

Le 9 septembre 2022

Chez les personnes de 80 ans ou plus, le deuxième rappel protège contre l'infection et les formes sévères de Covid-19, mais cette protection s'érode dans le temps comme pour les autres doses

Appariements entre les bases SI-VIC, SI-DEP et VAC-SI

Depuis le mois d'août 2021, la Drees publie des résultats issus de l'exploitation des appariements des bases de données Sidep (tests), Sivic (hospitalisation) et Vacsi (vaccination). Ces travaux ont permis de mettre en évidence l'efficacité du vaccin et des doses de rappel, y compris face au variant Omicron, mais aussi l'érosion dans le temps de la protection pour le schéma vaccinal complet et le premier rappel.

L'ajout de données jusqu'au 4 septembre 2022 permet de confirmer ces analyses, et d'apporter une information nouvelle : comme pour le premier rappel, la protection conférée par le deuxième rappel contre les formes symptomatiques et sévères semble s'éroder dans le temps, en présence ou en absence d'un antécédent.

Ainsi, les principaux points à retenir sont :

- le premier rappel apporte, pour les personnes de 60 ans ou plus, une protection contre l'infection symptomatique au variant Omicron, et plus encore contre les formes sévères et les décès, que la personne concernée ait présenté ou non un épisode infectieux au Covid-19 au préalable, mais cette protection s'érode dans le temps, notamment face à l'infection ;
- le deuxième rappel, pour les personnes de 60 ans ou plus, permet de stopper l'érosion dans le temps de la protection conférée par le premier rappel, que la personne concernée ait présenté ou non un épisode infectieux au Covid-19 au préalable, en particulier si cet épisode est survenu avant l'arrivée d'Omicron ;
- néanmoins, cette protection s'érode également dans le temps pour les personnes âgées de 80 ans ou plus ; pour les 60-80 les effectifs concernés sont à ce stade insuffisants pour mener des analyses robustes.

Pour rappel, depuis la publication du 22 juillet 2022¹, l'efficacité vaccinale apportée par la vaccination par rapport aux personnes non vaccinées n'est plus présentée ni commentée (annexe Catégorie de référence pour la présentation des résultats depuis la publication du 22 juillet 2022). En effet, il est

¹ [Le deuxième rappel protège les personnes de 60 ans ou plus contre l'infection et les formes sévères de Covid-19, qu'elles aient ou non déjà été contaminées par le passé \(solidarites-sante.gouv.fr\)](https://solidarites-sante.gouv.fr)

désormais plus pertinent et plus robuste techniquement de prendre, comme situation de référence, un statut vaccinal concernant un plus grand nombre de personnes. La protection apportée par les différents statuts vaccinaux est désormais comparée à celle dont disposent les personnes ayant reçu un schéma vaccinal initial complet, sans dose de rappel, depuis plus de 6 mois. Enfin, il devient ainsi possible de séparer toutes les autres catégories de population en sous-groupes, selon la présence antérieure d'une infection au Covid-19 et/ou la présence antérieure d'une infection au variant Omicron dans les données, et d'analyser pour ces sous-populations l'efficacité vaccinale, sans toutefois pouvoir réaliser de comparaisons entre elles.

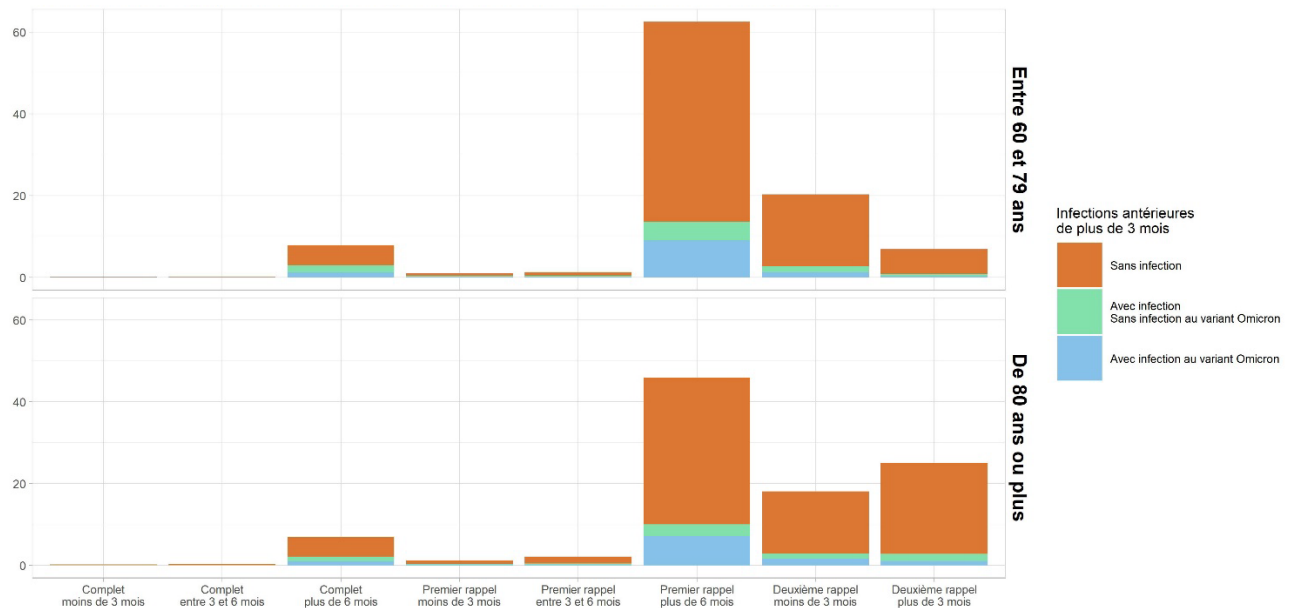
Pour les personnes de 60 ans ou plus, qu'elles aient ou non déjà été contaminées par le Covid-19, un deuxième rappel apporte une protection supplémentaire face à l'infection et aux formes sévères, mais ce surcroît de protection s'atténue rapidement

Conditionnellement à l'existence ou non d'une infection antérieure connue (Annexe – Prise en compte des antécédents d'infection au Covid-19), il est possible d'analyser l'impact du vaccin sur le risque d'infection ou de réinfection et de forme sévère, à toutes les étapes du schéma vaccinal (en particulier, on regarde l'impact du rappel après un cycle vaccinal complet, ou l'impact du deuxième rappel après un premier rappel). Pour cela, la méthodologie retenue est similaire à celle des précédentes publications². Les résultats présentés se concentrent sur les tranches d'âges les plus élevés, c'est-à-dire les seules qui, à ce stade, présentent suffisamment de données pour pouvoir évaluer l'impact du deuxième rappel sur l'infection et les formes sévères (d'autant plus que, sauf exceptions, seules les personnes de 60 ans ou plus sont éligibles au deuxième rappel).

Pour l'heure, 62 % des personnes de 60 à 79 ans ayant reçu un schéma vaccinal complet ont reçu une seule dose de rappel depuis plus de 6 mois et cette proportion atteint 46 % des personnes de 80 ans ou plus. Elles sont 27 % chez les 60-79 ans vaccinés à avoir reçu deux doses de rappel, dont 20 points depuis moins de trois mois et 43 % pour les 80 ans ou plus, dont 18 points depuis moins de trois mois. Il est donc possible d'analyser l'impact du deuxième rappel chez les personnes éligibles et, pour les 80 ans ou plus, selon l'ancienneté de ce rappel. Enfin, pour une minorité de personnes, on identifie un antécédent d'épisode infectieux datant d'au moins 13 semaines dans Sidep.

² Les risques relatifs entre les différents statuts vaccinaux sont estimés par modèle de Poisson. Les détails sont présentés dans l'annexe « Description détaillée du modèle de risques » de la publication [La protection apportée par la dose de rappel du vaccin contre le Covid-19 s'atténue après 3 mois pour les seniors](#) du 18 mars 2022.

Graphique 1 : répartition de la population vaccinée de plus de 60 ans ou plus (ayant validé un schéma vaccinal complet), selon le schéma vaccinal et l'existence d'un antécédent au 4 septembre 2022



Source : Sidep, Sivic, Vacsi ; calculs : Drees ; données extraites le 6 septembre 2022 arrêtées au 4 septembre 2022.

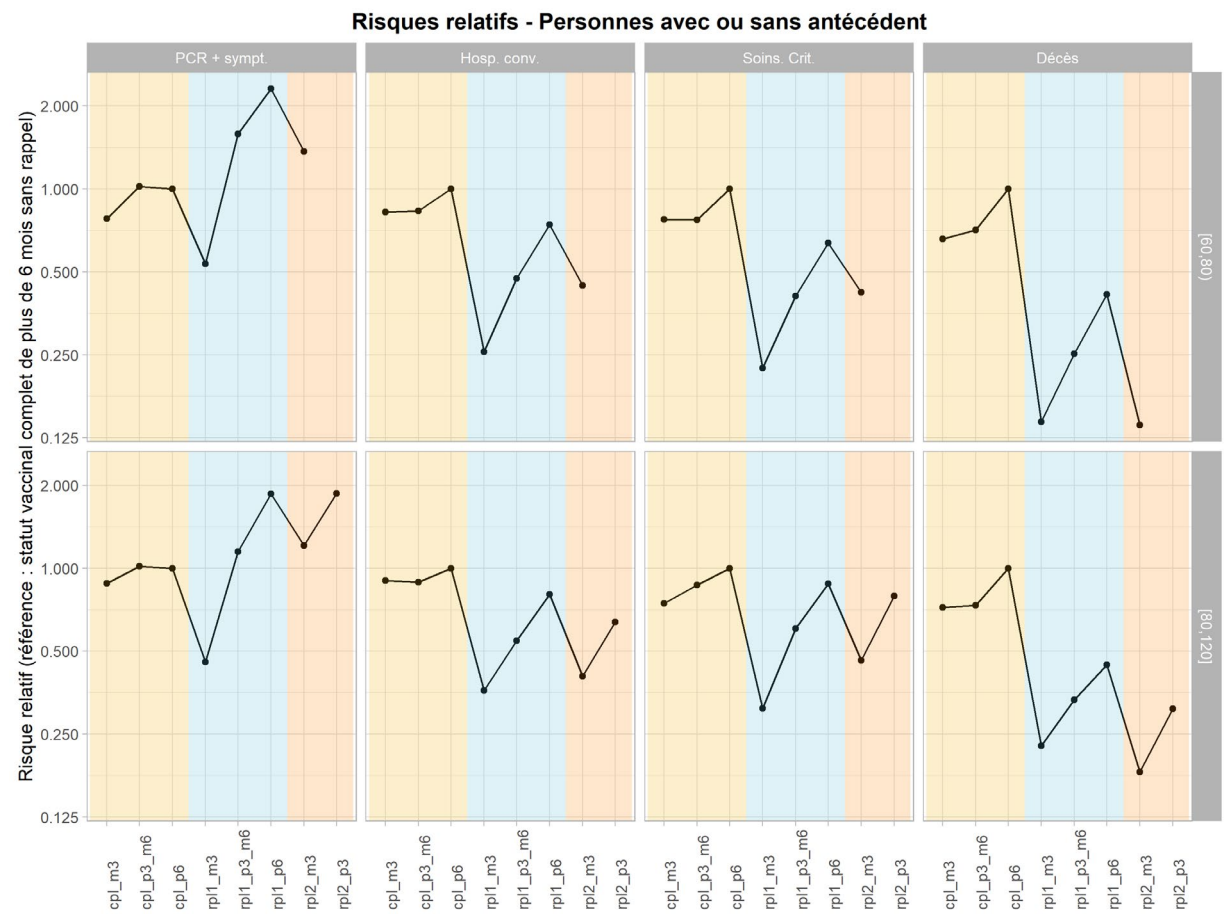
Lecture : pour les statuts vaccinaux, « Complet » signifie « cycle complet sans rappel », « Premier rappel » signifie « premier rappel sans deuxième rappel ».

Parmi les individus de 60 à 79 ans ayant validé un schéma initial complet, 63 % ont effectué une unique dose de rappel, datant de plus de 6 mois : 9 % ont eu une infection antérieure de plus de 13 semaines au variant Omicron, 5 % ont eu une infection antérieure à un autre variant et 49 % n'ont jamais eu d'infection identifiée dans Sidep. Pour les individus de 80 ans ou plus ayant validé un schéma vaccinal complet, la proportion d'individu ayant effectué une unique dose de rappel datant d'il y a plus de 6 mois s'élève à 46 % (dont 7 % ayant eu une infection au variant Omicron, 3 % à un autre variant et 36 % sans infection identifiée).

Pour l'ensemble des personnes de 60 ans ou plus (graphique 2), le premier rappel apporte une protection (passage de la zone jaune à la zone bleue) contre l'infection symptomatique (1^{ère} colonne) au variant Omicron (ensemble des sous-lignages³) et les formes sévères (2^e et 3^e colonnes) et décès (4^e colonne) et celle-ci s'érode dans le temps, notamment face à l'infection. Le deuxième rappel permet de stopper cette érosion et de renforcer la protection dans les 3 mois qui suivent, mais le phénomène d'érosion est à nouveau présent chez les 80 ans ou plus – l'analyse ne pouvant pas être menée de façon robuste chez les 60-80 ans pour l'instant.

³ Le modèle est estimé sur des données d'infection et d'hospitalisation allant du 13 décembre 2021 au 4 septembre 2022, en ne retenant que les infections au variant Omicron dans la variable expliquée. En revanche, par « antécédent », on entend toute contamination au Covid-19 pour laquelle un test virologique est trouvé dans Sidep. Il n'est donc pas possible, de disposer d'information sur les antécédents antérieurs au 20 mai 2020 (date de mise en œuvre de Sidep).

Graphique 2 : risques relatifs, pour l'ensemble des personnes de 60 ans ou plus, en fonction du statut vaccinal (échelle logarithmique)



Source : Sidep, Sivic, Vacsi ; calculs : Drees ; données extraites le 6 septembre 2022 arrêtées au 28 août 2022.

Lecture : les risques sont évalués contre les infections au variant Omicron pour la période du 13 décembre 2021 au 28 août 2022.

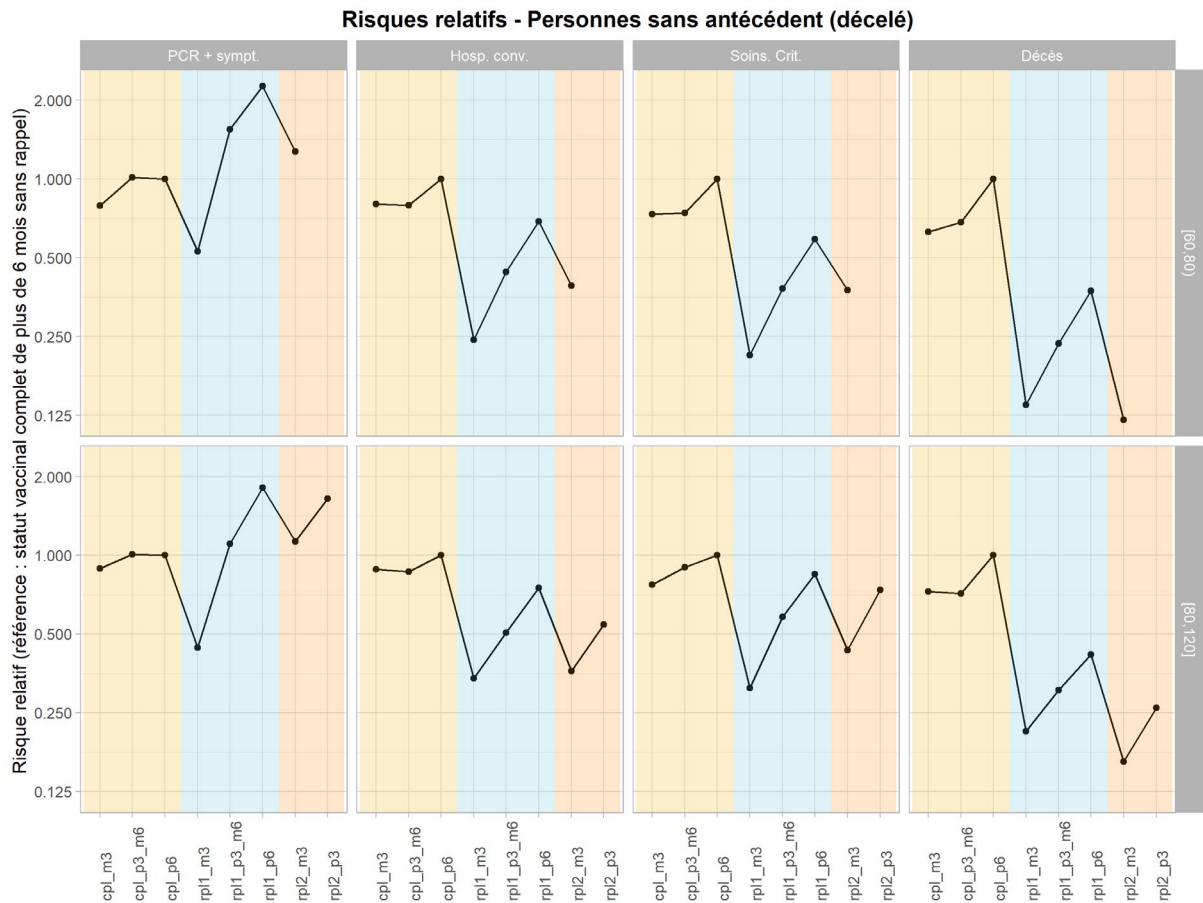
Lecture : pour les statuts vaccinaux, « cpl » signifie « cycle complet sans rappel », « rpl1 » signifie « premier rappel » et « rpl2 » signifie deuxième rappel ; « m3 » signifie « de moins de 3 mois », « p3_m6 » signifie « de plus de 3 mois et de moins de 6 mois », « p3 » signifie plus de 3 mois et « p6 » signifie « de plus de 6 mois ». Pour les 60-79 ans, les données disponibles ne permettent pas de mener des estimations robustes pour les deuxièmes rappels de plus de 3 mois depuis l'injection.

Lecture : Pour une personne de 60 à 79 ans, par rapport à une personne ayant un cycle complet de plus de 6 mois sans rappel, le risque de décès d'une personne avec un premier rappel datant de plus de 6 mois est multiplié par 0,41 (donc réduit de 59%) ; pour une personne ayant un deuxième rappel depuis moins de trois mois, il est multiplié par 0,14 par rapport à une personne sans rappel, et donc divisé par 3 par rapport à un premier rappel depuis plus de 6 mois. Les graphiques sont présentés en échelle logarithmique pour faciliter la lecture : la multiplication par 2 ou la division par 2 d'un risque sont matérialisés par le même écart entre deux points.

L'analyse précédente peut être affinée en distinguant la population pour laquelle une infection de Covid-19 est connue dans Sidep et celle pour laquelle aucun « antécédent » n'est décelé, afin notamment d'éviter que des biais de composition des populations de chacun des statuts vaccinaux ne viennent entacher les estimations.

Pour les personnes de 60 ans ou plus pour lesquelles on ne trouve pas de trace d'antécédent (graphique 3), qui représentent la majorité des personnes de cette tranche d'âge, les constats précédemment établis sont maintenus.

Graphique 3 : risques relatifs, pour les personnes n'ayant pas d'antécédent décelé, en fonction du statut vaccinal (échelle logarithmique)



Source : Sidep, Sivic, Vacsi ; calculs : Drees ; données extraites le 6 septembre 2022 arrêtées au 28 août 2022.

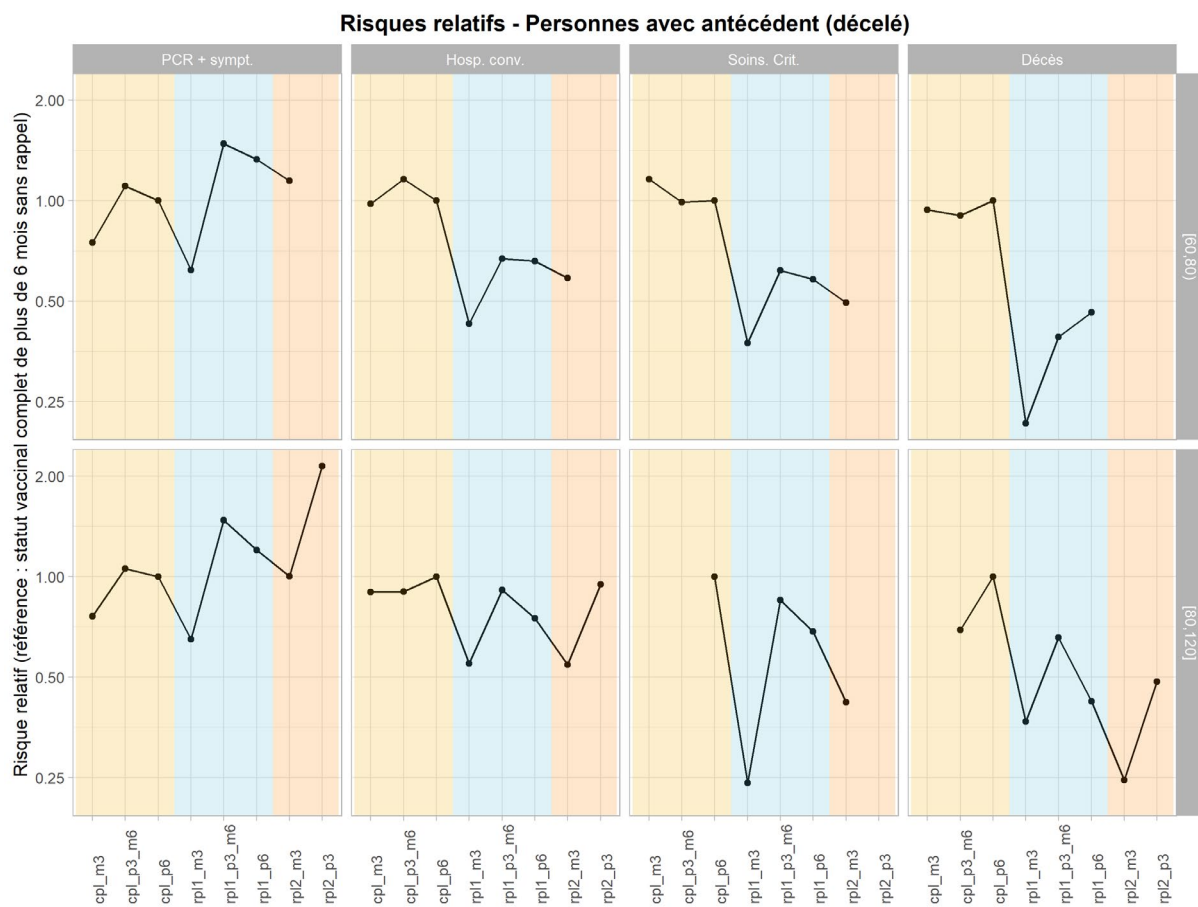
Lecture : les risques sont évalués contre les infection au variant Omicron pour la période du 13 décembre 2021 au 28 août 2022.

Lecture : pour les statuts vaccinaux, « cpl » signifie « cycle complet sans rappel », « rpl1 » signifie « premier rappel » et « rpl2 » signifie deuxième rappel ; « m3 » signifie « de moins de 3 mois », « p3_m6 » signifie « de plus de 3 mois et de moins de 6 mois », « p3 » signifie « de plus de 3 mois » et « p6 » signifie « de plus de 6 mois ». Pour les 60-79 ans, les données disponibles ne permettent pas de mener des estimations robustes pour les rpl2_p3

Lecture : Pour une personne de 60 à 79 ans, par rapport à une personne ayant un cycle complet de plus de 6 mois sans rappel, le risque de décès d'une personne avec un premier rappel datant de plus de 6 mois est multiplié par 0,37 (donc réduit de 63%) ; pour une personne ayant un deuxième rappel depuis moins de trois mois, il est multiplié par 0,12 par rapport à une personne sans rappel, et donc divisé par 3,1 par rapport à un premier rappel depuis plus de 6 mois. Les graphiques sont présentés en échelle logarithmique pour faciliter la lecture : la multiplication par 2 ou la division par 2 d'un risque sont matérialisés par le même écart entre deux points.

De même, pour les personnes de 60 ans ou plus pour lesquelles une infection préalable a été décelée dans la base Sidep, le premier rappel apporte une protection contre l'infection symptomatique, les formes sévères et les décès et celle-ci s'érode dans le temps, notamment durant les 3 premiers mois. Le deuxième rappel apporte, dans les 3 mois qui suivent, un surcroit de protection contre l'infection et les formes graves, mais cette protection diminue par la suite.

Graphique 4 : risques relatifs, pour les personnes ayant un antécédent décelé, en fonction du statut vaccinal (échelle logarithmique)



Source : Sidep, Sivic, Vaccis ; calculs : Drees ; données extraites le 6 septembre 2022 arrêtées au 28 août 2022.

Lecture : les risques sont évalués contre les infection au variant Omicron pour la période du 13 décembre 2021 au 28 août 2022.

Lecture : pour les statuts vaccinaux, « cpl » signifie « cycle complet sans rappel », « rpl1 » signifie « premier rappel » et « rpl2 » signifie deuxième rappel ; « m3 » signifie « de moins de 3 mois », « p3_m6 » signifie « de plus de 3 mois et de moins de 6 mois », « p3 » signifie « de plus de 3 mois » et « p6 » signifie « de plus de 6 mois ». Pour les 60-79 ans, les données disponibles ne permettent pas de mener des estimations robustes pour les rpl2_p3.

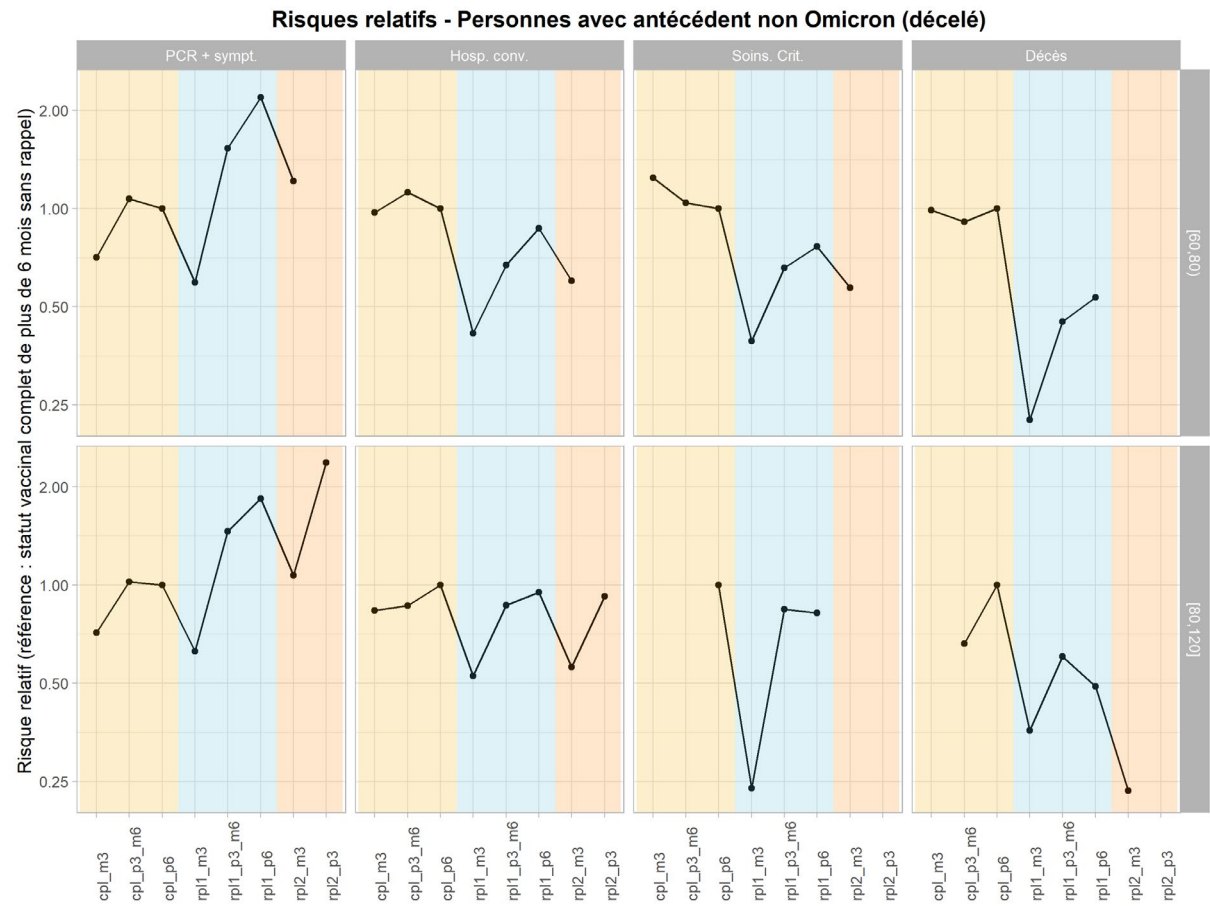
Lecture : Pour une personne de 80 ans ou plus, par rapport à une personne ayant un cycle complet de plus de 6 mois sans rappel, le risque de décès d'une personne avec un premier rappel datant de plus de 6 mois est multiplié par 0,42 (donc réduit de 58%) ; pour une personne ayant un deuxième rappel depuis moins de trois mois, il est multiplié par 0,25 par rapport à une personne sans rappel, et donc divisé par 1,7 par rapport à un premier rappel depuis plus de 6 mois. Les graphiques sont présentés en échelle logarithmique pour faciliter la lecture : la multiplication par 2 ou la division par 2 d'un risque sont matérialisés par le même écart entre deux points.

Pour aller plus loin, il paraît intéressant de distinguer la « nature » de l'antécédent considéré. L'échantillon des données disponibles ne permet de restreindre l'analyse qu'aux personnes ayant un antécédent « non Omicron »⁴ ; les effectifs de personnes ayant eu Omicron puis deux rappels étant encore trop peu nombreux. Pour cette sous-population, il apparaît que les constats précédents

⁴ On considère qu'un antécédent est « non Omicron » s'il a été subi avant le 15 décembre 2021, ou entre le 15 décembre 2021 et le 15 janvier 2022 avec un criblage Delta. L'analyse étant menée sur le 1^{er} semestre 2022, les effectifs de personnes ayant eu un antécédent Omicron de plus de 13 semaines, en cumulé sur l'ensemble de cette période, sont trop peu nombreux pour mener des analyses fiables à ce stade.

demeurent valables, avec donc une protection conférée par la deuxième dose de rappel dans les 3 mois qui suivent, mais qui tend elle aussi à s'éroder au vu des premières estimations disponibles.

Graphique 5 : risques relatifs, pour les personnes ayant un antécédent décelé mais pas d'antécédent Omicron, en fonction du statut vaccinal (échelle logarithmique)



Source : Sidep, Sivic, Vacsi ; calculs : Drees ; données extraites le 6 septembre 2022 arrêtées au 28 août 2022.

Lecture : les risques sont évalués contre les infection au variant Omicron pour la période du 13 décembre 2021 au 28 août 2022.

Lecture : pour les statuts vaccinaux, « cpl » signifie « cycle complet sans rappel », « rpl1 » signifie « premier rappel » et « rpl2 » signifie deuxième rappel ; « m3 » signifie « de moins de 3 mois », « p3_m6 » signifie « de plus de 3 mois et de moins de 6 mois », « p3 » signifie « de plus de 3 mois » et « p6 » signifie « de plus de 6 mois ». Pour les 60-79 ans, les données disponibles ne permettent pas de mener des estimations robustes pour les rpl2_p3. C'est le cas également chez les 80 ans ou plus pour les rpl2_m3 sur les soins critiques et pour les rpl2_p3 sur les soins critiques et les décès.

Lecture : Pour une personne de 80 ans ou plus, par rapport à une personne ayant un cycle complet de plus de 6 mois sans rappel, le risque de décès d'une personne avec un premier rappel datant de plus de 6 mois est multiplié par 0,49 (donc réduit de 51%) ; pour une personne ayant un deuxième rappel depuis moins de trois mois, il est multiplié par 0,23 par rapport à une personne sans rappel, et donc divisé par 2,1 par rapport à un premier rappel depuis plus de 6 mois. Les graphiques sont présentés en échelle logarithmique pour faciliter la lecture : la multiplication par 2 ou la division par 2 d'un risque sont matérialisés par le même écart entre deux points.

Bien que plus complets que ceux présentés dans les publications antérieures à celle du 22 juillet 2022, ces résultats demeurent soumis à certaines limites :

- la durée depuis le précédent épisode infectieux n'est pas prise en compte. Des travaux sur cette question sont en cours ;

- la qualité de l'appariement entre les bases et intra-Sidep étant imparfaite, et Sidep n'existant que depuis mai 2020, il est très probable que certaines personnes considérées comme « sans antécédent » aient en réalité connu un (ou plusieurs) épisodes infectieux préalables ;
- seuls les antécédents trouvés dans Sidep sont considérés comme tels. Par exemple, une personne ayant un schéma vaccinal complet à une dose (hors Janssen) est considérée comme n'ayant pas eu d'antécédent alors qu'il est probable que l'obtention du statut vaccinal complet sans double dose provienne d'une infection préalable.

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 et les statistiques publiées en open data portent **jusqu'au 28 aout 2022** et ont été extraites le **6 septembre 2022**.

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. 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).

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

La présomption de variant Omicron ou Delta est établie à partir des résultats de criblage des tests RT-PCR positifs. Le criblage conduit à fournir une information codée sur 4 positions A, B, C, D, renseignant sur le type de mutation identifiée⁵. La détection du variant Omicron peut être indiquée par le codage D1. Mais cette quatrième position n'a été introduite dans le dispositif de remontée des résultats de criblage que début décembre et moins de 40 % des tests criblés début 2022 contiennent une information exploitable pour ces mutations D.

Par ailleurs, depuis juillet et jusqu'à début décembre 2021, le variant Delta étant largement majoritaire, l'essentiel des criblages durant cette période portent la mutation C. En revanche, le variant Omicron ne comporte aucune des trois mutations A, B, C. Si bien qu'en l'absence d'information exhaustive issue du criblage sur la mutation D et après une quatrième vague essentiellement portée par le variant Delta codé en C1, un indicateur raisonnable pour déceler les tests relevant possiblement d'un variant Omicron provient des codages indiquant l'absence de mutations A, B et C.

⁵ Plus précisément, ces informations sont associées à des mutations de la chaîne peptidique codée par le coronavirus. Les positions de codage correspondent aux mutations suivantes :

- A : E484K, mutation indicatrice notamment des variants Beta et Gamma
- B : E484Q, mutation indicatrice notamment du variant Kappa
- C : L452R, mutation indicatrice notamment du variant Delta
- D : délétion 69/70 ou mutations N501Y ou K417N, indicatrices notamment du variant Omicron avant le 20 décembre 2021 puis del69/70 mutations S371L-S373P ou Q493R à partir du 20 décembre 2021.

Pour chaque position, les codages possibles sont :

- 0 : absence
- 1 : présence
- 8 : ininterprétable
- 9 : non recherché

Au final, le « proxy Omicron » est défini comme les tests criblés dont le résultat est du type A0BxC0 ou A0BxC0D[189] ou AxBxCxD1⁶. Par ailleurs tous les autres tests sont considérés comme relevant du « proxy Delta » car les autres variants circulant en France en décembre 2021 sont très minoritaires. Ces choix sont par ailleurs confirmés par les résultats de séquençage exploités par Santé publique France, qui permettent d'établir de façon certaine le lignage du virus identifié dans les prélèvements⁷.

Une grande majorité des tests RT-PCR positifs étant criblés⁸, les proportions de tests criblés relevant du proxy Omicron ou du proxy Delta sont supposées être similaires pour l'ensemble des tests RT-PCR positifs (qu'ils soient criblés ou non). Avant le 13 décembre 2021, aucun test n'est réputé Omicron et après le 31 janvier 2022 tous les tests sont réputés Omicron.

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), enregistrés dans SI-VI. Les dénombrements ici présentés (colonne « décès ») 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 catégories⁹, le **statut vaccinal** des patients a été défini selon qu'il y ait ou pas un antécédent de Covid, c'est-à-dire un test RT-PCR positif détecté 3 mois précédent la vaccination, et ce sous le prisme des groupes suivants :

Personne ayant effectué une vaccination complète :

- *cpl_m3* : une personne ayant reçu une deuxième dose¹⁰ de vaccins depuis moins de trois mois
- *cpl_p3_m6* : une personne ayant reçu une deuxième dose de vaccins avec une ancienneté comprise entre 3 et 6 mois.
- *cpl_p6* : une personne ayant reçu une deuxième dose de vaccins avec une ancienneté de plus de 6 mois.

Personne ayant effectué une injection de rappel :

- *rpl1_m3* : personnes ayant reçu une dose de rappel depuis moins de 3 mois ;
- *rpl1_p3_m6* : personnes ayant reçu une dose de rappel depuis plus de 3 mois et moins de 6 mois ;
- *rpl1_p6* : personnes ayant reçu une dose de rappel depuis plus de 6 mois ;

⁶ Le codage sur la mutation B n'a plus été requis à partir du 20 décembre 2021. Ces codages sur la mutation B étant moins souvent renseignés, la contrainte sur l'absence de mutation B a été supprimée, le terme x signifie n'importe lequel des quatre codages possibles.

⁷ Voir notamment l'analyse de risque sur les variants du SARS-CoV-2 du 15 décembre 2021 :

<https://www.santepubliquefrance.fr/media/files/01-maladies-et-traumatismes/maladies-et-infections-respiratoires/infection-a-coronavirus/analyse-de-risque-des-variants-emergents-de-sars-cov-2-mai-15-12-2021>

⁸ Plus de 70 % entre le 29 novembre 2021 et le 2 janvier 2022.

⁹ En revanche, s'agissant de la décomposition des personnes vaccinées en fonction de l'ancienneté depuis l'obtention du statut vaccinal complet ou du rappel, il n'existe pas à notre connaissance de typologie standard à ce stade.

¹⁰ Ou une troisième dose s'agissant des personnes immunodéprimées.

Personne ayant effectué un second rappel :

- *rpl2_m3* : personnes ayant reçu une deuxième dose de rappel depuis moins de 3 mois ;

L'identification du statut vaccinal est faite à partir des informations sur les injections dans la base VAC-SI. Une note méthodologique¹¹, associée à la publication de la Drees du 29 octobre 2021, détaille les traitements appliqués, et notamment comment sont prises en compte les observations des patients ne pouvant être retrouvés dans les bases VAC-SI.

¹¹ https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/sites/default/files/2021-10/211029%20Am%C3%A9liorations%20m%C3%A9thodologiques%20des%20appariements_vf.pdf

Annexe – Prise en compte des antécédents d’infection au Covid-19

L’exclusion de l’analyse de la catégorie de population dont l’effectif est estimé par solde (et non directement dénombré) a permis d’affiner les conclusions émises dans les publications antérieures à celle du 22 juillet 2022. En effet, il devient possible de séparer toutes les autres catégories de population en deux sous-groupes, selon que l’on trouve ou non la présence d’une infection antérieure au Covid-19 dans les données. La présente note continue de présenter les résultats selon cette grille d’analyse.

Grâce à la base Sidep, il est possible de déceler si une personne a eu une infection dans le passé. Cependant, certaines difficultés techniques conduisent à ce qu’une certaine imprécision demeure quant à cette identification :

- la base Sidep n’est en place que depuis mai 2020, donc les infections de la première vague ne sont pas prises en compte ;
- le pseudonyme des individus étant fondé sur des traits identifiants et non le NIR, il est davantage soumis aux erreurs de saisie, ce qui affecte la qualité de l’appariement intra-Sidep (une même personne peut par exemple avoir deux tests sous deux pseudonymes différents pour une faute d’orthographe, ou en raison d’une confusion entre nom marital et nom de naissance) ;
- les cas non dépistés n’entrent pas dans l’analyse.

Les antécédents sont pris en compte quel que soit le variant concerné. Seuls les antécédents datant d’au moins 13 semaines sont considérés dans l’analyse.

Aucune comparaison de protection face à l’infection entre des personnes ayant eu un antécédent connu et des personnes n’en ayant pas eu n’est à ce stade présentée. Par exemple on ne compare pas des personnes non vaccinées ayant eu une infection à des personnes ayant un schéma vaccinal complet dont on n’a pas de trace d’une éventuelle contamination. En effet, les résultats relatifs à de telles comparaisons diffèrent assez sensiblement selon que l’on fait le choix *ex ante* de s’intéresser à l’ensemble de la population ou celui de se restreindre à la seule population des personnes pour lesquelles on trouve l’existence d’un test¹². Par ailleurs, l’analyse est faite en considérant de la même manière l’ensemble des personnes ayant eu une contamination au préalable, c’est-à-dire en distinguant de manière frustrante le variant responsable de l’infection préalable (Omicron ou autre), et ne font pas intervenir la durée écoulée depuis cette dernière. Il semble plus prudent de traiter plus finement cette question avant de pouvoir comparer des personnes précédemment infectées à des personnes qui ne l’ont pas été. Ces analyses, en cours, feront l’objet de développements ultérieurs.

¹² L’indicateur analysé est notamment lié au ratio de risque (nombre de cas / nombre de personnes) entre deux populations de statuts vaccinaux différents. Le fait de l’évaluer sur toute la population ou celle des seules personnes testées n’affecte en pratique que le dénominateur du risque des personnes n’ayant pas d’antécédent. Les deux numérateurs sont inchangés (pour avoir un test positif, il faut être testé), et le dénominateur des personnes ayant un antécédent ne l’est pas non plus (pour avoir un antécédent, il faut avoir été testé). Dès lors, en restreignant l’échantillon aux seules personnes testées, on diminue le nombre de personnes dénombrées sans antécédent, si bien que le risque pour ces personnes sans antécédent augmente, et donc de fait la mesure de la protection conférée par l’antécédent.

Annexe – Description détaillée du modèle 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 pour les infectés symptomatiques et pour les décès sont construits de façon similaire. Le modèle utilisé est détaillé ci-après (*Précisions opérationnelles*).

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) ;
- 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 temporelle (date), 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 :

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

avec un risque par date 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 :

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

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

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

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

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

de vraisemblance :

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

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 :

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

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

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

Ainsi les risques estimés sont obtenus en choisissant les $\text{risque}(\text{date})$ 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.

Précisions opérationnelles

Les risques ont été obtenu *via* la bibliothèque *stats* de R via un modèle croisant **date** et croisant **âge/statut/type**, où **type** est le type d'événement, sur la période du 13 décembre 2021 au 10 juillet 2022 en se restreignant au variant Omicron. Le modèle

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

a été ajusté sur la table « *donnees* » issue de l'appariement, agrégée par *date*, *âge*, *statut vaccinal* et *type* d'événement, à savoir infection détectée par test RT-PCR positif, symptomatique, hospitalisation conventionnelle (décalée de 7 jours pour prendre en compte le délai moyen empirique entre infection testée et entrée hospitalière), entrée en soins critiques (décalée également de 7 jours) et décès hospitalier (décalée de 14 jours pour prendre en compte le délai moyen empirique entre infection testée et décès hospitalier), en se restreignant aux cas imputés au variant Omicron. Ce modèle, estimé selon plusieurs filtre d'infections antérieure a permis d'obtenir les graphiques 2 à 5.

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

Annexe – Catégorie de référence pour la présentation des résultats depuis la publication du 22 juillet 2022

L'ensemble des résultats sur l'efficacité vaccinale étaient présentés dans les publications de la Drees en comparant différents groupes de population à un groupe « de référence », constitué jusqu'à la publication du 1^{er} juillet 2022 incluse¹³ par les individus non vaccinés. Pour rappel, l'efficacité vaccinale s'évalue à partir du risque relatif d'un groupe donné par rapport à un groupe de référence, ce qui nécessite de connaître l'effectif de chacun des groupes d'intérêt. Plus précisément, il s'agit de dénombrer les effectifs de personnes selon différents statuts vaccinaux, mais aussi ceux de personnes n'ayant pas reçu de dose de vaccin. Cet exercice est relativement aisé pour dénombrer les personnes vaccinées, puisque l'information vient directement du système d'information Vacsi, mais il l'est moins pour dénombrer les personnes non vaccinées. En effet, jusqu'avant la précédente publication, cette population était estimée par différence entre les estimations par l'Insee de population résidente et le nombre de personnes vaccinées issu du système d'information Vacsi (on parlera d'estimation « par solde » dans la suite). Or, au fur et à mesure que la vaccination se généralise dans la population, cette méthode d'estimation par solde est devenue plus fragile, car il n'est pas garanti que le périmètre de la population résidente au sens de l'Insee et celui de la population ayant accès à la vaccination soient strictement identiques, même s'ils sont proches. Par ailleurs, s'il apparaissait naturel au début de la campagne de vaccination de comparer les devenir des personnes vaccinées par rapport à celles qui ne l'étaient pas, il est désormais plus lisible de prendre une catégorie de référence correspondant à un groupe de population aujourd'hui davantage représenté, dans un contexte où 9 personnes de 18 ans ou plus sur 10 ont désormais reçu un schéma vaccinal complet.

C'est pourquoi, lors de la précédente publication (22 juillet 2022), une nouvelle présentation des résultats a été proposée et est conservée ici. En premier lieu, la catégorie de population « de référence » par rapport à laquelle sont présentés les résultats des autres catégories de population est désormais celle des personnes ayant reçu un schéma vaccinal complet depuis plus de 6 mois, sans rappel. En deuxième lieu, les résultats concernant les personnes non vaccinées ne sont plus présentés, car leur robustesse se trouve fragilisée par le fait que leur effectif total est à la fois devenu faible et calculé par solde, donc estimé avec moins de précision que les effectifs des autres catégories. En troisième lieu, une distinction est opérée parmi les personnes vaccinées avec rappel, selon que ce rappel est le premier ou le deuxième.

En outre, par rapport à la précédente publication, des données plus nombreuses concernant le devenir des personnes ayant reçu deux doses de rappel sont désormais disponibles et les résultats sont donc complétés à ce titre.

¹³ [Statut vaccinal des personnes testées ou hospitalisées avec Covid-19 – Données au 1er juillet 2022 | Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques \(solidarites-sante.gouv.fr\)](#)