

Modélisation de l'évolution potentielle de la COVID-19 dans le Grand Montréal pendant la période des fêtes 2022-2023

Marc Brisson, Ph. D., directeur

Guillaume Gingras, Ph. D., modélisateur principal

Mélanie Drolet, Ph. D., épidémiologiste principale

Maxime Hardy, M.Sc., modélisateur

Jean-François Laprise, Ph. D., modélisateur

pour le groupe de modélisation COVID-19 ULAVAL/INSPQ

Rapport 20: 12 décembre 2022



Table des matières

- **État des connaissances** p.3
- **Objectifs** p.4
- **Méthodes** pp.6-9
- **Résultats** pp.11-16
- **Éléments importants pour l'interprétation des résultats** pp.18-20
- **Constats** pp.22-23
- **Évolution COVID-19 et autres virus respiratoires** p.24
- **Annexe**
 - Résultats par âge p.28
 - Analyse de sensibilité – contacts très élevés pendant les fêtes p.29
 - Scénario de la vaccination – couverture vaccinale selon l'âge p.31
 - Description du modèle p.32
 - Calibration pp.33-37
 - Paramètres pp.38-40

État des connaissances

- La période des fêtes est propice à la recrudescence des cas avec une augmentation des contacts, incluant une augmentation des contacts intergénérationnels.
- Un nombre important de Québécois ont été infectés par la COVID-19, particulièrement depuis Omicron.
- En considérant l'infection par la COVID-19 et la vaccination, on distingue 4 types d'immunité et niveaux de protection contre la COVID-19^{*1-3}:
 - **aucune immunité**: absence d'immunité pour les gens non vaccinés qui n'ont jamais été infectés (aucune protection)
 - **immunité vaccinale** seulement: obtenue à la suite de la vaccination (protection autour de 40-70% contre une infection symptomatique; protection autour de 40-75% contre les complications graves)
 - **immunité naturelle** seulement: obtenue à la suite d'une infection (protection autour de 35-75% contre une infection symptomatique; protection autour de 70-90% contre les complications graves)
 - **immunité hybride**: combine les deux types d'immunité précédents (protection autour de 65-80% contre une infection symptomatique; protection autour de 90-95% contre les complications graves)
- Nous ne sommes pas à l'abri de variants ou sous-variants plus transmissibles et/ou qui échappent à l'immunité vaccinale, naturelle et/ou hybride.

*Protection contre BA.4/BA.5; 1. Carazo et al. Infographie INSPQ; 2. Tartof et al., Lancet Infect Dis, 2022; 3. Altarawneh et al., NEJM, 2022.

Objectifs du rapport

- Explorer, à l'aide la modélisation mathématique, différents scénarios de l'évolution de la COVID-19 pour la période des fêtes 2022-2023 en tenant compte:
 - du profil immunitaire de la population
 - de contacts effectifs plus nombreux en décembre et pendant la période des fêtes, incluant plus de contacts intergénérationnels
 - de la présence des variants BQ.1/BQ.1.1 et leurs sous-lignées au Québec
- Ces scénarios permettront d'illustrer les éléments clés à considérer pour l'évolution de l'épidémie et l'ampleur potentielle d'une vague pendant la période des fêtes, pour ultimement, aider à l'élaboration de plans de contingence.

Méthodes

(voir l'Annexe pour plus de détails)

Scénario des contacts sociaux

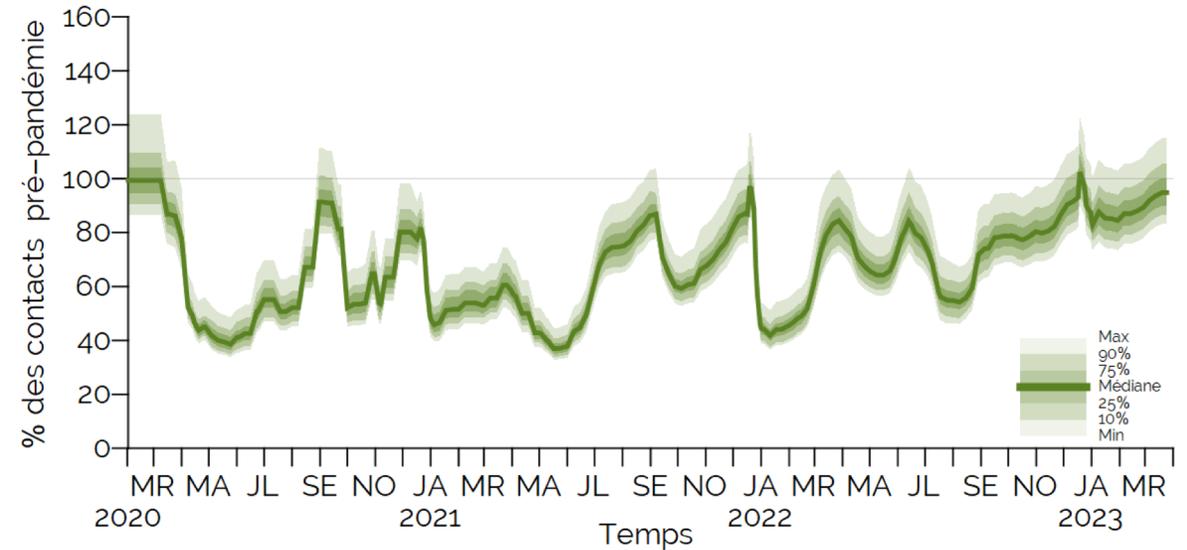
Grand Montréal

Jusqu'en décembre 2022:

- Notre scénario des contacts sociaux est basé sur les contacts mesurés par l'étude CONNECT¹ et le Sondage sur les attitudes et comportements des adultes québécois de l'INSPQ². Les contacts effectifs* à travers le temps sont le résultat de la calibration du modèle aux données d'hospitalisations et de décès.

Après décembre 2022:

- Notre scénario des contacts sociaux est basé sur les contacts de CONNECT¹ mesurés avant la pandémie et tient compte de la saisonnalité des contacts effectifs* de la COVID (ex: plus de contacts effectifs avec le refroidissement des températures).
- **Nous incluons des pics de contacts pour tenir compte des célébrations et rassemblements de la période des fêtes (ex: Noël et jour de l'an), et de l'augmentation des contacts intergénérationnels durant cette période.**
- Nous n'intégrons pas de nouvelles mesures sanitaires lors d'une recrudescence de cas.



1. <https://www.inspq.qc.ca/covid-19/donnees/connect>; Collecte des données de CONNECT: 1) pré-pandémie en 2018/2019 et 2) pandémie d'avril 2020 à juillet 2021.

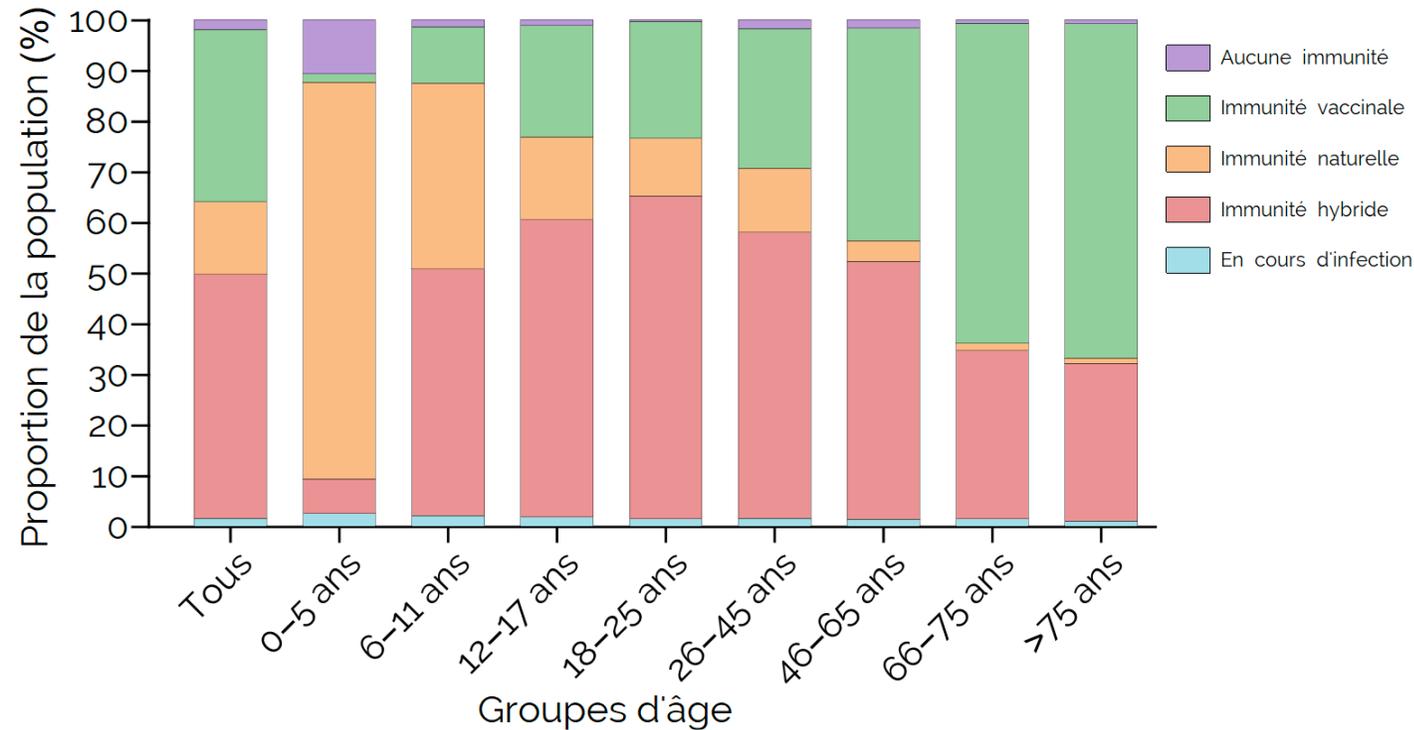
2. <https://www.inspq.qc.ca/covid-19/sondages-attitudes-comportements-quebecois>; Collecte des données de contacts sociaux depuis le 4 février 2022.

* Contacts effectifs: contacts entre une personne infectée et une personne susceptible pouvant mener à l'infection de la personne susceptible.

** Voir l'annexe pour les figures de calibration du modèle.

Profil immunitaire de la population du Grand Montréal

Estimation basée sur la calibration du modèle* - début décembre 2022

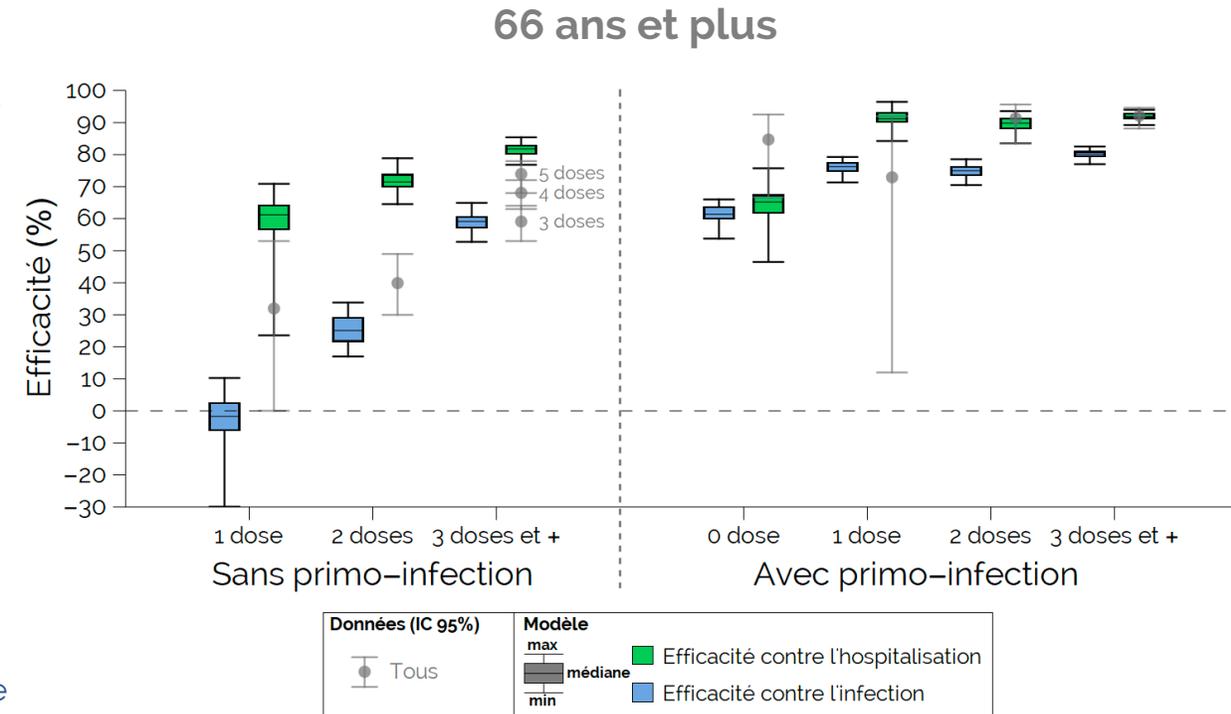


- À partir du modèle, au début décembre, on estime qu'environ:
 - 50% de la population présente de **l'immunité hybride** (population vaccinée et infectée). Ce pourcentage est plus élevé chez les jeunes et plus bas chez les personnes âgées;
 - 15% de la population présente de **l'immunité naturelle** (population non vaccinée et infectée). Ce pourcentage est plus élevé chez les jeunes et plus bas chez les personnes âgées;
 - 35% de la population présente de **l'immunité vaccinale** (population vaccinée et non infectée). Ce pourcentage est plus élevé chez les personnes âgées et plus bas chez les jeunes;
 - Moins de 5% de la population ne présente **aucune immunité** (population non vaccinée et non infectée).

* À noter: Il y a beaucoup d'incertitude autour des estimations du profil immunitaire car elles dépendent des hypothèses de base d'Omicron, de la qualité des données et de la calibration. Voir l'annexe pour les figures de calibration du modèle.

Scénarios de la vaccination – Efficacité vaccinale contre BA.4/BA.5

- Le scénario d'efficacité vaccinale est basé sur la calibration du modèle aux données d'hospitalisations et de décès stratifiées par âge et nombre de doses.
- La figure ci-contre illustre l'efficacité vaccinale populationnelle provenant des simulations du modèle de juillet à novembre 2022.
- À noter:
 - l'efficacité vaccinale populationnelle varie dans le temps selon plusieurs facteurs dont l'évolution des sous-variants/variants, la perte d'efficacité dans le temps depuis la dernière dose et le profil immunitaire de la population.
 - l'efficacité vaccinale a été estimée au Québec parmi les travailleurs de la santé¹ et chez les 60 ans et plus² (dont le statut immunitaire et l'exposition sont incertains) alors que celle provenant des simulations du modèle est estimée parmi la population totale (statut immunitaire et contacts disponibles pour tous les individus du modèle); ces différentes populations pourraient expliquer les différences notées entre les deux estimations.



Données: Efficacité vaccinale contre l'hospitalisation estimée au Québec chez les 60 ans et plus².

¹ Carazo et al. Protection against Omicron BA.2 reinfection conferred by primary Omicron or pre-Omicron infection with and without mRNA vaccination. Lancet Infect Dis 2022; 2. Carazo et al. Infographie INSPQ.

* L'efficacité vaccinale est calculée en comparant le taux d'incidence des infections et des hospitalisations dans chaque groupe d'immunité avec celui du groupe non vacciné et sans primo-infection pour une période de temps donnée. Les estimés dépendent de la qualité des données et de la calibration aux données. Voir l'annexe pour plus de détails méthodologiques et la calibration du modèle.

Résumé des scénarios

Variants hypothétiques	Échappement naturel	Échappement vaccinal	Échappement hybride	Transmissibilité	Sévérité
	Infection	Infection	Infection		
Scénario de base (BQ.1*)	25-35%	5-10%	0-5%	1,05 fois plus transmissible que BA.4/BA.5	Identique à BA.4/BA.5
Scénario Optimiste (BA.4/BA.5)	Identique à BA.4/BA.5	Identique à BA.4/BA.5	Identique à BA.4/BA.5	Identique à BA.4/BA.5	Identique à BA.4/BA.5
Scénario Pessimiste (Variant avec échappement très élevé)	Identique à l'échappement d'Omicron vs Delta (45-55%)	Identique à l'échappement d'Omicron vs Delta (25-30%)	Identique à l'échappement d'Omicron vs Delta (15-25%)	1,05 fois plus transmissible que BA.4/BA.5	Identique à BA.4/BA.5
Scénario Pessimiste intermédiaire (Variant avec échappement élevé)	35-45%	10-15%	10-15%	1,05 fois plus transmissible que BA.4/BA.5	Identique à BA.4/BA.5

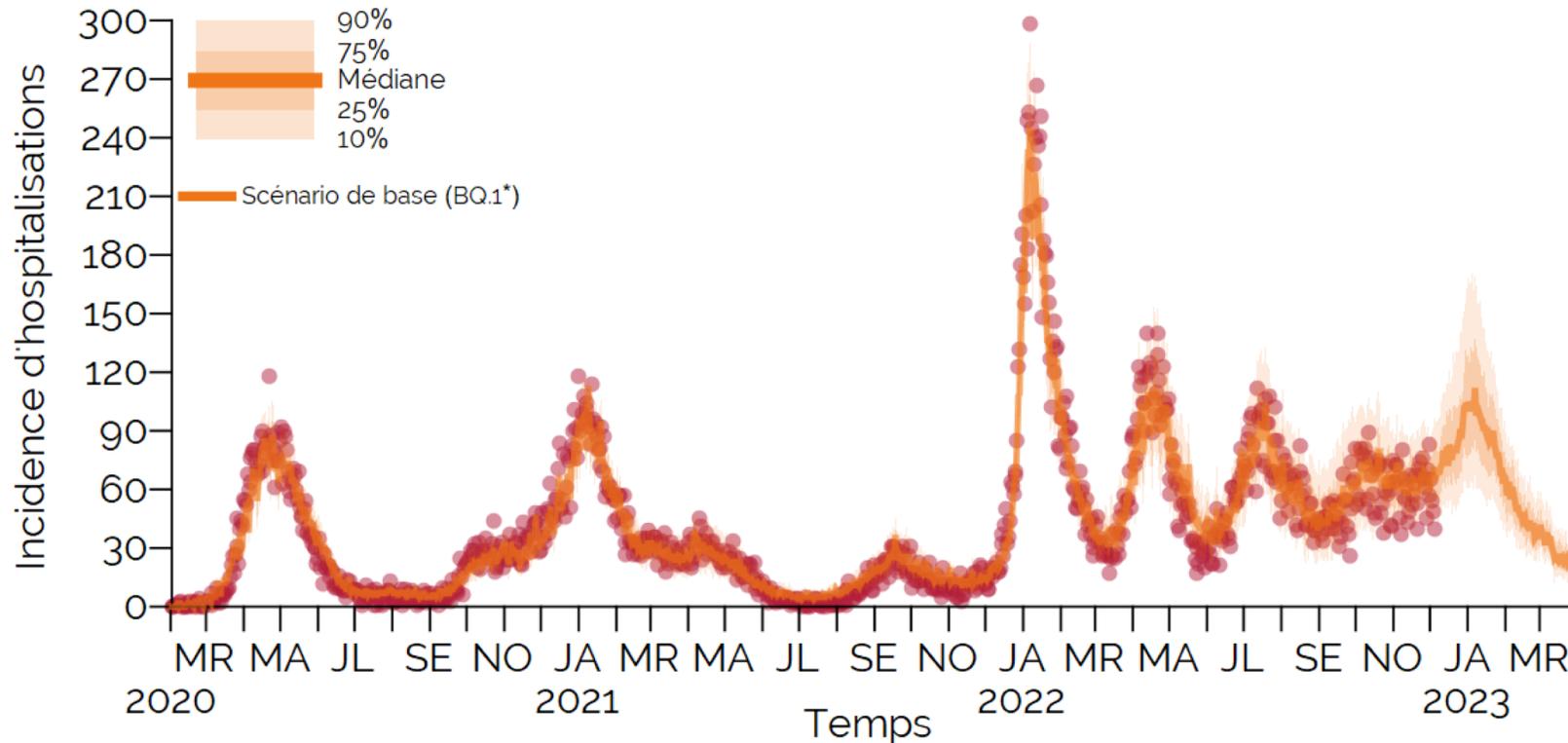
- Échappement naturel et hybride : proportion d'individus rétablis redevenant susceptibles suite à l'introduction du nouveau variant.
- Échappement vaccinal: diminution du niveau de protection des individus vaccinés.
- Pour tous ces scénarios, nous incluons une perte d'efficacité vaccinale dans le temps après la dernière dose, nous considérons qu'il n'y a pas de mesures sanitaires lors d'une recrudescence de cas et nous considérons le statu quo de la vaccination à partir de décembre 2022.
- Nous faisons l'hypothèse que les nouveaux variants n'affectent pas l'efficacité conditionnelle d'hospitalisation à la suite d'une infection.
- BQ.1* = BQ.1, BQ.1.1 et leurs sous-lignées.
- Dans tous les scénarios, nous considérons que le/les nouveaux variants ont été introduits au Québec le 1^{er} septembre 2022. Ceci correspond à la date de la première détection de la lignée des BQ.1 au Québec.

Projections

Évolution potentielle de la COVID-19 dans le Grand Montréal
pendant la période des fêtes 2022-2023

Évolution de la COVID-19 dans le Grand Montréal

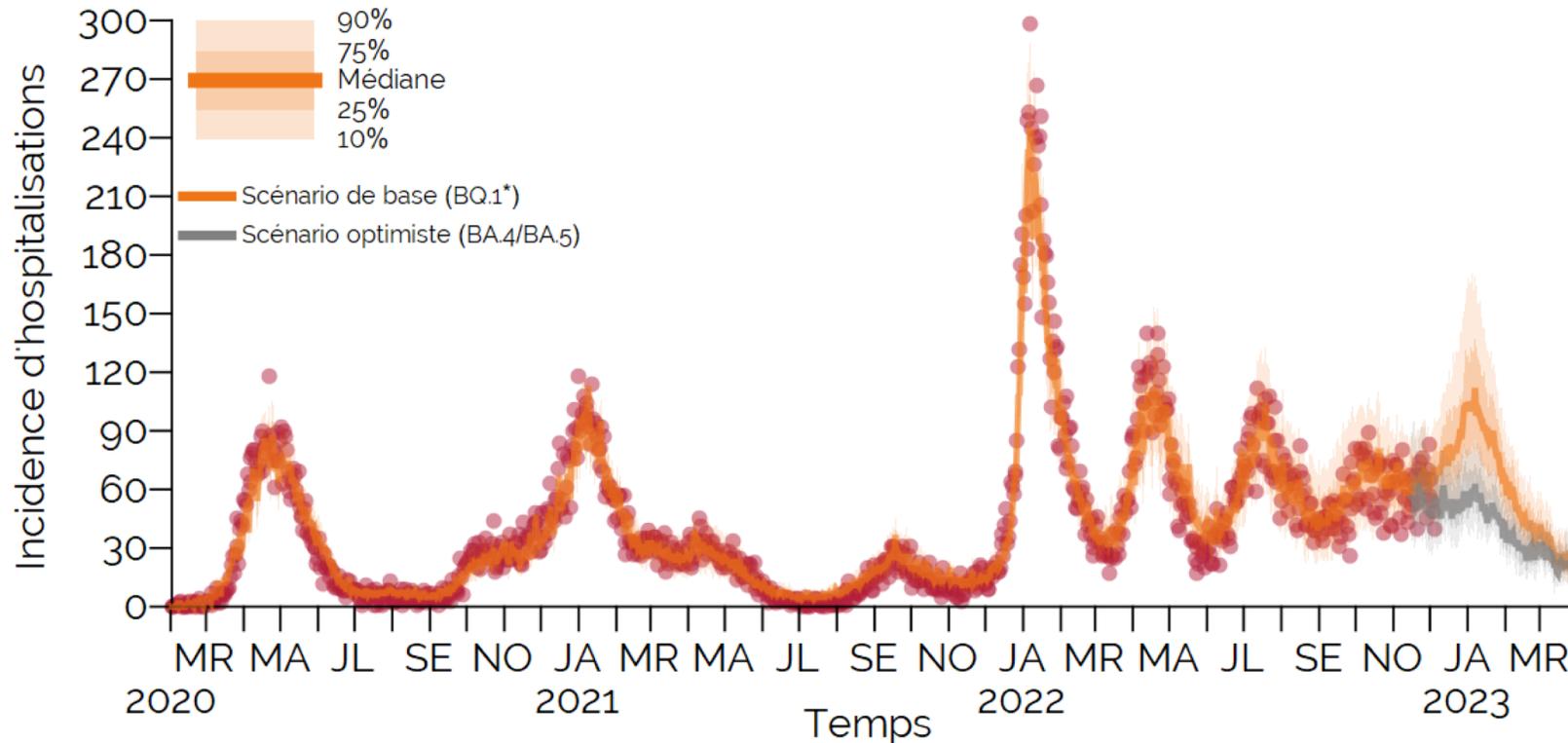
Nombre de nouvelles hospitalisation par jour: **Scénario de base (BQ.1*)**



- La présence des variants BQ.1/BQ.1.1 au Québec (qui présentent plus d'échappement que BA.4/BA.5), combinée à une augmentation des contacts effectifs pendant la période des fêtes, pourraient produire une recrudescence des **nouvelles hospitalisations avec des pics entre ceux de l'été et du printemps 2022 (scénario de base)**.
- Une augmentation des contacts intergénérationnels pourrait contribuer à la percolation de la transmission vers les personnes âgées de plus de 65 ans qui ont moins de protection hybride (voir l'annexe pour les projections par âge).

Évolution de la COVID-19 dans le Grand Montréal

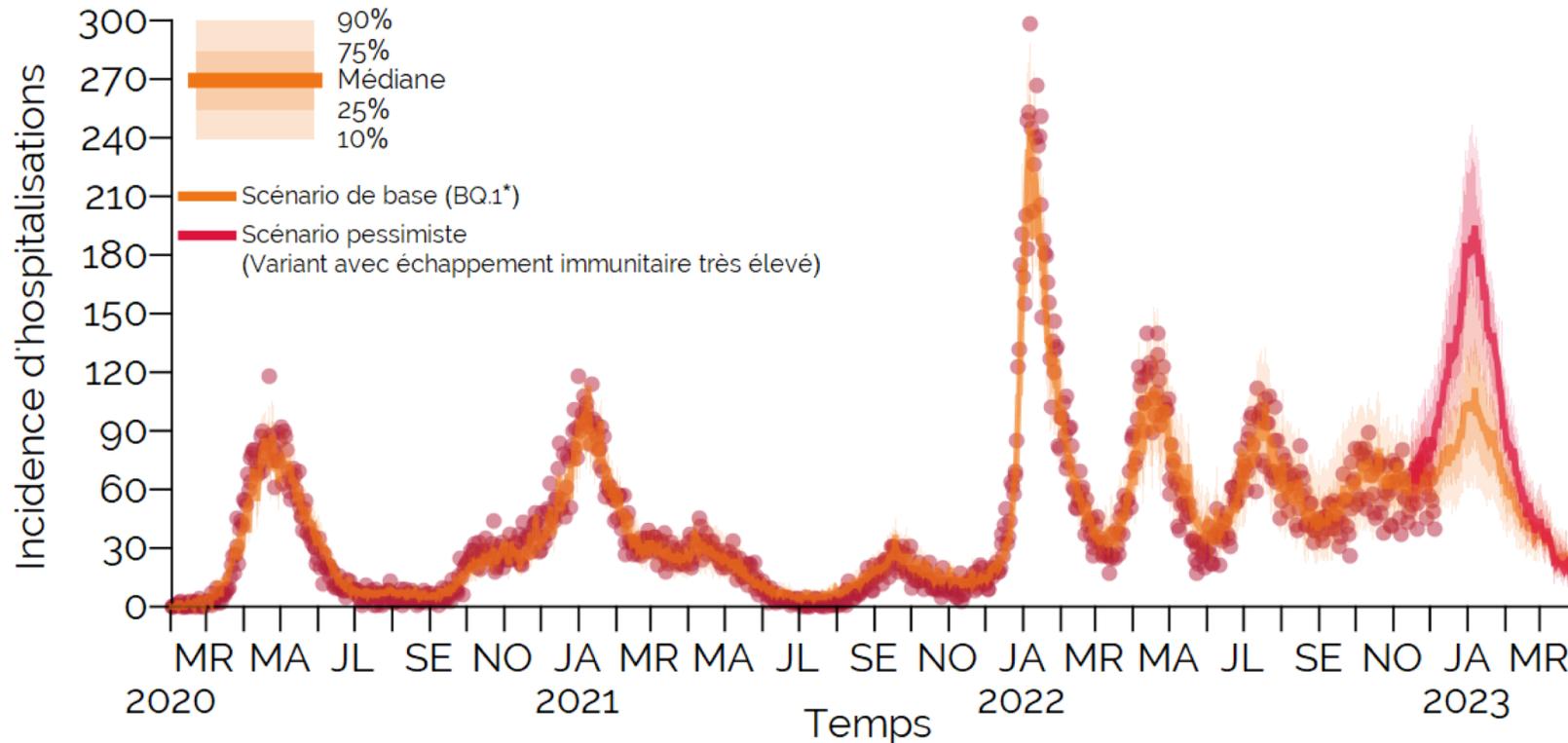
Nombre de nouvelles hospitalisation par jour: Scénario Optimiste (BA.4/BA.5)



- La présence des variants BQ.1/BQ.1.1 au Québec (qui présentent plus d'échappement que BA.4/BA.5), combinée à une augmentation des contacts effectifs pendant la période des fêtes, pourraient produire une recrudescence des nouvelles hospitalisations avec des pics entre ceux de l'été et du printemps 2022 (scénario de base).
- Cependant, **l'impact sur les cas et les nouvelles hospitalisations pourrait être limité si BQ.1/BQ.1.1 présentent des caractéristiques similaires à BA.4/BA.5 (scénario optimiste).**

Évolution de la COVID-19 dans le Grand Montréal

Nombre de nouvelles hospitalisation par jour: **Scénario Pessimiste (échappement très élevé)**

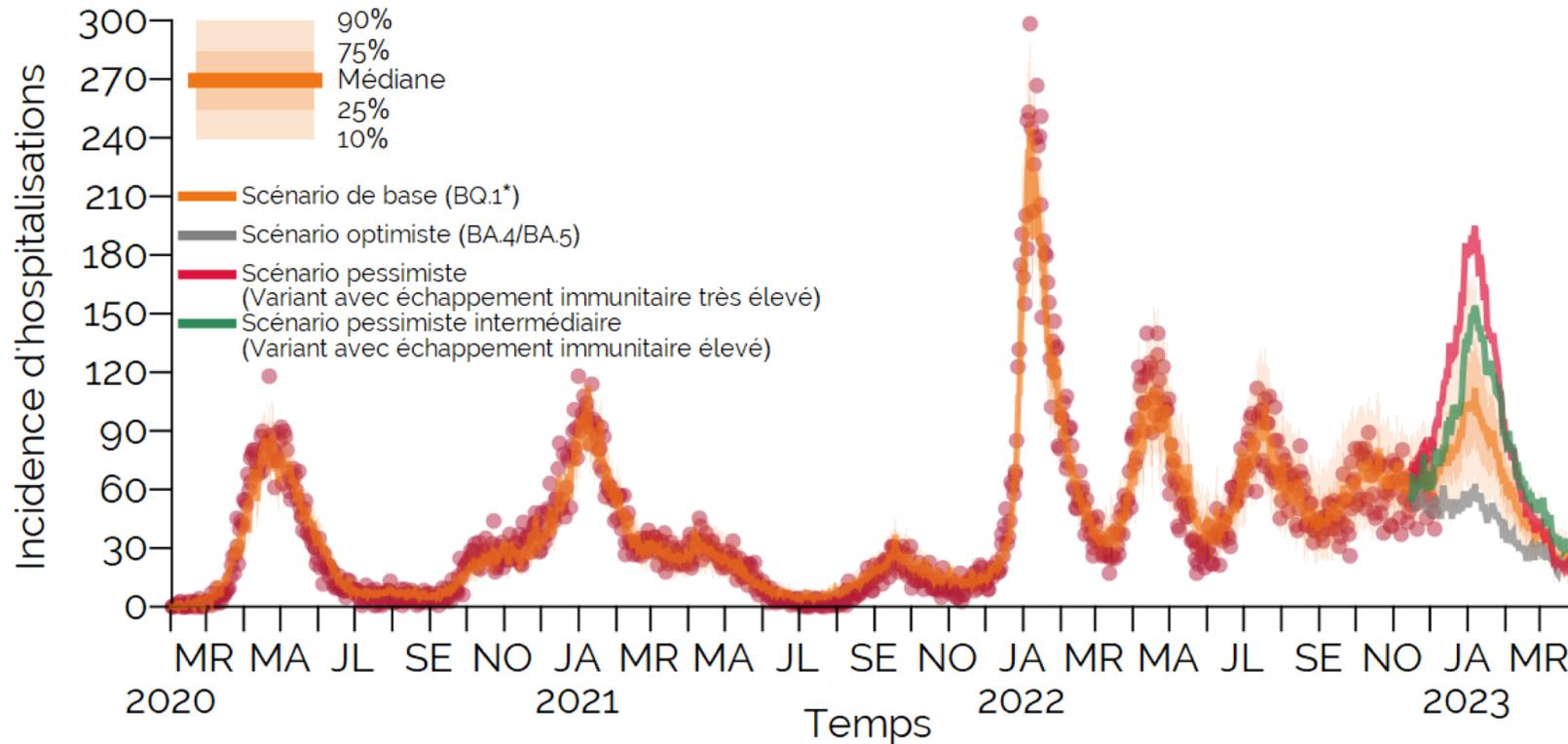


- La présence des variants BQ.1/BQ.1.1 au Québec (qui présentent plus d'échappement que BA.4/BA.5), combinée à une augmentation des contacts effectifs pendant la période des fêtes, pourraient produire une recrudescence des nouvelles hospitalisations avec des pics entre ceux de l'été et du printemps 2022 (scénario de base).
- Une **recrudescence importante des cas/hospitalisations pourrait survenir, advenant l'arrivée d'un variant avec un échappement élevé (similaire à l'échappement d'Omicron vs Delta) (scénario pessimiste)**. Les nombres de cas/nouvelles hospitalisations pourraient atteindre ceux de la vague Omicron en janvier 2022.
- À noter: les scénarios n'incluent pas de mesures sanitaires contrairement à la vague Omicron en janvier 2022.

Points rouges, données INSPQ/MSSS par jour; derniers points des hospitalisations le 3 décembre (données du 6 décembre 2022). Les résultats représentent la médiane et les 10^e, 25^e, 75^e et 90^e percentiles des prédictions du modèle. Les transferts hospitaliers des CHSLD sont exclus. * BQ.1, BQ.1.1 et leurs sous-lignées; Nous considérons que le BQ.1 a été introduit au Québec le 1er septembre 2022. À noter: Nous ne modélisons pas un variant plus sévère et les résultats des simulations dépendent du profil immunitaire estimé par le modèle.

Évolution de la COVID-19 dans le Grand Montréal

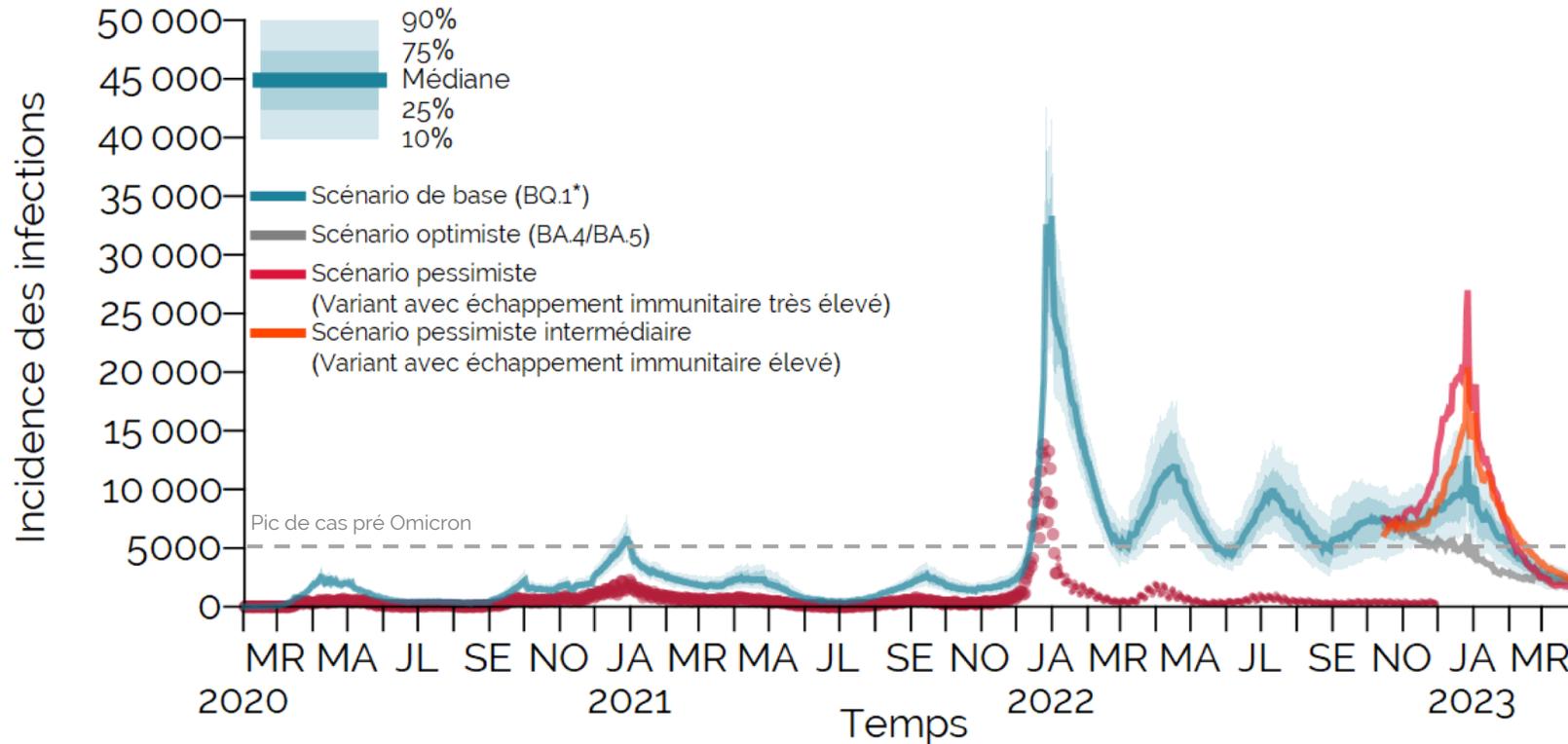
Nombre de nouvelles hospitalisation par jour: 4 Scénarios



- Il y a une grande incertitude autour des caractéristiques d'un nouveau variant potentiel, du profil immunitaire de la population québécoise et des contacts effectifs lors de la période des fêtes. On ne peut donc pas exclure que des scénarios pourraient se situer entre notre scénario de base et notre scénario le plus pessimiste.
- À noter: La variabilité autour des prédictions a été supprimée pour mieux distinguer les scénarios.

Évolution de la COVID-19 dans le Grand Montréal

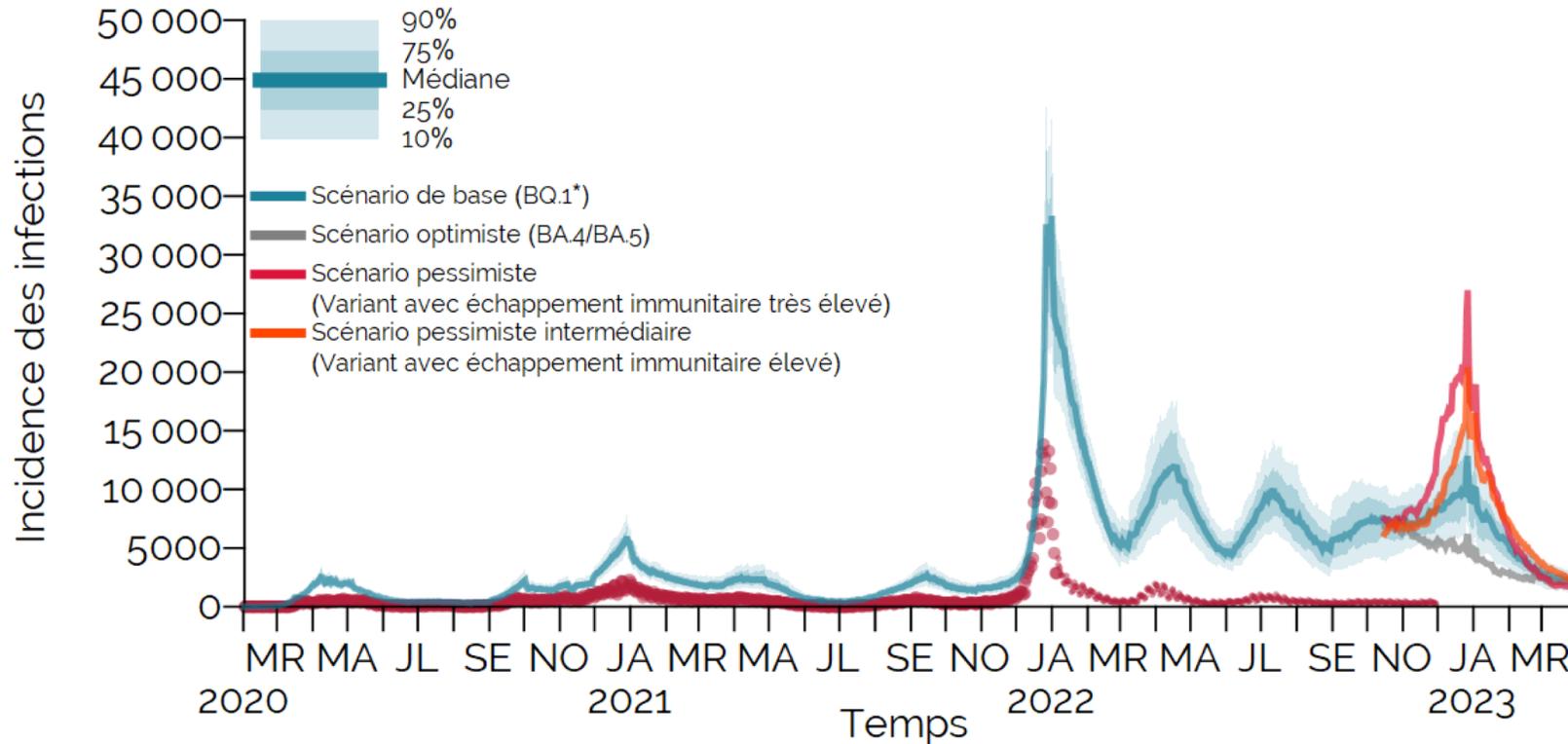
Nombre de nouveaux cas par jour: 4 Scénarios



- Depuis l'arrivée d'Omicron et de ses sous-lignées, nous sommes dans un nouveau paradigme quant aux niveaux de cas liés à la COVID-19.
- Le R_0 très élevé d'Omicron et de ses sous-lignées fait en sorte que le nombre de cas peut demeurer plus élevé que les pics de cas pré-Omicron. Le virus peut tirer avantage de petits changements d'immunité (ex: échappement immunitaire et perte de protection vaccinale avec le temps) pour causer une recrudescence des cas.
- À noter: La variabilité autour des prédictions a été supprimée pour mieux distinguer les scénarios.

Évolution de la COVID-19 dans le Grand Montréal

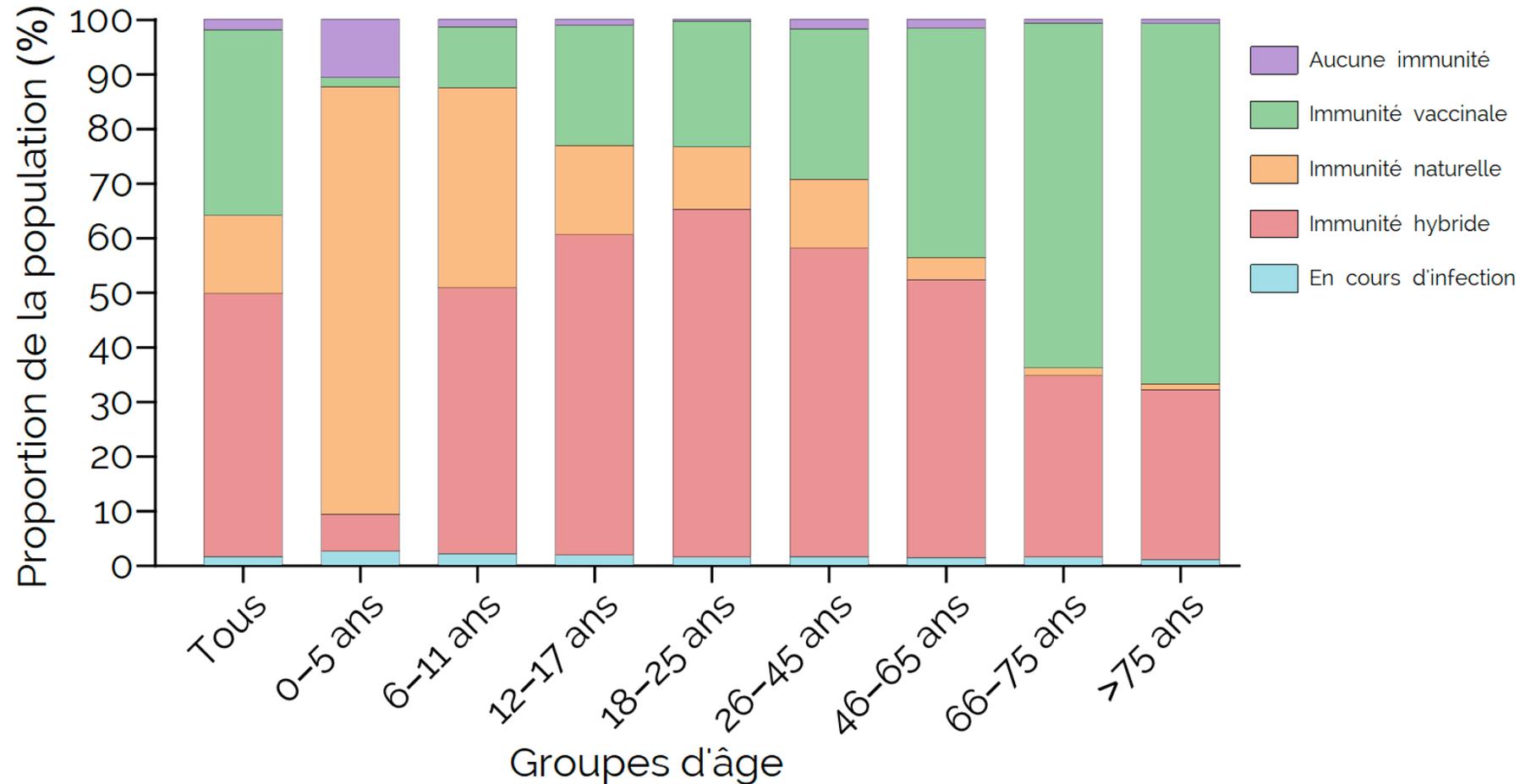
Nombre de nouveaux cas par jour: 4 Scénarios



- Depuis l'arrivée d'Omicron et de ses sous-lignées, nous sommes dans un nouveau paradigme quant aux niveaux de cas lié à la COVID.
- Le R_0 très élevé d'Omicron et de ses sous-lignées fait en sorte que le nombre de cas peut demeurer plus élevé que les pics de cas pré-Omicron. Le virus peut tirer avantage de petits changements d'immunité (ex: échappement immunitaire et perte de protection vaccinale avec le temps) pour causer une recrudescence des cas.
- Avec la levée des mesures sanitaires, on pourrait également assister à une recrudescence d'autres virus respiratoires (ex: influenza, virus respiratoire syncytial), en raison du retour aux niveaux de contacts pré-pandémiques et d'un manque d'exposition à ces virus au cours des 2 dernières années.
- Le nombre élevé de cas associés à la COVID-19 et aux autres virus respiratoires pourrait donc occasionner des impacts sur les dynamiques socio-économiques (ex: absentéisme) et causer une pression sur le système de la santé pendant la période des fêtes.

Éléments importants pour l'interprétation des résultats

L'évolution de la COVID-19 dépendra 1) du profil immunitaire de la population et 2) du niveau de protection contre les infections et les hospitalisations selon type d'immunité



Estimation basée sur la calibration du modèle – début décembre 2022

* À noter: Il y a beaucoup d'incertitude autour des estimations du profil immunitaire car elles dépendent des hypothèses de base d'Omicron et de la qualité des données. Il serait important d'estimer empiriquement le profil immunitaire de la population, étant donné son importance sur l'évolution de la COVID-19.

Données manquantes, incertitudes et mise en garde

- **Données manquantes et incertitudes:**

- Nombre de cas quotidiens détectés par PCR dans la population générale.
- Caractéristiques des nouveaux variants:
 - transmissibilité et sévérité,
 - type et ampleur de l'échappement,
 - date et rythme d'introduction au Québec.
- Profil immunitaire de la population (% avec immunité vaccinale, immunité naturelle ou immunité hybride*).
- Évolution de la couverture et de l'efficacité vaccinale; efficacité vaccinale des nouveaux vaccins bivalents
- Nombre de contacts:
 - modification des contacts après 2 ans de pandémie, ajout de contacts peu fréquents lors des deux périodes des fêtes précédentes (ex: célébrations de bureau ou de fin de session, réunions et festivités familiales, célébrations du nouvel an, contacts sans masque dans les lieux publics, etc.)

- **Impact des données manquantes:**

- L'absence de dépistage par PCR depuis janvier 2022 et la validité externe limitée des mesures alternatives des cas (ex: eaux usées, absentéisme des travailleurs de la santé) produisent une plus grande incertitude dans nos dynamiques de transmission.
- Étant donné la multiplication des incertitudes et des données manquantes, nous utilisons une stratégie de modélisation par scénarios pour illustrer les éléments clés à considérer pour l'évolution de l'épidémie pendant la période des fêtes 2022-2023 et l'ampleur potentielle des vagues futures.

* **Immunité hybride:** combine l'immunité naturelle et vaccinale

Éléments importants pour l'interprétation des résultats

Facteurs qui pourraient faire en sorte que nos résultats soient **sous-estimés** par rapport à la réalité

Moins de personnes avec une immunité hybride qu'estimée par le modèle

Arrivée d'un nouveau variant plus transmissible, plus sévère ou avec plus d'échappement immunitaire que modélisé

Perte d'immunité (naturelle, vaccinale ou hybride) plus rapide et/ou importante que modélisée

Efficacité vaccinale moins élevée que modélisée

Contacts effectifs plus élevés que modélisés et/ou événements de superpropagation

Facteurs qui pourraient faire en sorte que nos résultats soient **surestimés** par rapport à la réalité

Plus de personnes avec une immunité hybride qu'estimée par le modèle

Arrivée d'un nouveau variant moins sévère que modélisé

Maintien de l'immunité à long terme

Efficacité vaccinale plus élevée que modélisée

Moins de contacts effectifs et comportements préventifs des personnes les plus susceptibles (qui n'ont pas eu l'infection ou qui ne sont pas vaccinées)

Constats

Constats – Évolution de la COVID-19

Quelle pourrait être l'évolution de l'épidémie pendant la période des fêtes 2022-2023?

- Selon notre **scénario de base** avec les variants BQ.1/BQ.1.1 et leurs sous-lignées, il pourrait y avoir une recrudescence des cas et des nouvelles hospitalisations avec des pics qui pourraient se situer entre ceux du printemps et de l'été 2022. Cette recrudescence serait causée par la combinaison:
 - d'un échappement plus important de BQ.1/BQ.1.1 en comparaison avec les variants BA.4/BA.5;
 - d'une augmentation des contacts pendant la période des fêtes;
 - d'une augmentation des contacts intergénérationnels pendant la période des fêtes causant une percolation des cas des plus jeunes (qui ont une plus grande protection hybride) vers les personnes plus âgées ou plus vulnérables (qui ont été moins infectées depuis le début de la pandémie et qui ont donc moins de protection hybride).
- Selon notre **scénario optimiste**, si les variants BQ.1/BQ.1.1 et leurs sous-lignées ont des caractéristiques similaires aux BA.4/BA.5, l'impact sur les cas et les nouvelles hospitalisations pourrait être limité.
- Selon notre **scénario pessimiste**, si les variants BQ.1/BQ.1.1 et leurs sous-lignées (ou un nouveau variant) présentent un échappement important (niveau d'échappement similaire à celui d'Omicron vs Delta), l'ampleur de ces recrudescences pourrait atteindre celle de la vague Omicron de janvier 2022.

Constats – Changement de paradigme

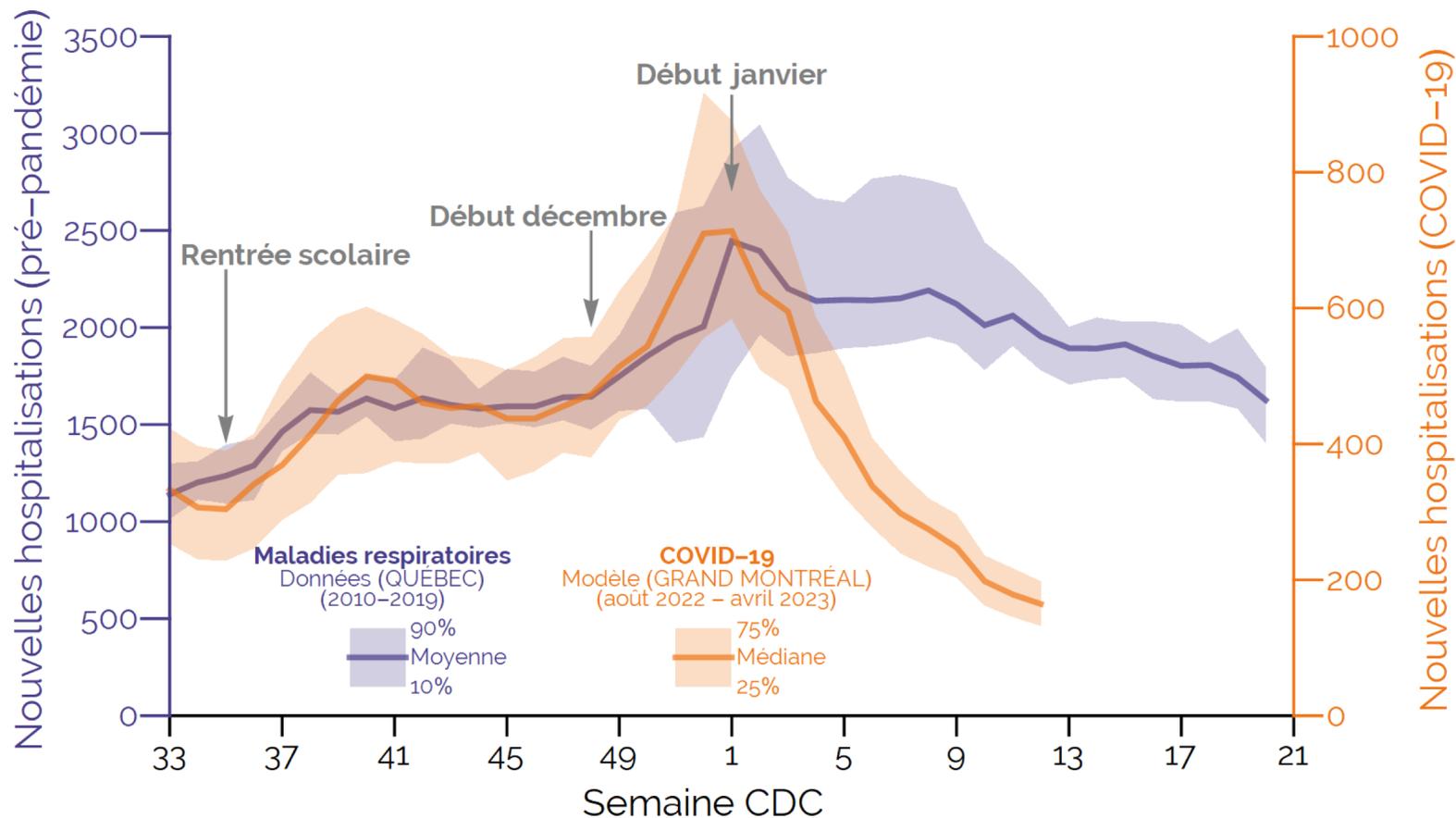
- Il est présentement impossible de prédire quand un nouveau variant avec échappement important pourrait arriver au Québec et quelles seraient ses caractéristiques.
- Toutefois, les caractéristiques d'Omicron et de ses sous-lignées (plus transmissibles mais moins sévères) suggèrent un changement de paradigme concernant les virus respiratoires:
 - Ces nouveaux variants, avec des R_0 de plus en plus élevés, sont susceptibles de maintenir un niveau élevé de cas et d'hospitalisations avec ou à cause de la COVID-19.
 - À ce niveau élevé de COVID-19 s'ajoute une circulation accrue d'autres virus respiratoires, peu présents depuis le début de la pandémie en raison des mesures sanitaires.
 - Le nombre élevé de cas associés à la COVID-19 et aux autres virus respiratoires pourrait occasionner des impacts sur les dynamiques socio-économiques (ex: absentéisme) et continuer de causer une pression sur le système de santé pendant la période des fêtes.

À noter

- Le modèle ne tient pas compte d'interactions possibles, mais encore inconnues, entre la COVID-19 et les autres virus respiratoires. Ces interactions pourraient être antagonistes si une infection avec un autre virus protège partiellement contre la COVID-19 ou synergique si une infection avec un autre virus rend plus vulnérable à la COVID-19 ou à ses complications.

Évolution des nouvelles hospitalisations

Maladies respiratoires avant la pandémie (2010-2019) vs COVID-19 (2022/2023)



- De façon générale, avant la pandémie de COVID-19, on assistait à une augmentation des hospitalisations associées aux maladies respiratoires à la rentrée scolaire en septembre. On voyait ensuite une stabilisation, puis une nouvelle augmentation atteignant un pic au début janvier. Les projections suggèrent que la COVID-19 pourrait suivre une tendance similaire.
- Il est donc important d'être prudents face à une percolation possible des cas de COVID-19 et d'autres maladies respiratoires vers les personnes de 65 ans et plus avec une augmentation des contacts intergénérationnels pendant la période des fêtes.

Groupe de modélisation COVID-19 ULAVAL/INSPQ

Équipe multidisciplinaire de modélisateurs mathématiques, épidémiologistes et statisticiens

- Marc Brisson, PhD, directeur
- Guillaume Gingras, PhD, modélisateur principal
- Maxime Hardy, MSc, modélisateur
- Mélanie Drolet, PhD, épidémiologiste
- Jean-François Laprise, PhD, modélisateur

et l'équipe d'épidémiologistes, statisticiens, modélisateurs mathématiques et étudiants :

- Myrto Mondor, MSc
- Philippe Lemieux-Mellouki, PhD
- Caty Blanchette, MSc
- Éric Demers, MSc

Collaboratrice Imperial College London

- Marie-Claude Boily, PhD

Collaborateurs Université McGill

- Mathieu Maheu-Giroux, ScD

Calcul Canada

- Charles Coulombe

Collaborateur Université de Montréal

- Benoît Mâsse, PhD

Collaborateurs Institut national de santé publique du Québec

- Gaston De Serres, MD, PhD
- Chantal Sauvageau, MD, FRCP(c)
- Rodica Gilca, MD, FRCP(c)
- Étienne Racine, MD, FRCP(c)PhD
- Nicholas Brousseau, MD, FRCP(c)
- Sara Carazo, MD, PhD
- Élise Fortin, PhD
- Zhou Zhou, PhD

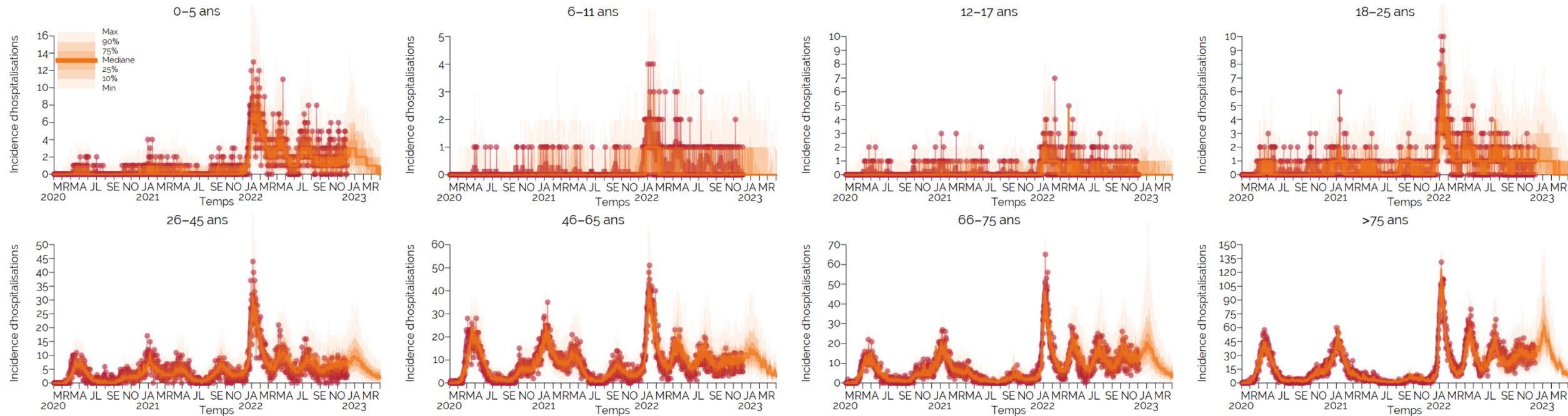
Annexe

Résultats supplémentaires

(par groupe d'âge)

Évolution de la COVID-19 dans le Grand Montréal

Nombre de nouvelles hospitalisation selon l'âge: **Scénario de base (BQ.1*)**

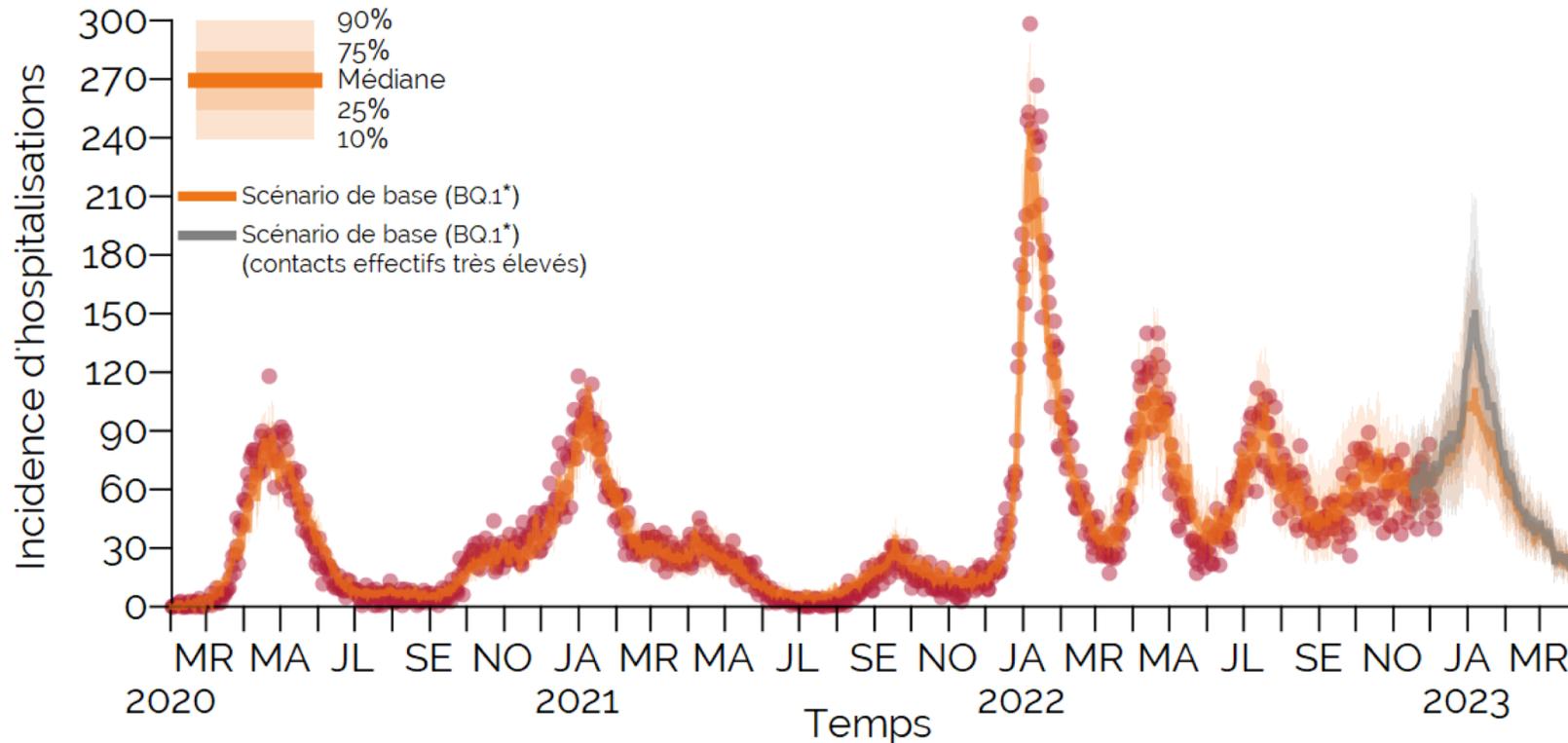


- Avec l'arrivée de la sous-lignée BQ.1* (avec plus d'échappement que BA.4/BA.5), une augmentation des contacts effectifs lors de la période des fêtes pourrait produire une recrudescence des **hospitalisations avec des pics entre ceux de l'été et du printemps 2022** (scénario de base).
- Une augmentation des contacts intergénérationnels permettrait la percolation de la transmission vers les personnes de plus de 65 ans qui ont moins de protection hybride, et donc moins de protection contre les hospitalisations.

Points rouges, données INSPQ/MSSS par jour; derniers points des hospitalisations le 3 décembre (données du 6 décembre 2022). Les résultats représentent la médiane et les 10^e, 25^e, 75^e et 90^e percentiles des prédictions du modèle. Les transferts hospitaliers des CHSLD sont exclus. * BQ.1, BQ.1.1 et sous-lignées; Nous considérons que le BQ.1 a été introduit au Québec le 1er septembre 2022. À noter: Nous ne modélisons pas un variant plus sévère et les résultats des simulations dépendent du profil immunitaire estimé par le modèle.

Évolution de la COVID-19 dans le Grand Montréal

Nombre de nouvelles hospitalisation par jour: Scénario avec contacts effectifs très élevés

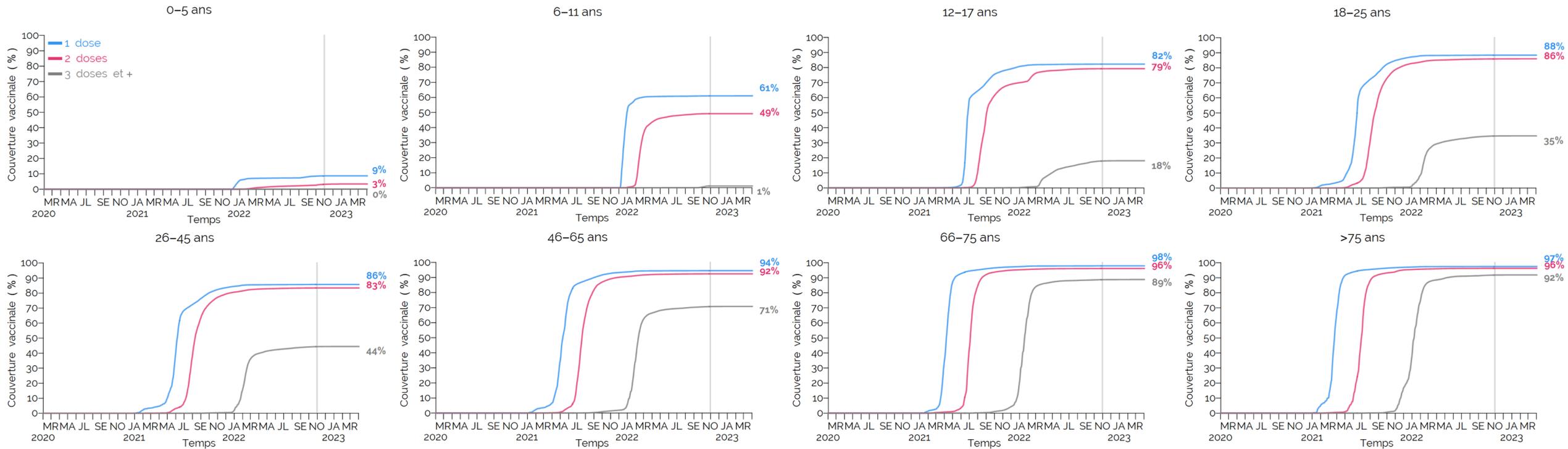


- La présence des variants BQ.1/BQ.1.1 au Québec (qui présentent plus d'échappement que BA.4/BA.5), combinée à une augmentation des contacts effectifs pendant la période des fêtes, pourraient produire une recrudescence des nouvelles hospitalisations avec des pics entre ceux de l'été et du printemps 2022 (**scénario de base**).
- **Un nombre de contacts plus élevé que modélisé dans notre scénario de base pourrait causer une recrudescence des cas/hospitalisations atteignant la limite supérieure des projections de notre scénario de base.**

Méthodes

Scénario de la vaccination – couverture vaccinale selon l'âge

Grand Montréal



Scénario de la vaccination:

- Les couvertures vaccinales sont estimées à partir des données de couverture de l'INSPQ et des données d'intention de l'enquête de l'INSPQ.

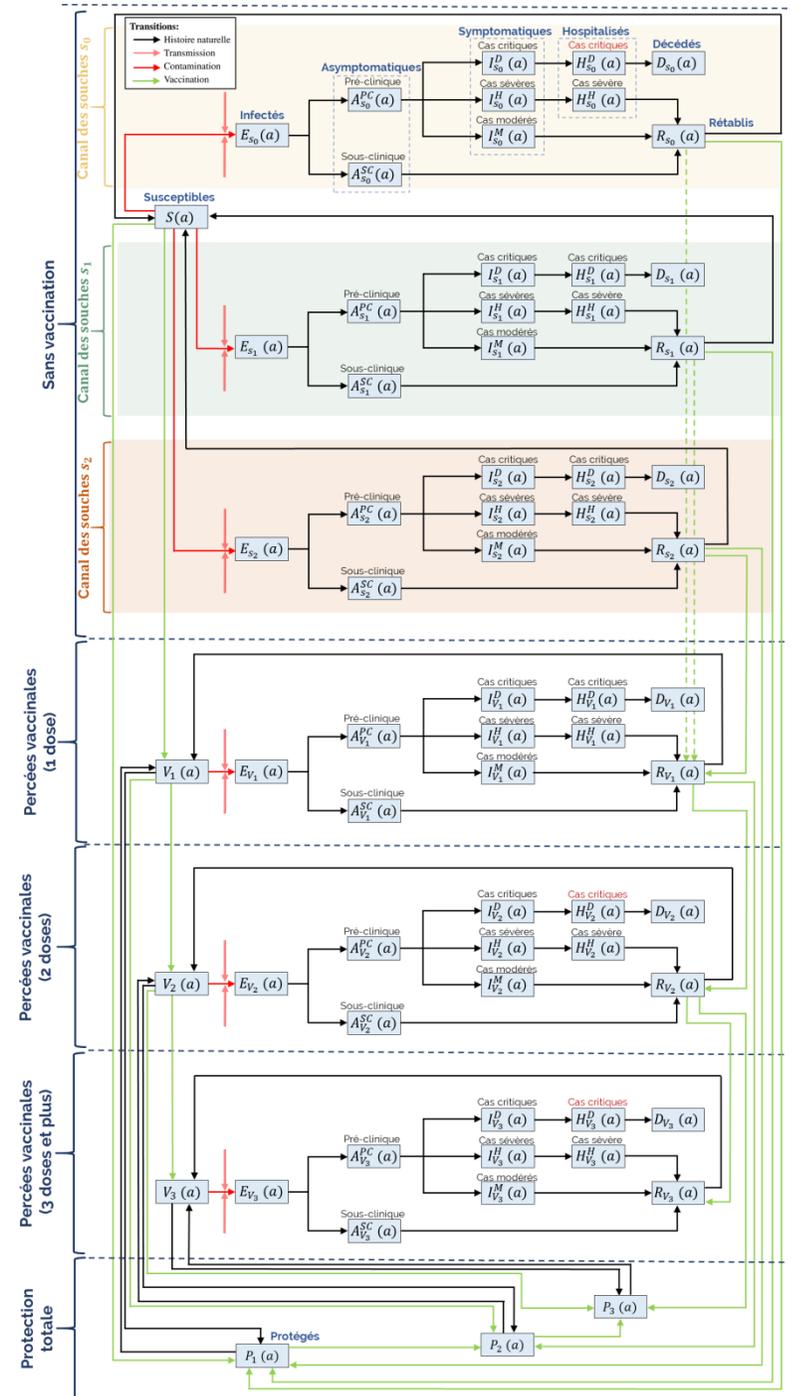
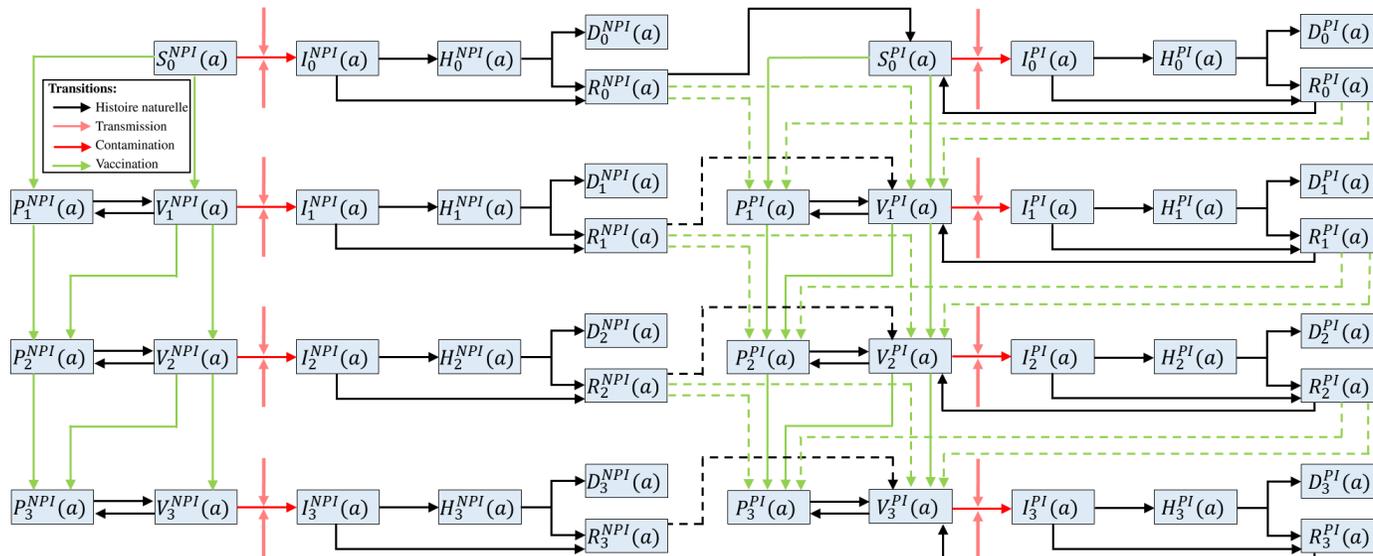
Description du modèle Diagramme du modèle dynamique

Les boîtes (figure de droite) représentent les différents états de santé (infection/maladie) dans lesquels un individu du modèle peut se retrouver pour chaque groupe d'âge (a). Les flèches noires représentent les transitions entre les états de santé et les flèches de couleurs représentent les voies de transmission (dans le même groupe d'âge et entre les différents groupes d'âge) ainsi que la vaccination.

Le modèle stochastique inclut la dynamique simultanée des états de santé selon trois différentes souches de la COVID-19 (pour les individus non vaccinés) et selon trois statuts vaccinaux (pour toutes les souches confondues de la COVID-19 qui sont en circulation à chaque instant).

La vaccination est modélisée de manière à représenter, pour chaque statut vaccinal, les états de santé des échecs vaccinaux ainsi que la diminution progressive de l'immunité vaccinale au fil du temps.

Nous utilisons un sous-modèle (figure ci-dessous) afin de suivre l'historique des infections antérieures. Ce sous-modèle est stratifié selon l'âge, le statut vaccinal et les infections antérieures (NPI: sans primo-infection; PI: primo-infection). Toutes les transitions entre les états de santé qui sont modélisées dans le modèle principal sont intégrées afin que les flux d'individus soient préservés à travers des états de santé représentatifs.



Calibration: Projections de l'évolution de la COVID-19

- **Régions**

- Grand Montréal (Montréal, Laval, Laurentides, Lanaudière, Montérégie)

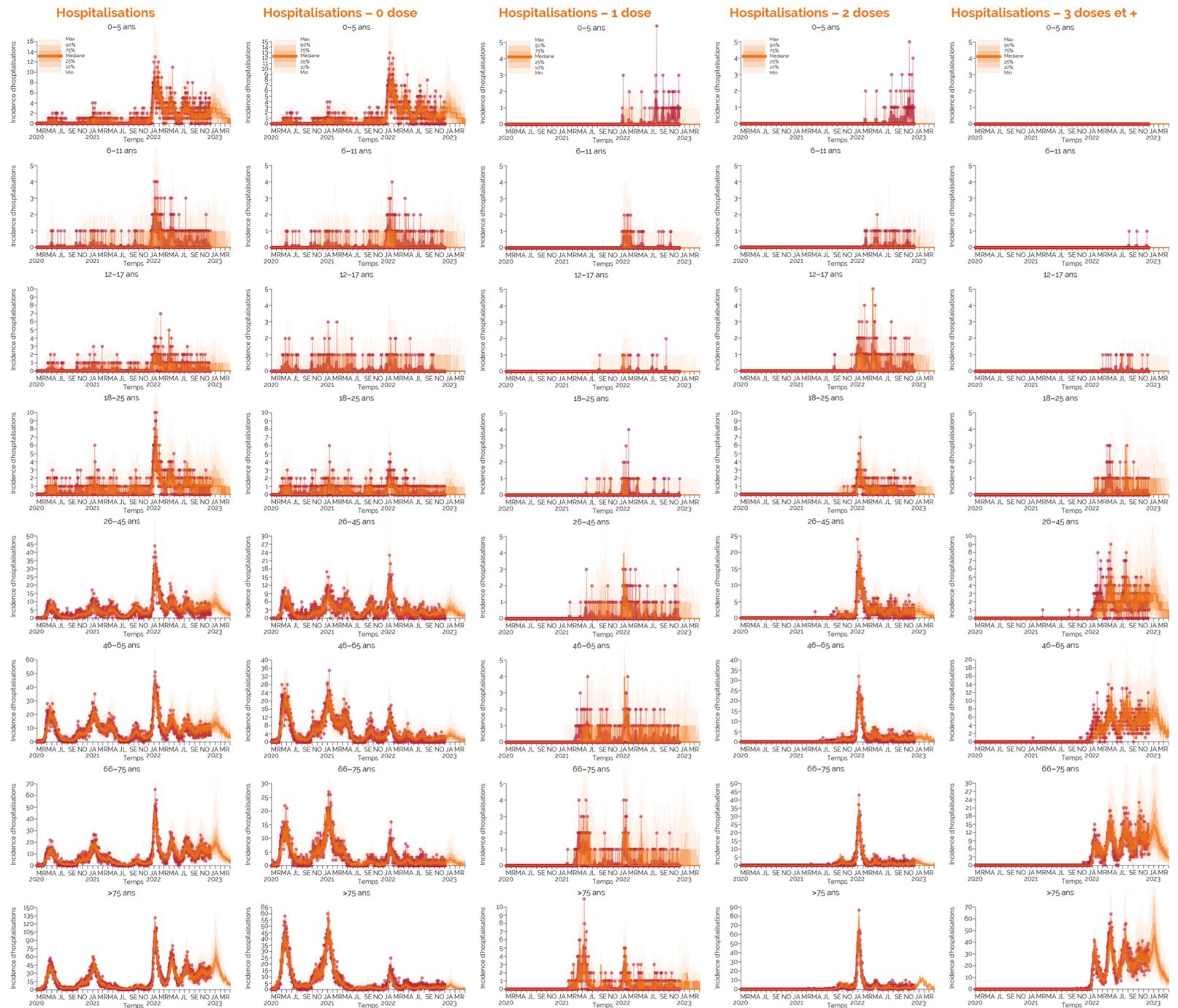
- **Calibration**

- Nous avons calibré notre modèle aux données jusqu'au **6 décembre, 2022**.
- Pour chaque scénario, nous avons retenu les 100 simulations qui reproduisent le mieux les données d'hospitalisations, de décès pour 8 groupes d'âge (0-5, 6-11, 12-17, 18-25, 26-45, 46-65, 66-75, et >75 ans) selon le nombre de doses à travers le temps. Nous avons aussi calibré le modèle aux données de séroprévalence (étude 1 et étude 2 d'Héma Québec).
- Pour tenir compte des variants, nous avons aussi calibré nos simulations aux données de criblage ou de séquençage (% de tous les cas qui sont positifs pour les variants par jour ou semaine).

Calibration

Hospitalisations incidentes

Grand Montréal

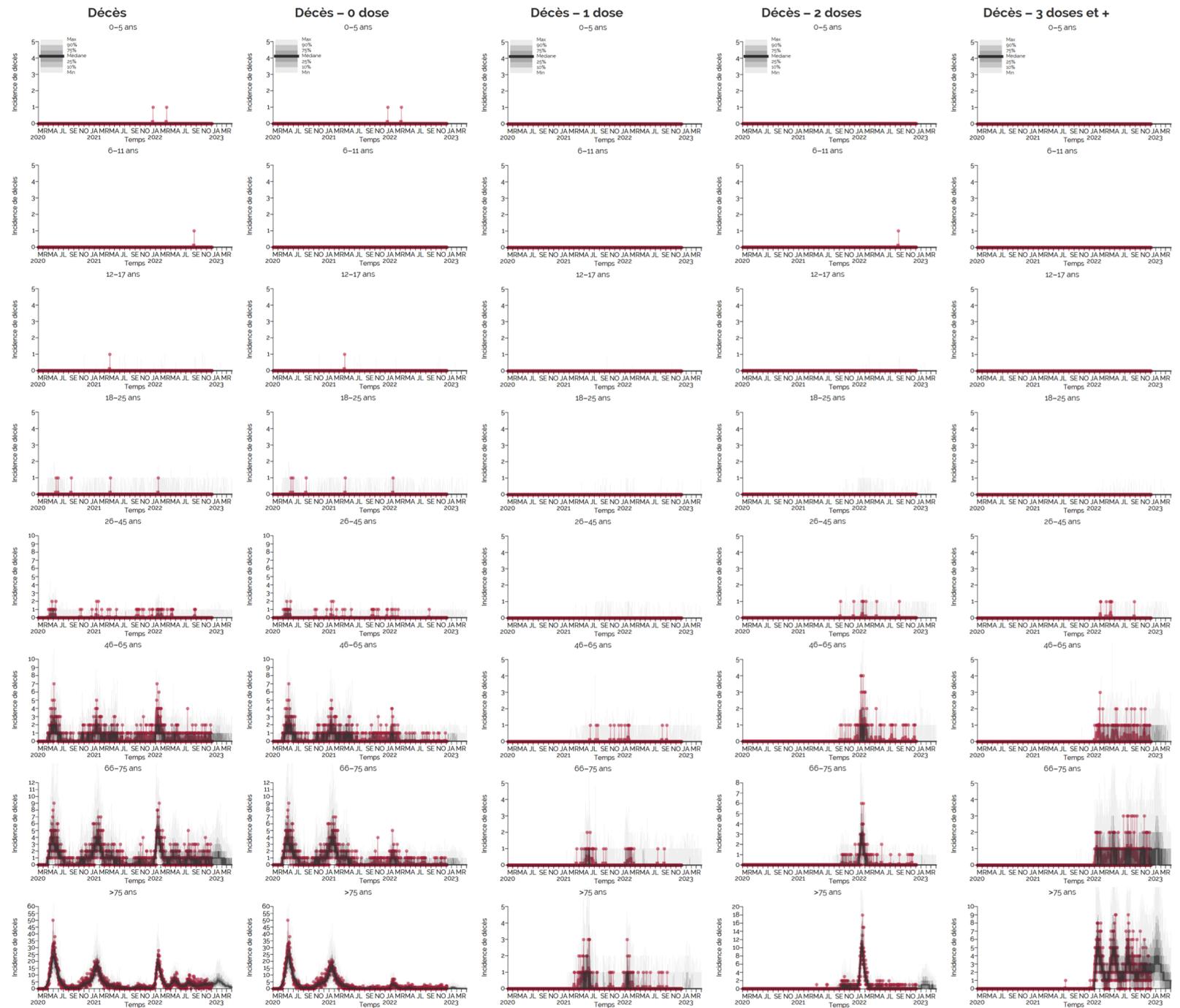


* Données INSPQ/MSSS

Points rouges, données INSPQ/MSSS. Les résultats représentent la médiane et les 10e, 25e, 75e et 90e percentiles et min-max des prédictions du modèle. Les transferts hospitaliers des CHSLD et décès lors d'écllosion dans les CHSLD sont exclus.

Calibration Décès

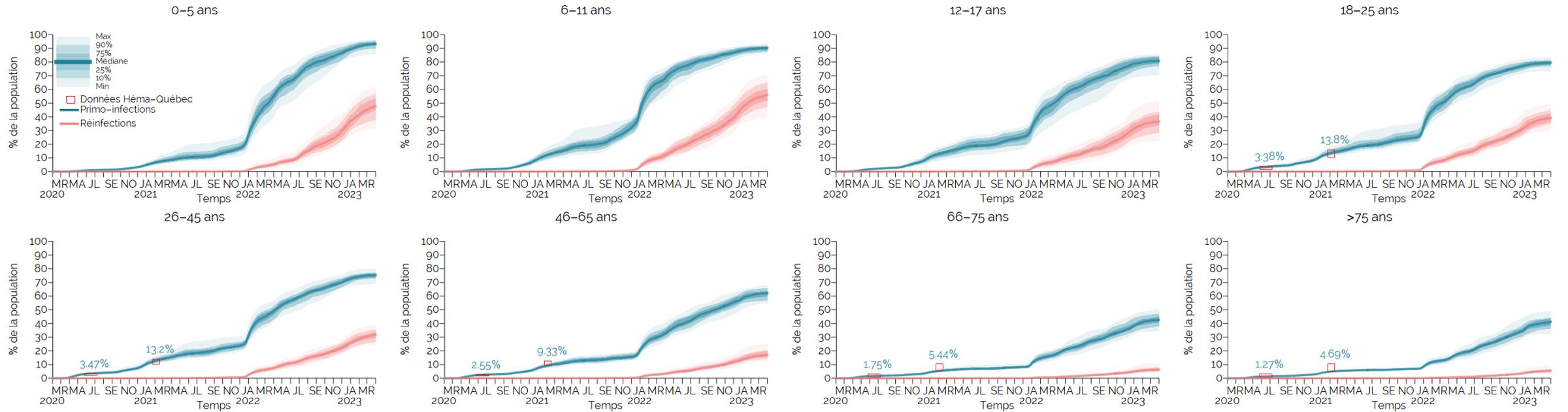
Grand Montréal



* Données INSPQ/MSSS

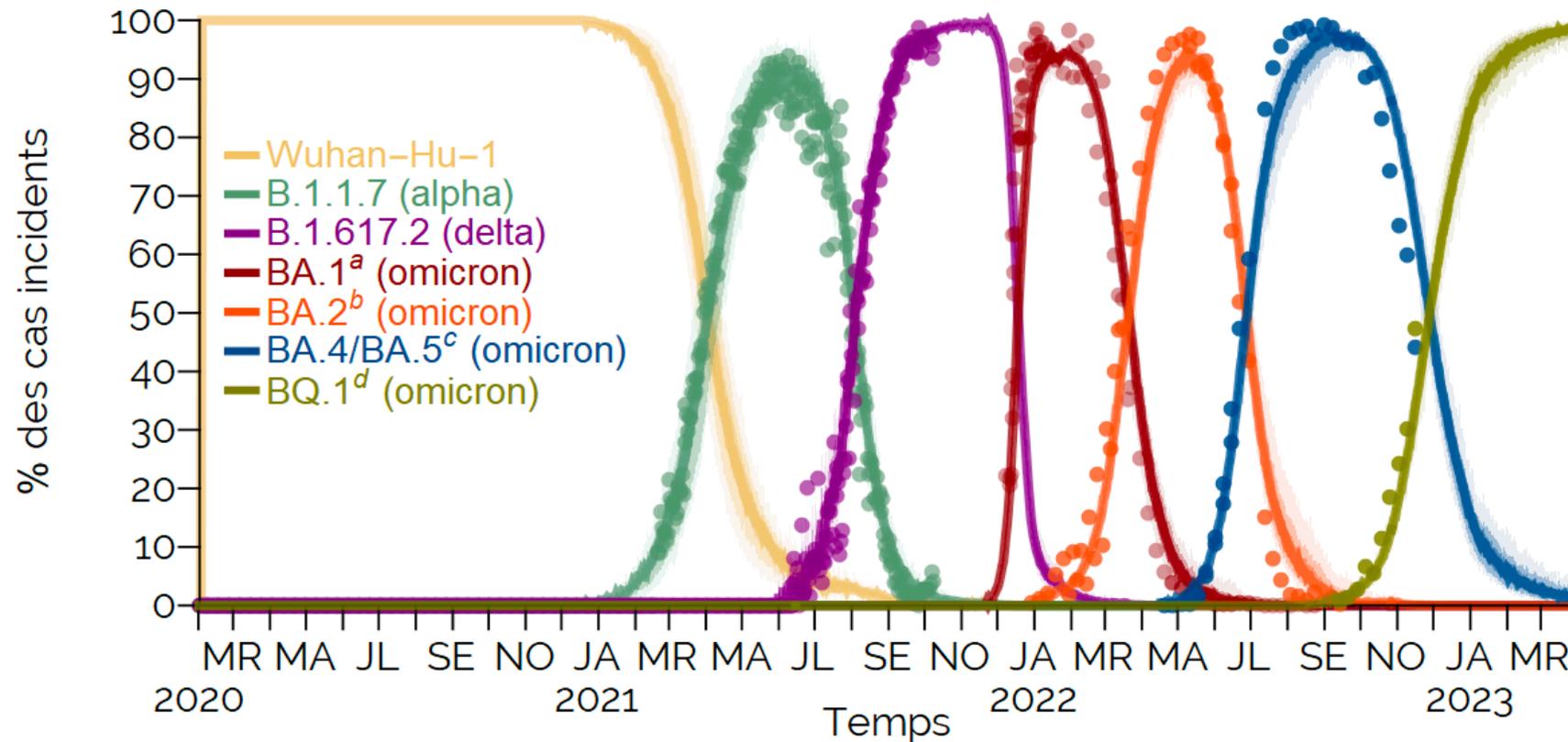
Points rouges, données INSPQ/MSSS. Les résultats représentent la médiane et les 10e, 25e, 75e et 90e percentiles et min-max des prédictions du modèle. Les transferts hospitaliers des CHSLD et décès lors d'écllosion dans les CHSLD sont exclus.

Calibration Séroprévalence



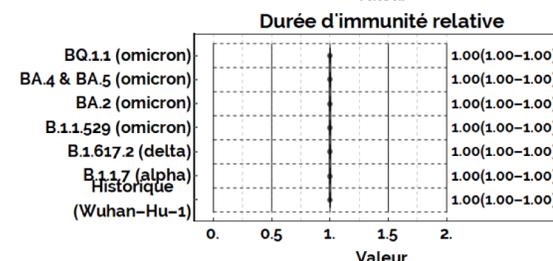
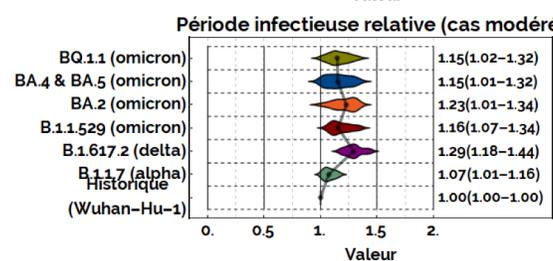
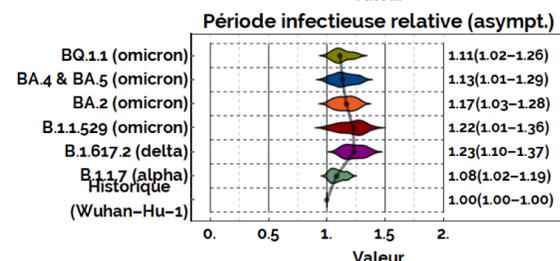
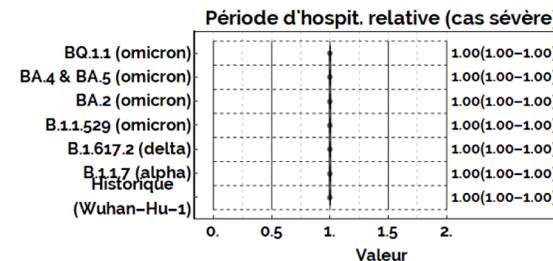
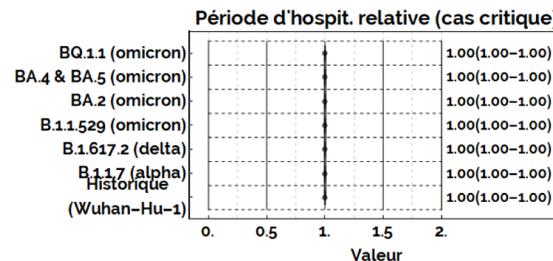
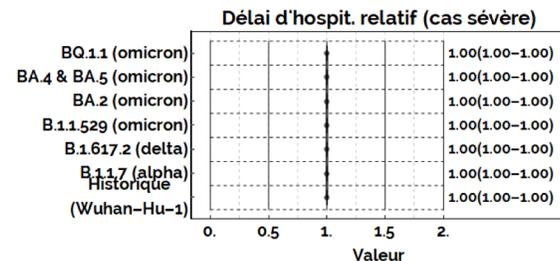
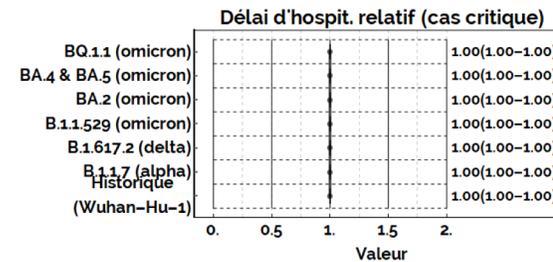
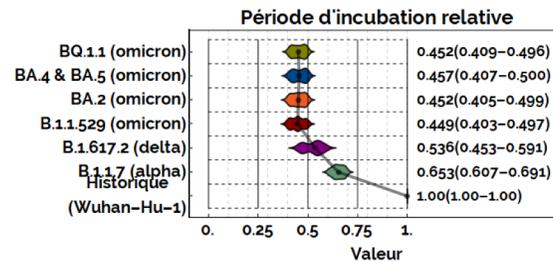
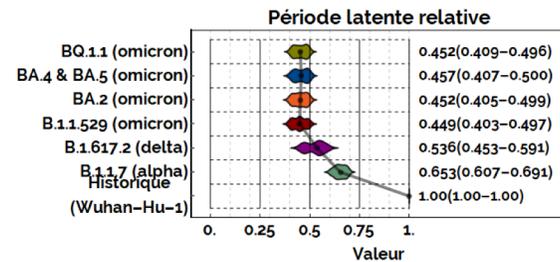
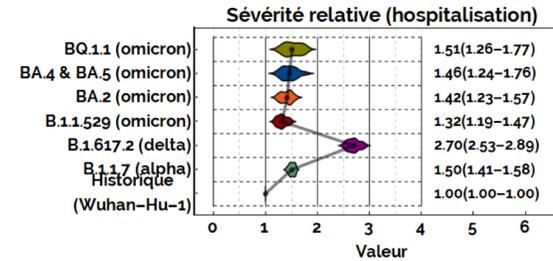
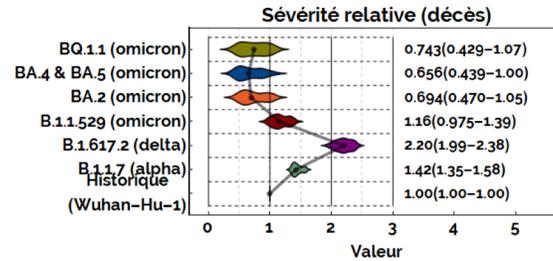
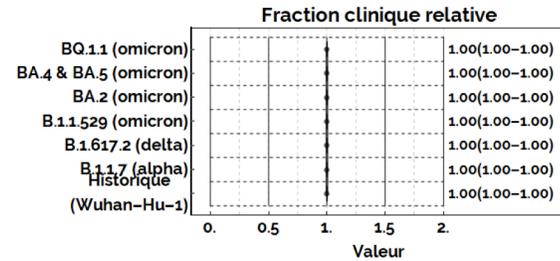
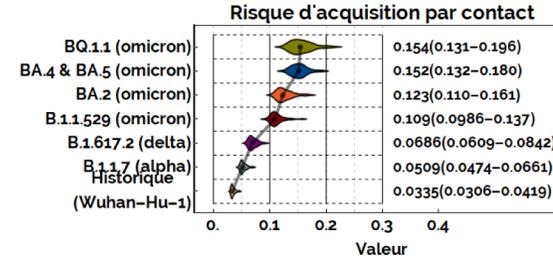
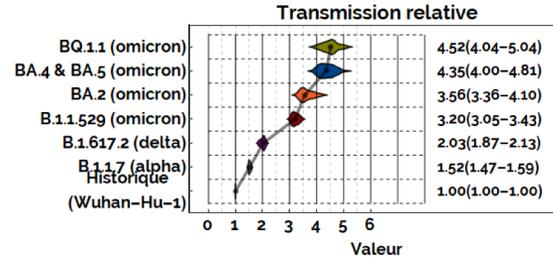
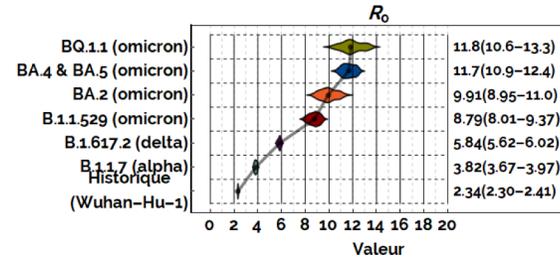
* Données Héma Québec

Calibration Proportion des cas incidents de la COVID-19 reliés aux variants



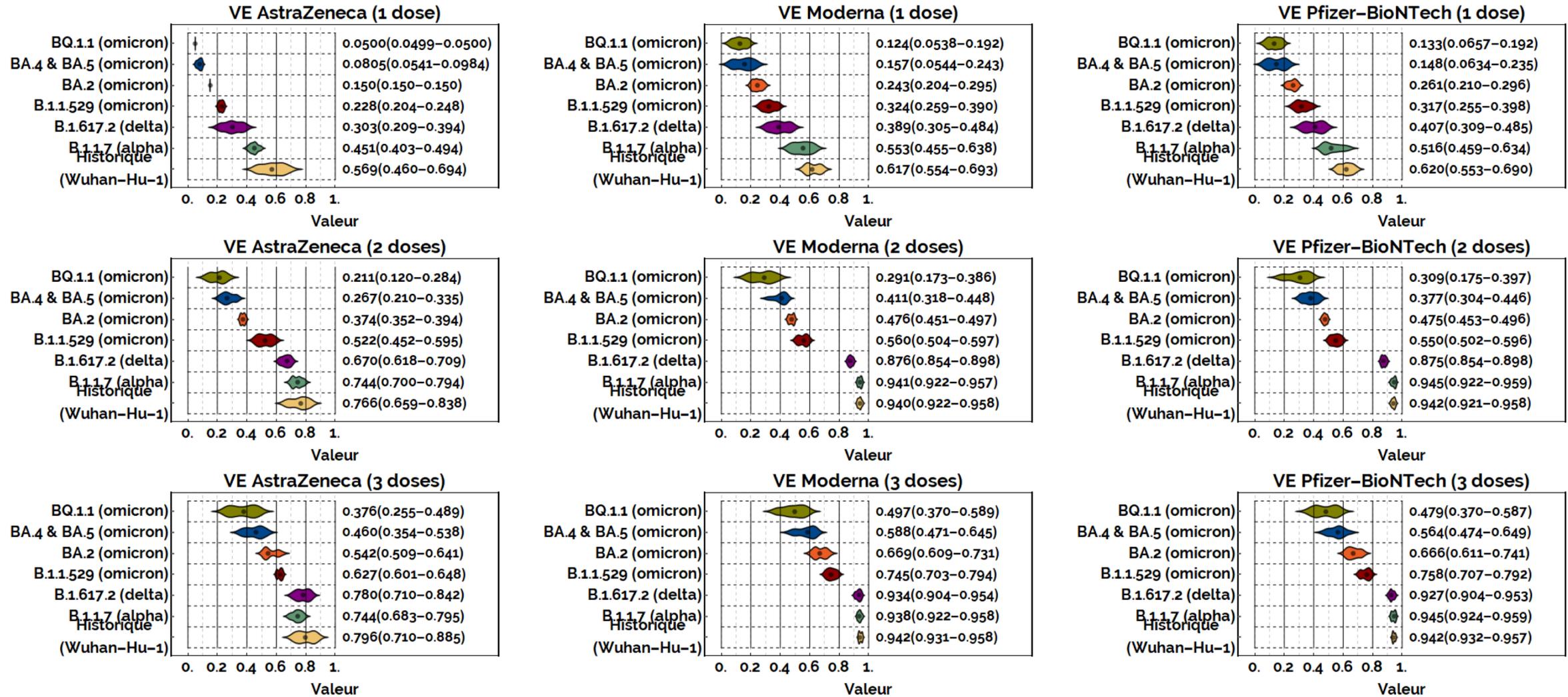
- (a) BA.1 et sous-lignées; (b) BA.2 et sous-lignées & BA.2.12.1 et sous-lignées & BA.2.75 et sous-lignées;
(c) BA.4 et sous-lignées & BA.4.6 et sous-lignées & BA.5 et sous-lignées;
(d) BQ.1 et sous-lignées & BQ.1.1 et sous-lignées.

Paramètres – Histoire naturelle



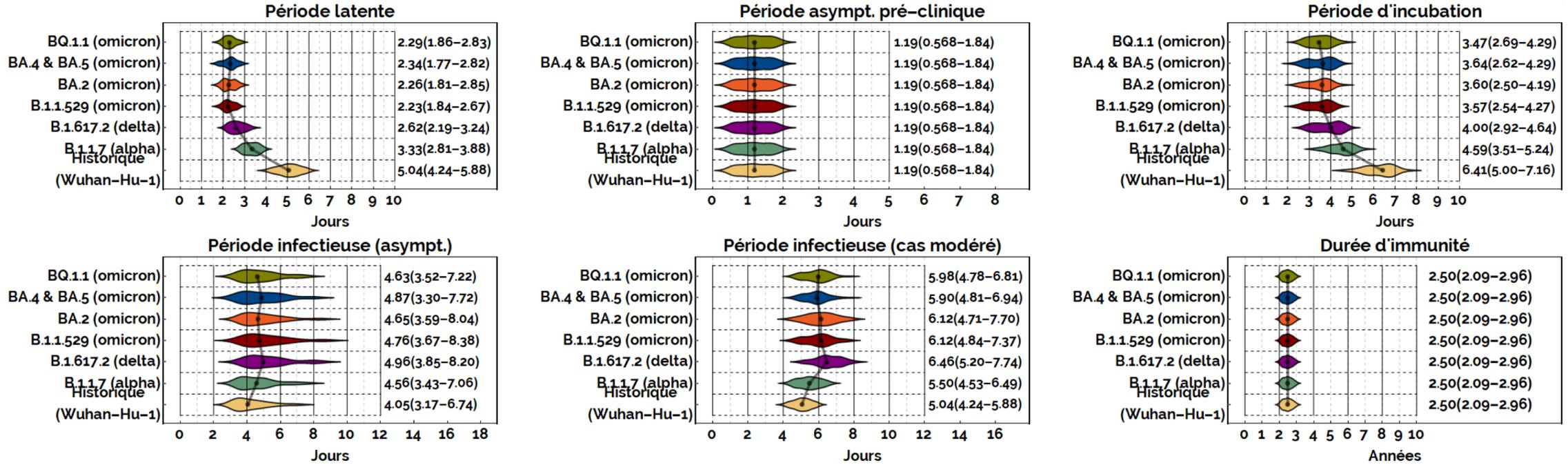
Les zones de couleur montrent les distributions des valeurs des paramètres (distributions a posteriori) de toutes les simulations calibrées (min, médiane, max).

Paramètres – Efficacité vaccinale



Les zones de couleur montrent les distributions des valeurs des paramètres (distributions a posteriori) de toutes les simulations calibrées (min, médiane, max).

Paramètres – Durées



Les zones de couleur montrent les distributions des valeurs des paramètres (distributions a posteriori) de toutes les simulations calibrées (min, médiane, max).