	3%	6%	9%
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	12 358	1 946	1 081	1 202	411	141	921	332	113	
Partiellement vaccinés	8 131	547	274	296	47	45	235	34	33	
Vaccination complète	7 913	708	366	171	40	23	136	33	19	
Complet de moins de 3 mois - sans rappel	6 620	468	236	131	30	14	100	23	10	
Complet de 3 à 6 mois - sans rappel	7 703	730	384	122	31	12	96	25	10	
Complet de plus de 6 mois - sans rappel	10 198	851	420	425	94	78	346	81	65	
Vaccination complète et rappel	8 927	185	54	133	21	19	96	17	16	
Ensemble	8 409	765	398	263	72	34	205	59	27	

Sources : appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI ; populations Insee estimées au 1^{er} janvier 2021. Calculs DREES. Données extraites le 14 décembre 2021.

Lecture : entre le 8 novembre et le 5 décembre 2021, les personnes non vaccinées représentent en moyenne 9 % de la population mais 41 % des personnes entrées en hospitalisation conventionnelle avec Covid-19, et 1 946 tests RT-PCR positifs pour 100 000 personnes non vaccinées ont été constatés contre 185 pour 100 000 personnes vaccinées avec rappel.

En tenant compte des structures démographiques et de l'intensité épidémique, les risques de décès 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 données (pour les précisions techniques, voir annexe - *Description du modèle d'estimation des risques d'hospitalisation*).

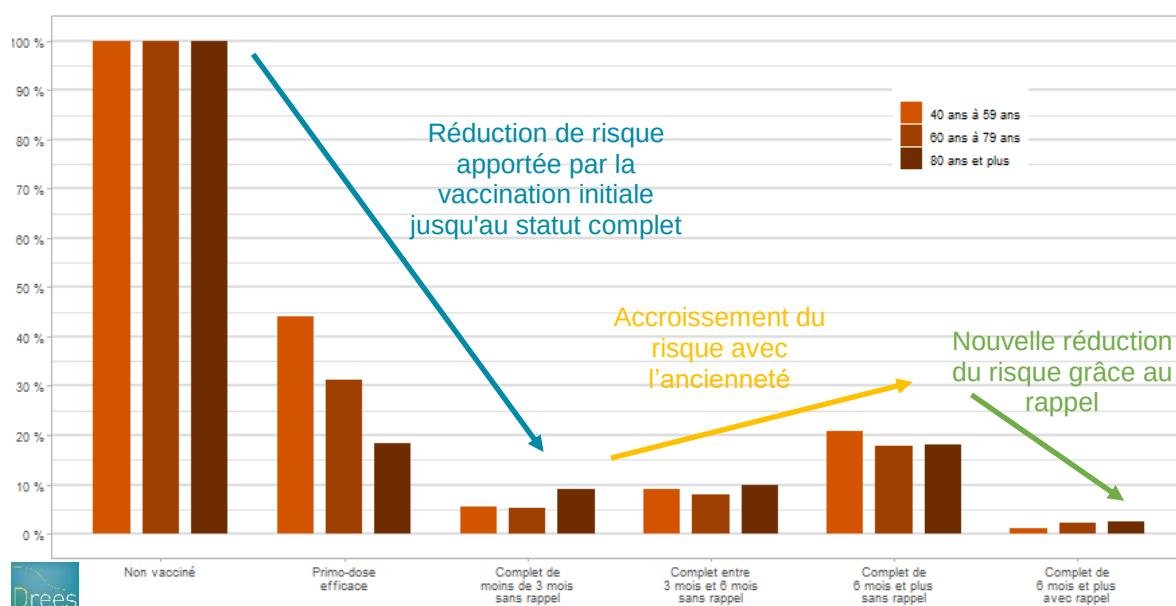
Cette modélisation conduit ainsi à estimer la réduction de risque d'infection ou d'hospitalisation qu'apporte chaque statut vaccinal (une dose récente ou efficace, vaccination complète depuis moins de 3 mois, 3 à 6 mois, plus de 6 mois sans rappel ou rappel après plus de 6 mois) par rapport à l'absence de vaccin. **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 résultats **Erreur ! Signet non défini.**², qui avaient montré la perte d'efficacité dans le temps du vaccin et la protection supplémentaire apportée par le rappel pour les risques d'infections symptomatiques et d'hospitalisation, sont confirmés avec l'actualisation des données (voir annexe - *Actualisation des résultats obtenus par le modèle*). En ajoutant les observations concernant les décès Covid-19 à cette modélisation, **les conclusions sur les risques relatifs de décès sont similaires à celle déjà mises en évidence pour les hospitalisations.**

Relativement au risque de décès du Covid-19 pour un non-vacciné de 80 ans et plus (risque fixé à 100 % par convention, graphique 4), le risque d'une personne de 80 ans et plus avec un schéma vaccinal complet de moins de 3 mois est environ 10 fois moindre puisque l'effet protecteur pour cette classe d'âge est d'environ 91 %². La première dose de vaccin apporte déjà une protection d'environ 82 %, avant l'obtention de la deuxième dose.

Pour toutes les classes d'âge de 40 ans et plus, la protection vaccinale contre les décès dans les premiers mois suivant l'obtention d'un schéma complet est aussi élevée, comprise entre 90 % et 95 %. Elle s'atténue ensuite au fil du temps après l'obtention du schéma complet jusqu'à revenir proche de 80 %. Enfin, **l'injection du rappel** aux personnes dont le statut complet remonte à plus de 6 mois **améliore fortement la protection vaccinale contre les décès liés au Covid-19** : celle-ci remonte en effet à 98 % environ pour les personnes de 40 ans et plus.

² En effet, le risque relatif est dans ce cas égal à $1 / (1 - 0,91) \approx 10$ 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 : Risques relatifs de décès après hospitalisation avec test RT-PCR positif selon l'âge et le statut vaccinal, par rapport au non-vaccinés



Sources : DREES, appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI. Modélisation DREES à partir des observations du 31 mai 2021 au 5 décembre 2021. Tests positifs avec symptômes indiqués par le patient.

Lecture : ici, chaque tranche d'âge doit être lue indépendamment. Les risques relatifs sont calculés par rapport au risque des non-vaccinés de chaque catégorie d'âge.

Si le risque de décéder après hospitalisation avec test RT-PCR positif 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 9 % toutes autres caractéristiques égales par ailleurs (date de prélèvement, région notamment). La protection vaccinale est donc dans ce cas-là de $100 - 9 = 91$ %.

Tableau 2 : Estimation de niveau de protection vaccinale (en %) selon le statut et l'âge, par rapport aux non-vaccinés

Statut vaccinal		Tranche d'âge			
		20 ans à 39 ans	40 ans à 59 ans	60 ans à 79 ans	80 ans et plus
Test RT-PCR positif et symptomatique					
Primo-dose	Primo-dose récente	34	41	54	66
	Primo-dose validée	70	75	81	82
Complet sans rappel	Complet depuis moins de 3 mois	82	82	83	84
	Complet de 3 mois à 6 mois	74	65	63	74
	Complet de 6 mois et plus	61	54	47	54
Complet de 6 mois et plus avec rappel		90	91	92	93
Hospitalisation conventionnelle					
Primo-dose	Primo-dose récente	73	61	65	53
	Primo-dose validée	88	83	83	82
Complet sans rappel	Complet depuis moins de 3 mois	92	93	91	86
	Complet de 3 mois à 6 mois	95	95	90	84
	Complet de 6 mois et plus	88	89	82	76
Complet de 6 mois et plus avec rappel		92	95	97	96
Admission en soins critiques					
Primo-dose	Primo-dose récente	74	74	67	82
	Primo-dose validée	88	87	88	84
Complet sans rappel	Complet depuis moins de 3 mois	95	94	94	84
	Complet de 3 mois à 6 mois	95	96	92	86
	Complet de 6 mois et plus	89	93	84	79
Complet de 6 mois et plus avec rappel		97	97	97	97
Décès après hospitalisation liée au Covid-19					
Primo-dose	Primo-dose validée	n.d.	56	69	82
Complet sans rappel	Complet depuis moins de 3 mois	n.d.	95	95	91
	Complet de 3 mois à 6 mois	n.d.	91	92	90
	Complet de 6 mois et plus	n.d.	79	82	82
Complet de 6 mois et plus avec rappel		n.d.	99	98	98

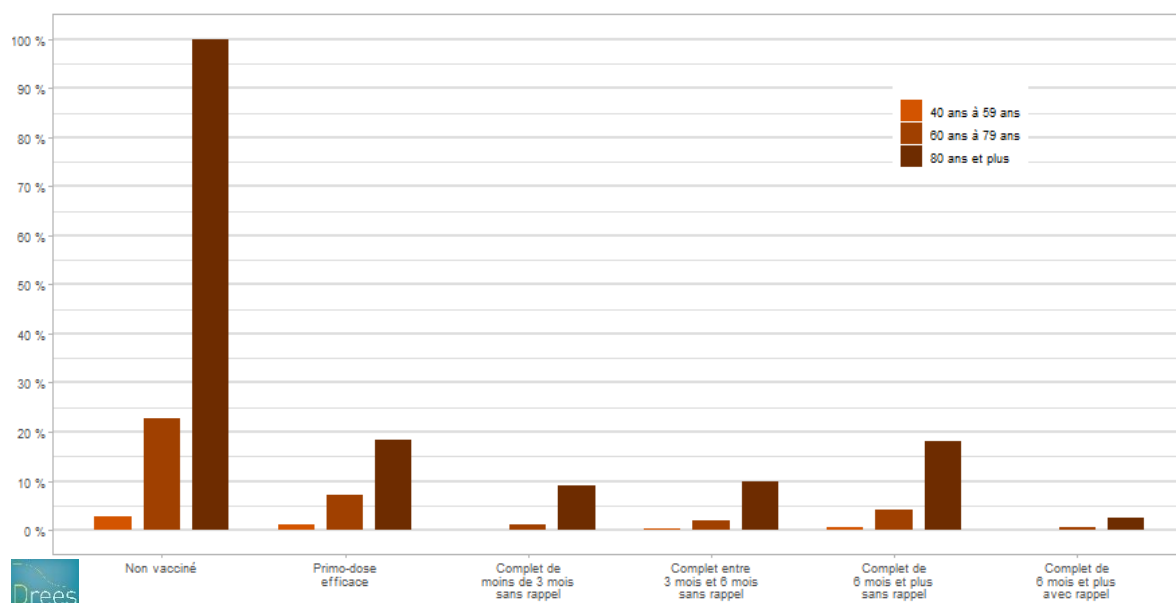
Sources : DREES, appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI ; populations Insee estimées au 1^{er} janvier 2021. Modélisation DREES à partir des observations du 31 mai 2021 au 5 décembre 2021. Test avec symptôme, entrées hospitalières et décès pour lesquels un test positif a été identifié dans SI-DEP.

Note : pour les cases non déterminées (n.d.), les effectifs des catégories ne sont pas suffisants pour obtenir une estimation robuste.

Les paramètres estimés associés aux âges pour les **décès** indiquent que **les adultes présentent un risque de décès croissant avec l'âge**. Ce risque d'hospitalisation est **maximal pour la tranche d'âge des 80 ans et plus** où il est **5 fois plus important que pour la tranche des 60-79 ans**. Ce risque accru avec l'âge s'observe pour tous les statuts vaccinaux (graphique 5).

La comparaison des paramètres estimés associés aux décès et des différents types d'hospitalisations pour les **non-vaccinés** indiquent que **proportionnellement au risque d'hospitalisation, les plus de 80 ans ont moins de risque d'entrées en soins critiques et plus de risque de décès** que les autres tranches d'âges (graphique 6).

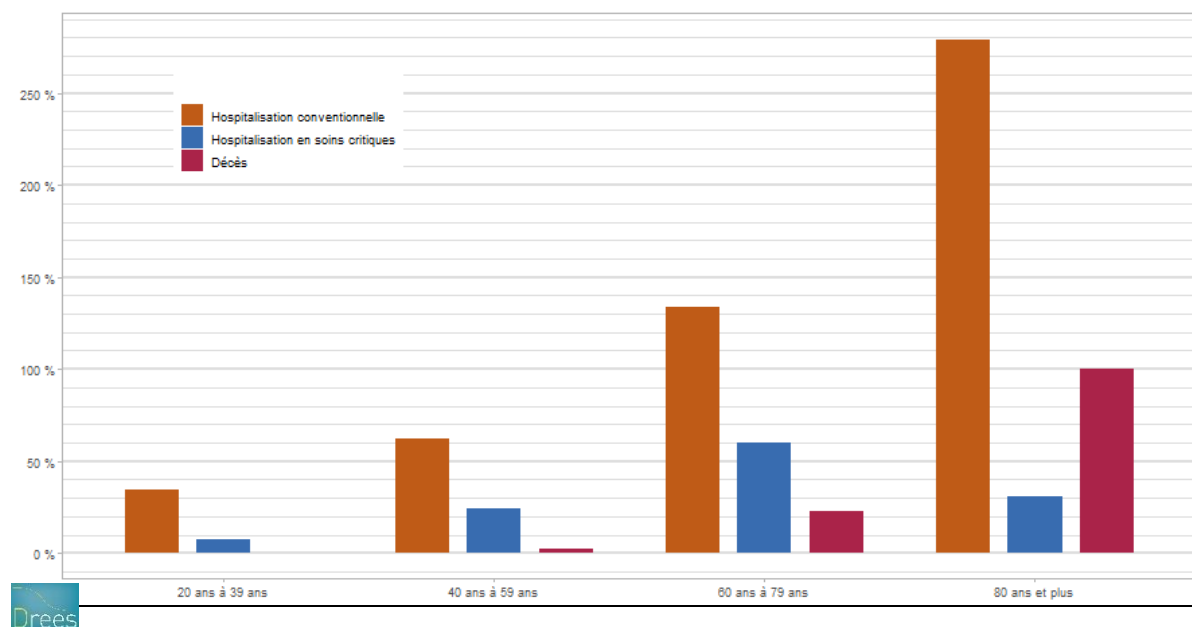
Graphique 5 : Risques relatifs de décès selon l'âge et le statut vaccinal, par rapport au non-vaccinés de 80 ans et plus



Sources : DREES, appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI. Modélisation DREES à partir des observations du 31 mai 2021 au 5 décembre 2021. Lecture : ici, les risques relatifs sont calculés par rapport au risque des non-vaccinés de 80 ans et plus.

Par exemple, si le risque de décéder après une hospitalisation avec test RT-PCR positif pour une personne non vaccinée de 80 ans et plus, est conventionnellement fixé à 100 %, le risque pour une personne non vaccinée de 60 à 80 ans est de l'ordre de 20 % soit 5 fois moins, toutes autres caractéristiques égales par ailleurs (date de prélèvement, région notamment).

Graphique 6 : Risques relatifs d'hospitalisations et de décès selon l'âge chez les non-vaccinés



Sources : DREES, appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI. Modélisation DREES à partir des observations du 31 mai 2021 au 5 décembre 2021.

Lecture : ici, les risques relatifs sont calculés par rapport aux risques de décès des 80 ans et plus (base 100 %).

Par exemple, un individu non vacciné d'âge compris entre 60 et 79 ans a 5 fois moins de risque de décéder (risque relatif ≈ 20 %) après hospitalisation avec test RT-PCR positif liée au Covid-19 qu'un individu de plus de 80 ans.

Il faut souligner que les estimations de risques relatifs présentées ci-dessus sont obtenues à partir de données exhaustives et non contrôlées³. 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 ;
- nouvelles données à venir : l'ouverture des rappels étant relativement récente et les entrées hospitalières, notamment en soins critiques, étant peu fréquentes début novembre pour certaines catégories, 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).

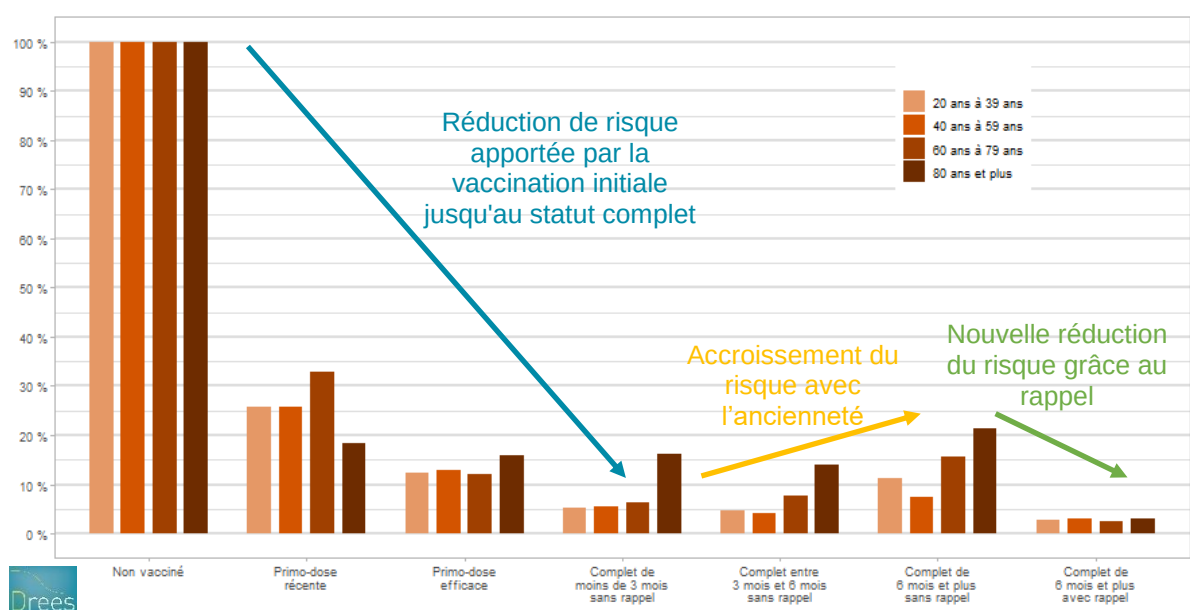
³ Des estimations contrôlées du type de celles utilisées pour déterminer l'efficacité d'un traitement reposent sur des processus d'estimation où l'affectation des patients entre les catégories traitées ou non est très encadrée. Dans les schémas expérimentaux, cette affectation est réalisée de façon aléatoire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

Annexe – Actualisation des résultats obtenus par le modèle

Malgré ces limites, les estimations actuelles proposées font ressortir les constats suivants pour les adultes de 20 ans et plus (résultats compilés dans le tableau 2 et représentés dans les graphiques 5,7,8 et 9) :

- la protection vaccinale initiale du schéma complet est élevée pour toutes les classes d'âge, que ce soit pour les risques de décès, d'entrées en soins critiques ou d'hospitalisation conventionnelle ;
- bien que plus faible cette protection reste également importante pour les test RT-PCR positifs et symptomatique ;
- on observe une baisse d'efficacité au fil du temps du schéma complet initial, pour les risques de décès, d'entrée en soins critiques, d'hospitalisation conventionnelle et de test RT-PCR positif et symptomatique ;
- **l'injection du rappel pour les personnes dont le statut complet remonte à plus de 6 mois améliore très significativement la protection vaccinale** pour les risques de décès, d'entrée en soins critiques, d'hospitalisation conventionnelle et de test RT-PCR positif et symptomatique.

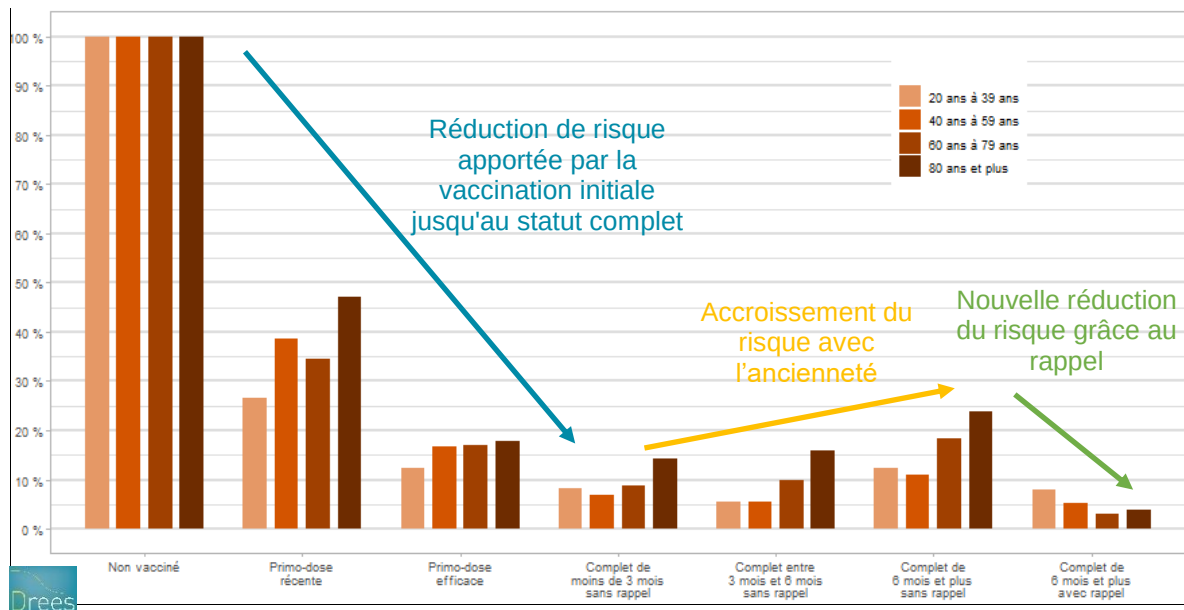
Graphique 7 : Risques d'entrée en soins critiques selon l'âge et le statut vaccinal, par rapport au non-vaccinés



Sources : DREES, appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI. Modélisation DREES à partir des observations du 31 mai 2021 au 5 décembre 2021. Tests positifs avec symptômes indiqués par le patient.

Lecture : ici, chaque tranche d'âge doit être lue indépendamment. Les risques relatifs sont calculés par rapport au risque des non-vaccinés de chaque catégorie d'âge.

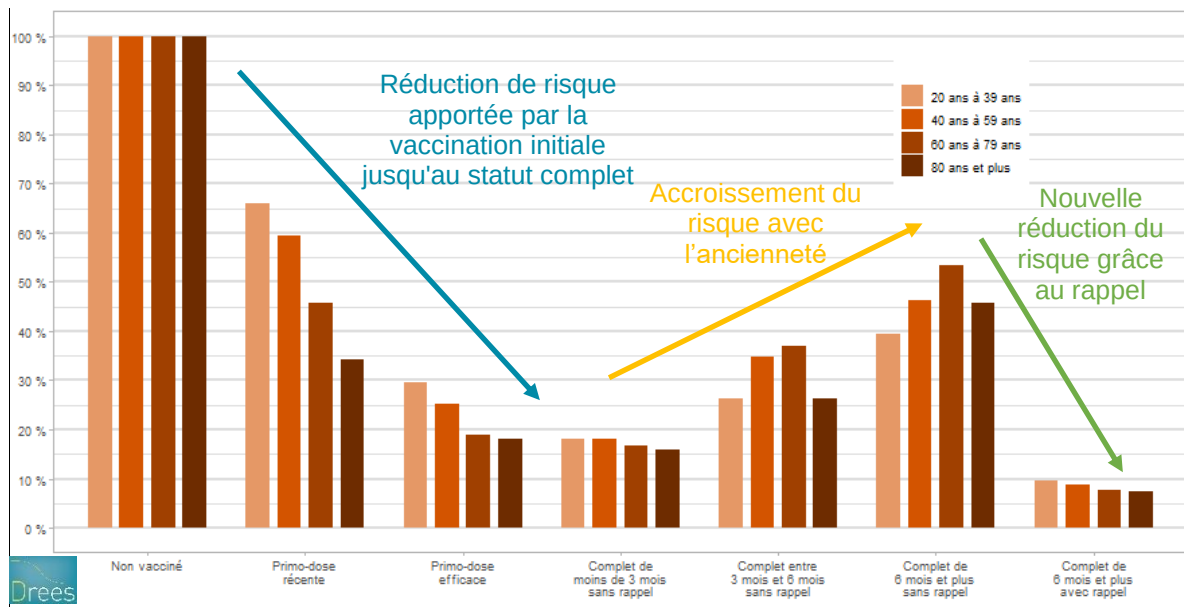
Graphique 8 : Risques relatifs d'hospitalisation conventionnelle selon l'âge et le statut vaccinal, par rapport au non-vaccinés



Sources : DREES, appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI. Modélisation DREES à partir des observations du 31 mai 2021 au 5 décembre 2021. Tests positifs avec symptômes indiqués par le patient.

Lecture : ici, chaque tranche d'âge doit être lue indépendamment. Les risques relatifs sont calculés par rapport au risque des non-vaccinés de chaque catégorie d'âge.

Graphique 9 : Risques relatifs de test RT-PCR positif et symptomatique selon l'âge et le statut vaccinal, par rapport au non-vaccinés



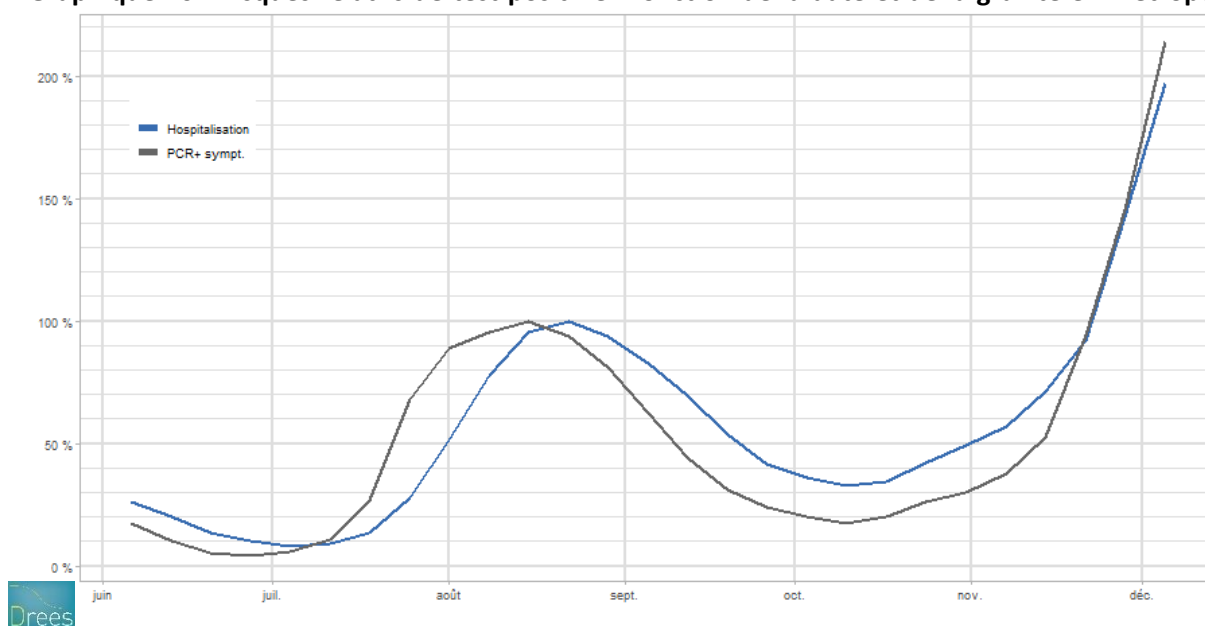
Sources : DREES, appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI. Modélisation DREES à partir des observations du 31 mai 2021 au 5 décembre 2021. Tests positifs avec symptômes indiqués par le patient.

Lecture : ici, chaque tranche d'âge doit être lue indépendamment. Les risques relatifs sont calculés par rapport au risque des non-vaccinés de chaque catégorie d'âge.

Le graphique 10 représente les risques temporels d'infection symptomatique et d'hospitalisation avec 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 des

risques résiduels, après avoir ôté les contributions des risques relatifs liés à l'âge et au statut vaccinal de deux modèles statistiques (cf. annexe - *Description du modèle*), l'un sur les infections symptomatiques et l'autre sur les hospitalisations (conventionnelles, en soins critiques et décès). Ces risques résiduels traduisent l'intensité de la propagation et de la contamination du SARS-CoV-2 au cours du temps (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 les taux d'infections symptomatiques et d'hospitalisation observés (graphique 10) qui, eux, dépendent de la composition (en termes d'âge et de statut vaccinal) de la population concernée.

Graphique 10 : Risques relatifs de test positif en fonction de la date et de la gravité en métropole



Sources : DREES, appariement SI-VIC, SI-DEP, VAC-SI. Modélisation DREES à partir des observations du 31 mai 2021 au 28 novembre 2021. Tests positifs avec symptômes indiqués par le patient.

Lecture : ici, gravité (hospitalisation ou symptomatique), le risque relatif est calculé par rapport au pic de la vague précédente, qui a eu lieu mi-août 2021.

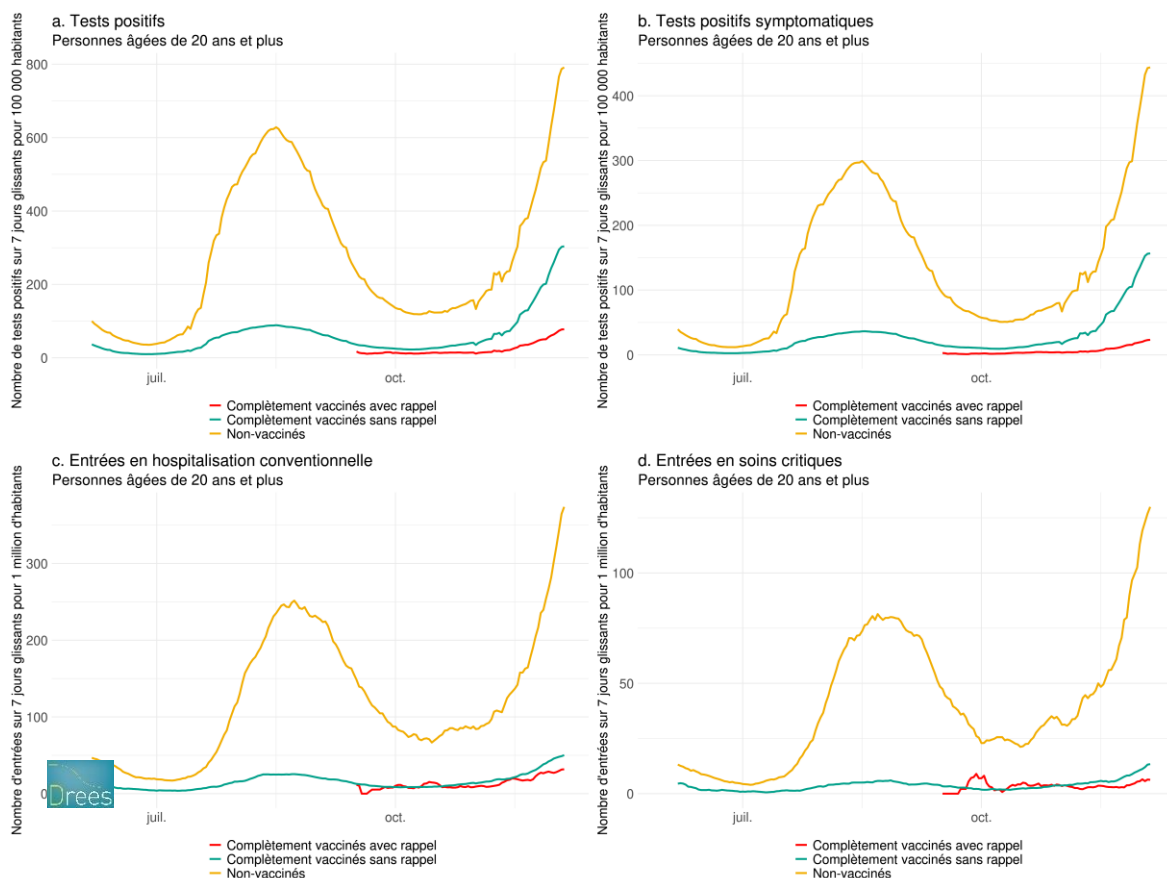
Annexe – Évolution depuis juin 2021 des nombres de tests PCR positifs et d'entrées hospitalières à taille de population comparable selon le statut vaccinal

En complément du modèle, les statistiques descriptives suivantes mènent à des conclusions similaires.

La hausse du nombre de cas Covid-19 observée récemment concerne l'ensemble de la population, quel que soit son statut vaccinal (graphiques 11 - a et b). En revanche, sur toute la période étudiée, 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 11 – 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 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 11 - 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 14 décembre 2021.

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 5 décembre 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 catégories⁴, 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 dose⁵ 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 méthodologique⁶, associée à la publication de la Drees du 29 octobre dernier, détaille les traitements appliqués, et notamment comment sont prises en compte les observations des patients ne pouvant être retrouvés dans les bases VAC-SI.

⁴ 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.

⁵ Ou une troisième dose s'agissant des personnes immunodéprimées.

⁶ https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/sites/default/files/2021-10/211029%20Am%C3%A9liorations%20m%C3%A9thodologiques%20des%20appariements_vf.pdf

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 compte⁷. 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 détaillé des modèles de risques

Description mathématique du modèle (exemple : estimation du risque d'hospitalisation avec covid-19)

Nous décrivons ici un modèle de risques relatifs associés aux hospitalisations avec test RT-PCR positif (abrégé en « hospitalisé » dans la suite). Les résultats des modèles de la note ont été construits similairement pour les infectés symptomatiques ainsi que pour le croisement date/âge et pour les décès (voir section ci-après).

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).

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 :

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

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 $ind_1, \dots, ind_n$:

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

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

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

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

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

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

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

de vraisemblance :

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

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

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

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

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

Ainsi les risques estimés sont obtenus en choisissant les $\text{risque}(\text{date}, \text{région})$ et $\text{risque}(\text{âge}, \text{statut vaccinal})$ minimisant cette somme.

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

Précision sur les modèles utilisés dans la note

Précisément les risques ont été obtenu *via* la bibliothèque *stats* de R via plusieurs modèles :

1. Un premier modèle avec un croisement **date/région** et un croisement **âge/statut/type**
`glm(effectif ~ offset(log(effectif_total)) + date:region + age:statut:type, family="poisson", data=donnees),`
a été ajusté sur la table « *donnees* » issue de l'appariement, agrégée par date, région, âge, type d'hospitalisation et statut vaccinal, **restreint aux hospitalisations (conventionnelles, en soins critiques ou décès) avec test RT-PCR positif**. Ce modèle a permis d'obtenir les parties sur les hospitalisations (et décès) du tableau 2, les graphiques 4, 5, 6, 7 et 8 ainsi que la partie hospitalisation du graphique 10.
2. Un deuxième modèle avec un croisement **date/région** et un croisement **âge/statut**
`glm(effectif ~ offset(log(effectif_total)) + date:region + age:statut, family="poisson", data=donnees),`
a été ajusté sur la table « *donnees* » issue de l'appariement, agrégée par date, région, âge et statut vaccinal, **restreint aux test RT-PCR positifs et symptomatiques**. Ce modèle a permis d'obtenir les parties sur les tests du tableau 2, le graphique 9 et la partie test du graphique 10.

Où pour chaque modèle, « *effectif* » correspond au nombre de tests RT-PCR positifs (avec symptôme, hospitalisation conventionnelle ou entrée en soins critiques selon le modèle) par catégorie « *effectif_total* » représente l'effectif total de la catégorie (sans supposer d'infection).