

Modélisation de l'évolution de la Covid-19 au Québec: Plan de déconfinement et vaccination

Marc Brisson, Ph.D., directeur

Guillaume Gingras, Ph.D., modélisateur principal

Maxime Hardy, M.Sc., modélisateur

Mélanie Drolet, Ph.D., épidémiologiste principale

Jean-François Laprise, Ph.D., modélisateur

pour le groupe de modélisation COVID-19 ULAVAL/INSPQ

Rapport 15 – 28 mai



Table des matières

• Objectif	p.3
• Grand Montréal	
• Scénarios de contacts sociaux	p.5
• Scénarios de la vaccination	p.6
• Projections de l'évolution de la COVID-19	p.7
• Impact de l'adhésion aux mesures du plan de déconfinement	p.8
• Impact de la couverture vaccinale	pp.9-10
• Autres Régions	
• Scénarios de contacts sociaux	p.12
• Scénarios de la vaccination	p.13
• Projections de l'évolution de la COVID-19	p.14
• Impact de l'adhésion aux mesures du plan de déconfinement	p.15
• Impact de la couverture vaccinale	pp.16-17
• Impact d'une adhésion faible aux mesures du plan de déconfinement	p.19
• Éléments importants pour l'interprétation des résultats	p.20
• Résumé	p.21
• ANNEXE	p.22
• Graphiques de l'infographie de l'INSPQ	pp.24-27
• Projections des cas et des hospitalisations selon l'âge	pp.29-32
• Projections du % de personnes immunisées selon l'âge	pp.34-35
• Projections de l'impact de retarder la 2 ^e dose	pp.37-38
• Méthodes	pp.41-50

Objectifs

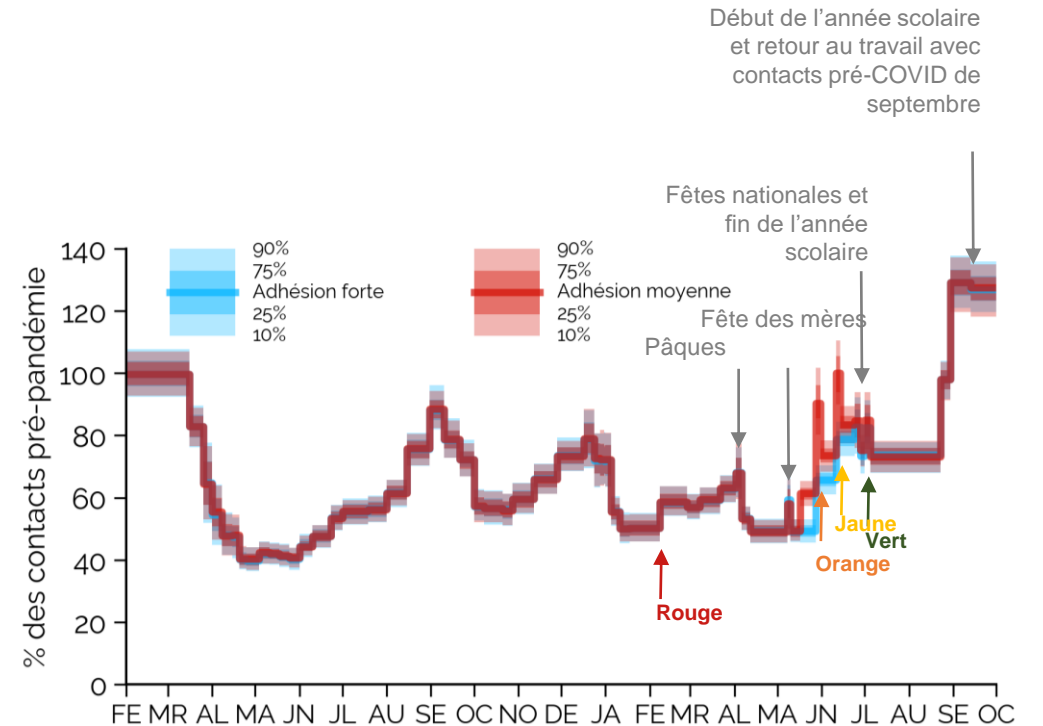
- **Prédire l'évolution potentielle de l'épidémie de la COVID-19 à court, moyen et long termes selon:**
 - le **plan de déconfinement du gouvernement** et
 - différents scénarios **d'adhésion aux mesures sanitaires** et **de couverture vaccinale**

Grand Montréal

Scénarios de contacts sociaux

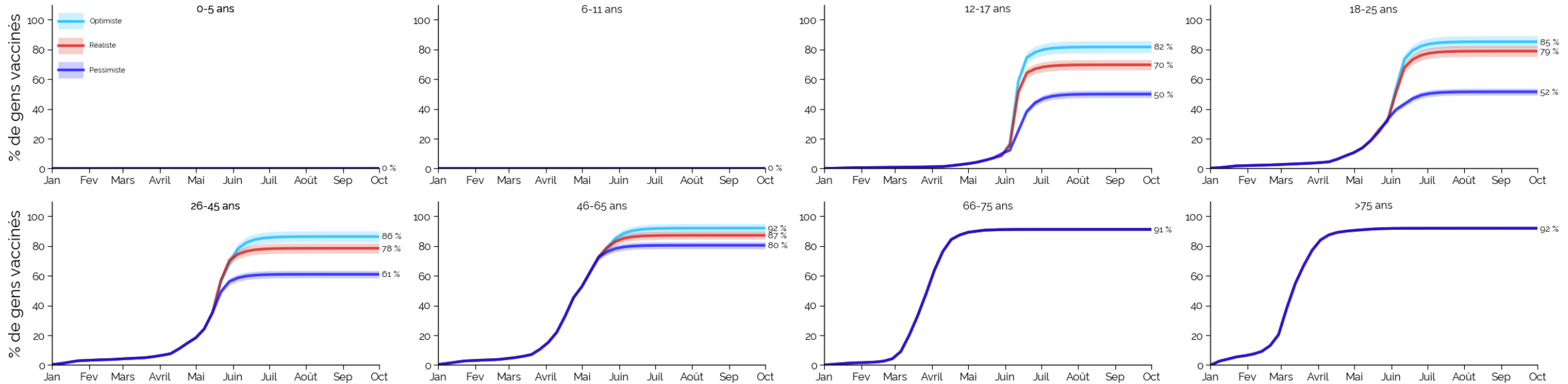
Grand Montréal

- 1 février 2020 – 14 mai 2021
 - À partir des données de l'étude CONNECT, nous avons modélisé les changements de contacts sociaux qui nous permettent de reproduire l'évolution de la COVID-19.
- 15 mai 2021 – septembre 2021:
 - À partir du **plan de déconfinement du gouvernement** et des niveaux de contacts estimés par CONNECT pour des mesures sanitaires similaires, nous avons modélisé une augmentation graduelle des contacts sociaux pendant le printemps et l'été pour atteindre les niveaux de contacts pré-COVID en septembre:
 - 28 mai – **zone orange (restaurants et sports/loisirs intérieurs/extérieurs, retour des élèves du secondaire à temps plein) + rassemblements extérieurs sur les terrains privés**
 - 11 juin – **zone jaune (maisons et bars intérieurs/extérieurs, sports/loisirs avec plus de contacts, diminution du télétravail) + augmentation des contacts à l'extérieur (sports)**
 - 25 juin – **zone verte (augmentation des contacts dans les maisons et dans les sports/loisirs intérieurs/extérieurs) + augmentation des contacts à l'extérieur (activités/événements publics, sports)**
 - septembre – retour aux contacts pré-COVID
- Nous avons modélisé 2 scénarios de contacts sociaux qui tiennent compte de l'adhésion de la population aux consignes sanitaires des différentes étapes du plan de déconfinement du gouvernement:
 - **Adhésion forte:** maintien d'une adhésion forte et surveillance/prévention intensive de la transmission dans les écoles.
 - **Adhésion moyenne:** diminution de l'adhésion (particulièrement lors des changements de paliers) et diminution de la surveillance/prévention dans les écoles. L'adhésion moyenne pourrait survenir si les gens devancent le plan de déconfinement en ayant plus de contacts à risque que ceux permis aux différentes étapes.



Scénarios de la vaccination – couverture vaccinale

Grand Montréal



Scénarios de la vaccination:

- **Optimiste:** Couverture selon les intentions de l'enquête de l'INSPQ – Intention de se faire vacciner + Indécis
- **Réaliste:** Couverture selon les intentions de l'enquête de l'INSPQ – Intention de se faire vacciner seulement
- **Pessimiste:** Couverture de 50% chez les 12-25 ans et 60% chez les 26-45 ans

Hypothèses:

Proportion vaccinée: Le nombre de doses administrées par âge et région suit le calendrier actuel du gouvernement du Québec (données de couverture par âge de l'INSPQ) et le nombre de doses attendues du gouvernement canadien.

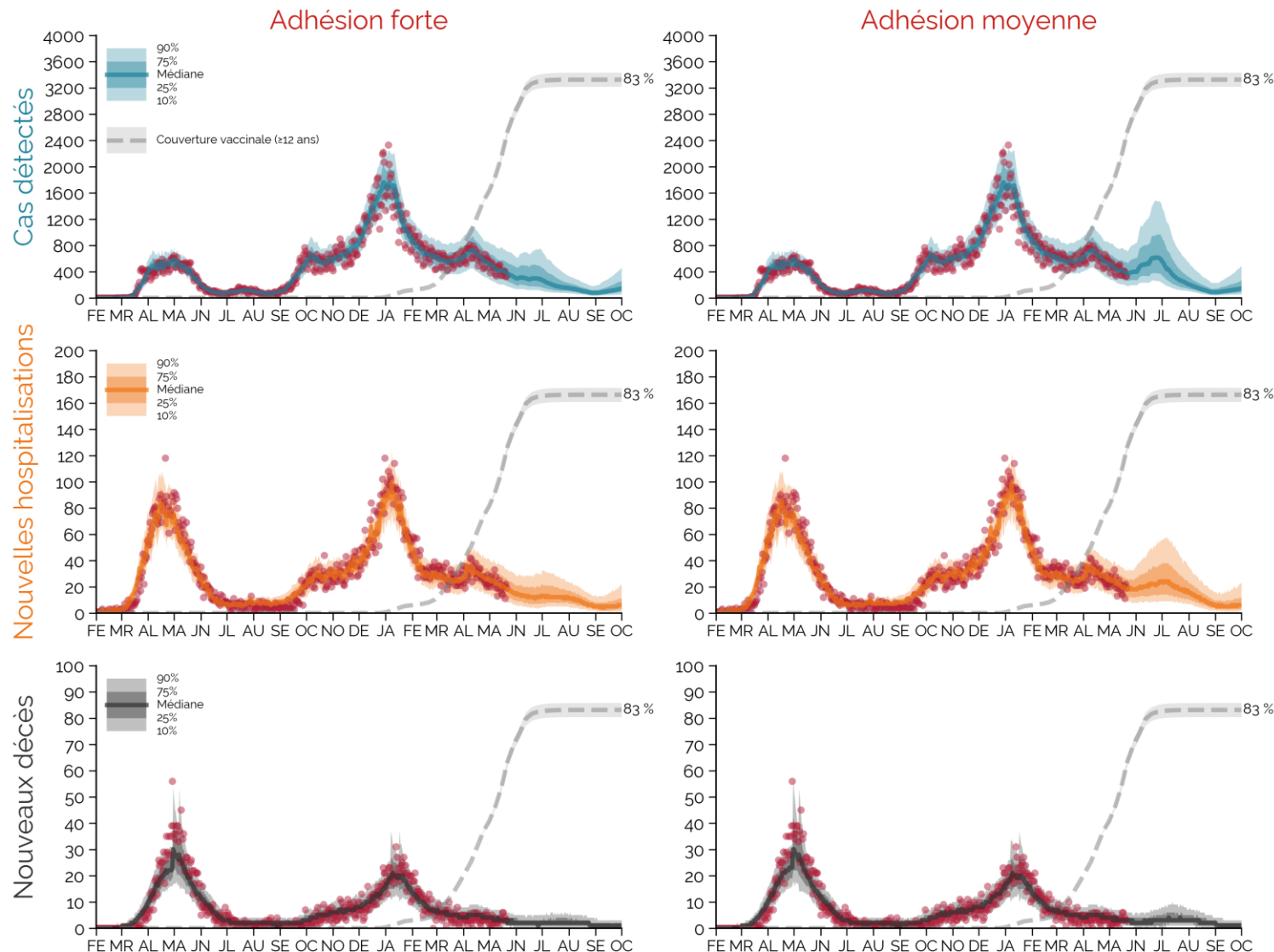
Proportion protégée: Pour les ≥ 75 ans, l'efficacité après une dose est de 70-90% contre les infections (transmission) et la sévérité de la maladie (hospitalisations et décès) 3 semaines après la vaccination. Pour les moins de 75 ans, l'efficacité après une dose est de 75-95% contre les infections (transmission) et la sévérité de la maladie (hospitalisations et décès) 2 semaines après la vaccination. L'efficacité vaccinale est la même pour la souche historique et le variant britannique et il n'y a pas de perte d'immunité vaccinale à court terme.

- Références: Vasileiou, www.ed.ac.uk/files/atoms/files/scotland_firstvaccinatedata_preprint.pdf; PHE (publichealthmatters.blog.gov.uk/2021/02/23/covid-19-analysing-first-vaccine-effectiveness-in-the-uk/) et assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/963532/COVID-19_vaccine_effectiveness_surveillance_report_February_2021_FINAL.pdf); sondage INSPQ (<https://www.inspq.qc.ca/covid-19/sondages-attitudes-comportements-quebecois/vaccination/18-mai-2021>).

Projections – Grand Montréal

Évolution de la COVID-19 dans le Grand Montréal

Selon le niveau d'adhésion aux mesures du plan de déconfinement – couverture vaccinale réaliste



- Une **adhésion forte** aux mesures sanitaires lors du déconfinement permettrait de réduire les cas, les hospitalisations et les décès, avec la couverture vaccinale élevée du scénario réaliste.
- Une **adhésion moyenne** aux mesures pourrait occasionner une augmentation des cas d'ici la fin juin chez les jeunes d'âge scolaire et les adultes non protégés par la vaccination (non vaccinés ou échec vaccinal), suivie d'une diminution importante des cas en juillet avec la fin de l'année scolaire et la croissance de la couverture vaccinale. Cette augmentation des cas pourrait occasionner une légère augmentation des hospitalisations en juin.
- Voir l'Annexe pour les projections par âge.

À noter:

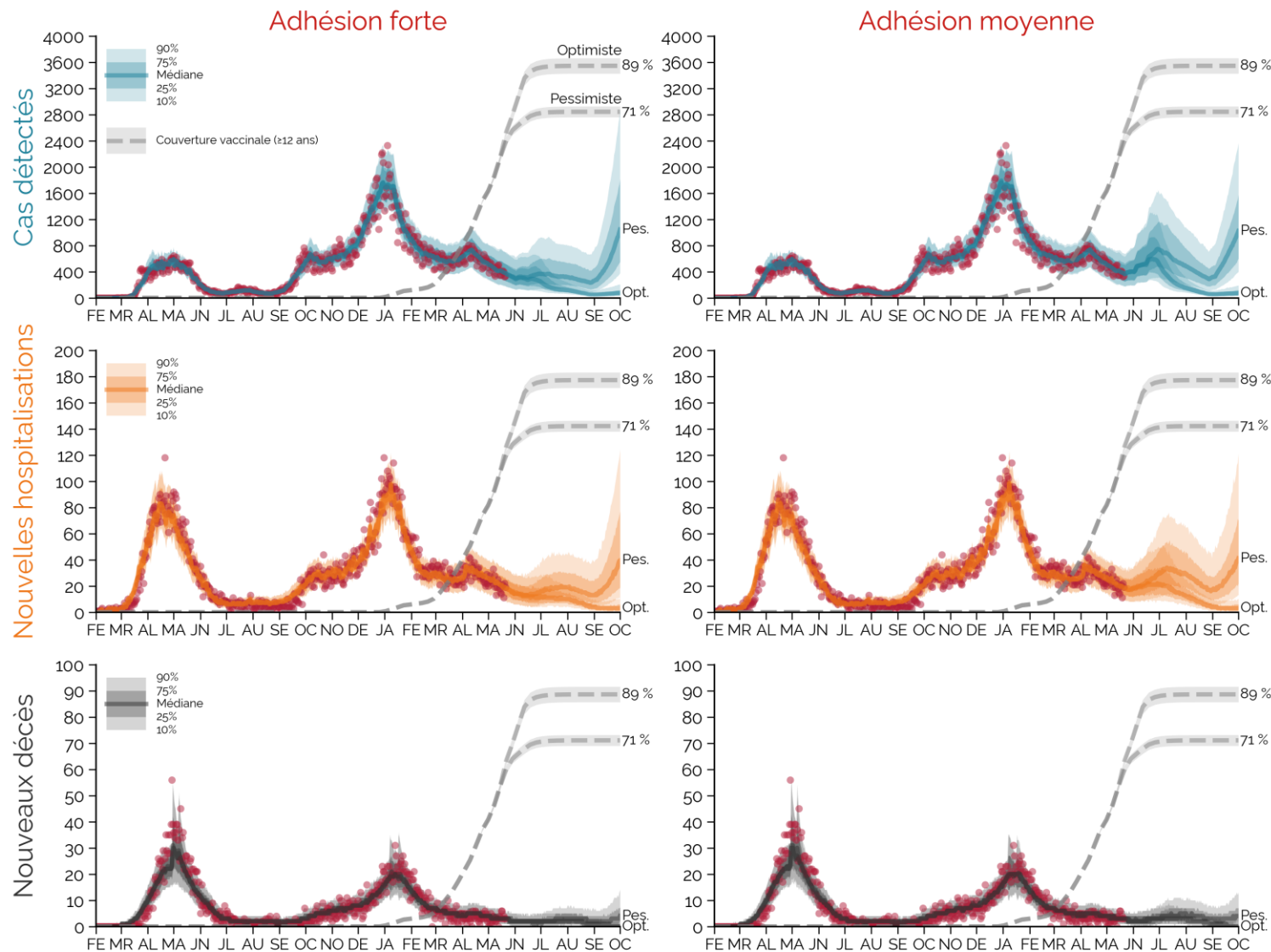
- Les projections sont plus optimistes que celles du 29 avril puisque:
- la couverture vaccinale est plus élevée qu'anticipée avec l'ajout de la vaccination des 12 à 17 ans.
 - le contrôle de la transmission dans les écoles semble s'être amélioré en mars et en avril (port du masque en tout temps, dépistage/traçage, vaccination des professeurs/éducateurs).

Les projections ne tiennent pas compte:

- d'effets saisonniers sur la transmission du virus
- de l'arrivée possible de nouveaux variants préoccupants
- d'une perte potentielle d'efficacité vaccinale
- d'évènements de super-propagation ou d'éclousions dans des sous-groupes de la population moins vaccinés

Évolution de la COVID-19 dans le Grand Montréal

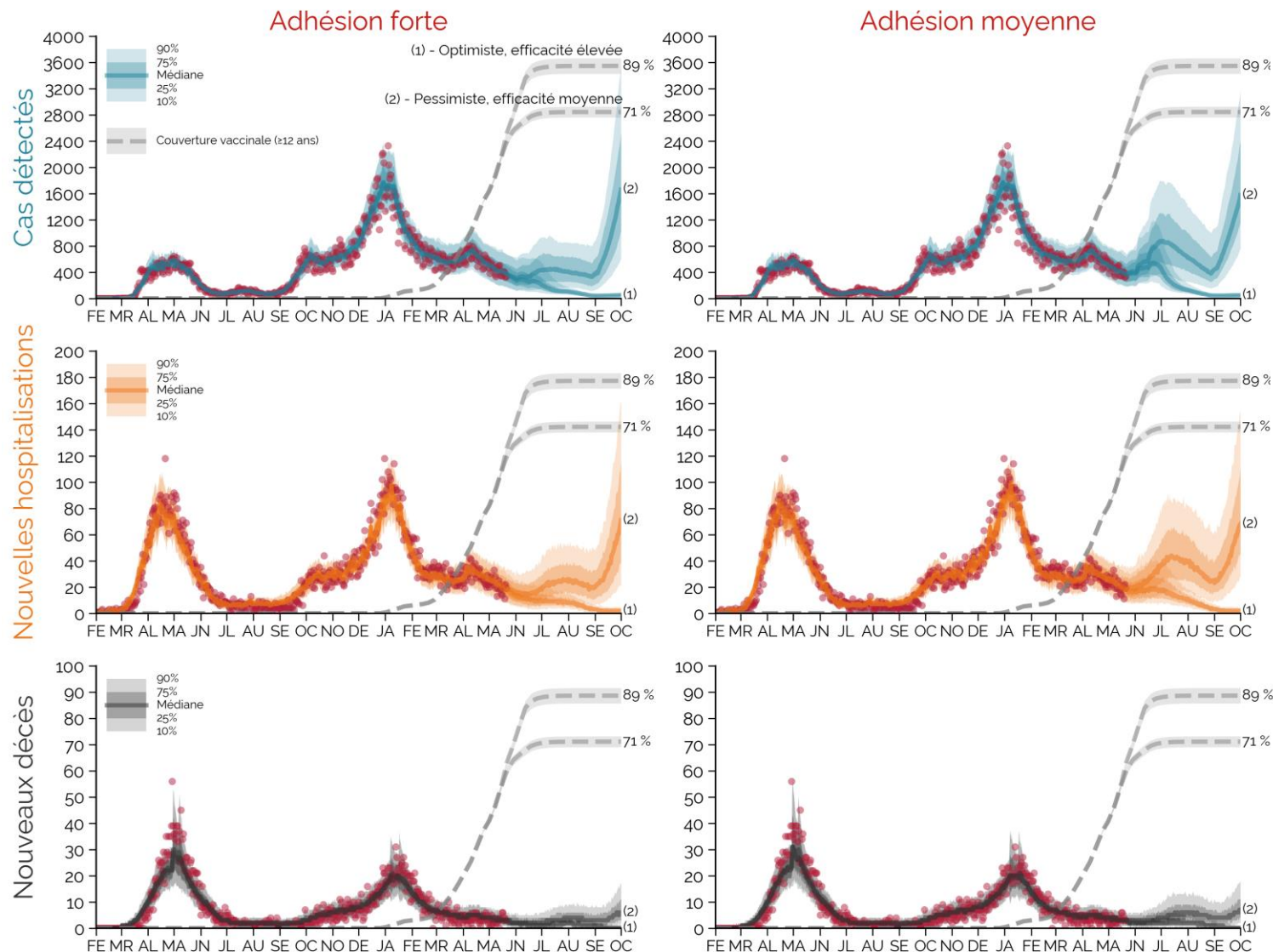
Selon la couverture vaccinale - couverture vaccinale optimiste vs pessimiste



- Avec la couverture vaccinale très élevée du **scénario optimiste** (et du scénario réaliste), le modèle prédit un niveau faible de cas et d'hospitalisations pendant l'été et à l'automne lors de la rentrée scolaire et du retour aux contacts pré-COVID.
- Avec une couverture vaccinale moins élevée chez les jeunes (**scénario pessimiste**), le modèle prédit une réduction moins importante des cas et des hospitalisations en juillet. La transmission communautaire plus élevée pendant l'été, jumelée au nombre important de personnes non immunisées, pourraient occasionner une recrudescence importante des cas et des hospitalisations en septembre.
- **Attention:** Les projections à long terme (septembre) sont incertaines étant donné différents facteurs qui pourraient influencer le cours de l'épidémie et qui ne sont pas intégrés pour le moment dans le modèle (ex: nouveaux variants préoccupants, perte d'efficacité vaccinale, retards dans la vaccination, saisonnalité).
- **Voir l'annexe** pour les projections du pourcentage de personnes immunisées (à la suite d'une infection ou par la vaccination)

Évolution de la COVID-19 dans les Grand Montréal

Selon l'efficacité et la couverture vaccinale



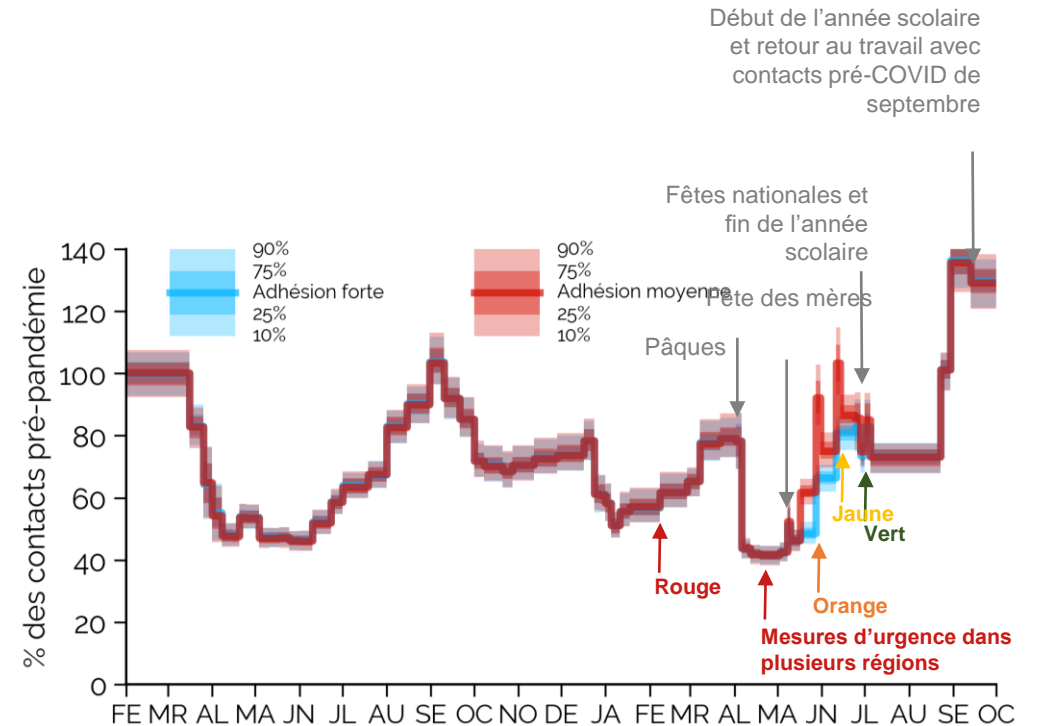
- Nous avons modélisé deux scénarios extrêmes pour représenter une situation où il y aurait: (1) **une très haute couverture vaccinale pour les 2 doses** (couverture optimiste, efficacité vaccinale=85-95%) ou (2) **une faible couverture vaccinale pour la 1^{re} dose et la 2^e dose** (couverture pessimiste, efficacité vaccinale=75-85%)
- Ces scénarios montrent que l'atteinte d'une couverture élevée et d'une efficacité vaccinale élevée (avec la 2^e dose) est primordiale pour minimiser le risque d'une recrudescence des cas à l'automne.

Autres Régions

Scénarios de contacts sociaux

Autres Régions

- 1 février 2020 – 14 mai 2021
 - À partir des données de l'étude CONNECT, nous avons modélisé les changements de contacts sociaux qui nous permettent de reproduire l'évolution de la COVID-19.
- 15 mai 2021 – septembre 2021:
 - À partir du **plan de déconfinement du gouvernement** et des niveaux de contacts estimés par CONNECT pour des mesures sanitaires similaires, nous avons modélisé une augmentation graduelle des contacts sociaux pendant l'été et le printemps pour atteindre les niveaux de contacts pré-COVID en septembre:
 - 28 mai – **zone orange (restaurants et sports/loisirs intérieurs/extérieurs, retour des élèves du secondaire à temps plein) + rassemblements extérieurs sur les terrains privés**
 - 11 juin – **zone jaune (maisons et bars intérieurs/extérieurs, sports/loisirs avec plus de contacts, diminution du télétravail) + augmentation des contacts à l'extérieur (sports)**
 - 25 juin – **zone verte (augmentation des contacts dans les maisons et dans les sports/loisirs intérieurs/extérieurs) + augmentation des contacts à l'extérieur (activités/événements publics, sports)**
 - septembre – retour aux contacts pré-COVID
- Nous avons modélisé 2 scénarios de contacts sociaux qui tiennent compte de l'adhésion de la population aux consignes sanitaires des différentes étapes du plan de déconfinement du gouvernement:
 - **Adhésion forte**: maintien d'une adhésion forte et surveillance/prévention intensive de la transmission dans les écoles.
 - **Adhésion moyenne**: diminution de l'adhésion (particulièrement lors des changements de paliers) et diminution de la surveillance/prévention dans les écoles. L'adhésion moyenne pourrait survenir si les gens devancent le plan de déconfinement en ayant plus de contacts à risque que ceux permis aux différentes étapes.

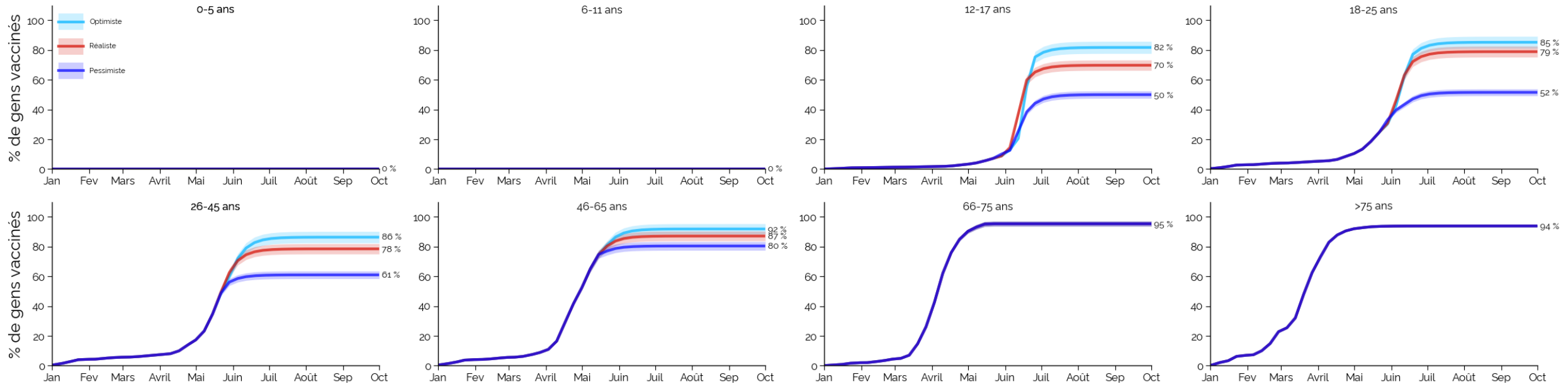


Attention:

- **Scénarios hypothétiques des contacts sociaux dans les autres régions en raison de la variabilité importante des mesures en avril et au début mai**

Scénarios de la vaccination – couverture vaccinale

Autres Régions



Scénarios de la vaccination:

- **Optimiste:** Couverture selon les intentions de l'enquête de l'INSPQ – Intention de se faire vacciner + Indécis
- **Réaliste:** Couverture selon les intentions de l'enquête de l'INSPQ – Intention de se faire vacciner seulement
- **Pessimiste:** Couverture de 50% chez les 12-25 ans et 60% chez les 26-45 ans

Hypothèses:

Proportion vaccinée: Le nombre de doses administrées par âge et région suit le calendrier actuel du gouvernement du Québec (données de couverture par âge de l'INSPQ) et le nombre de doses attendues du gouvernement canadien.

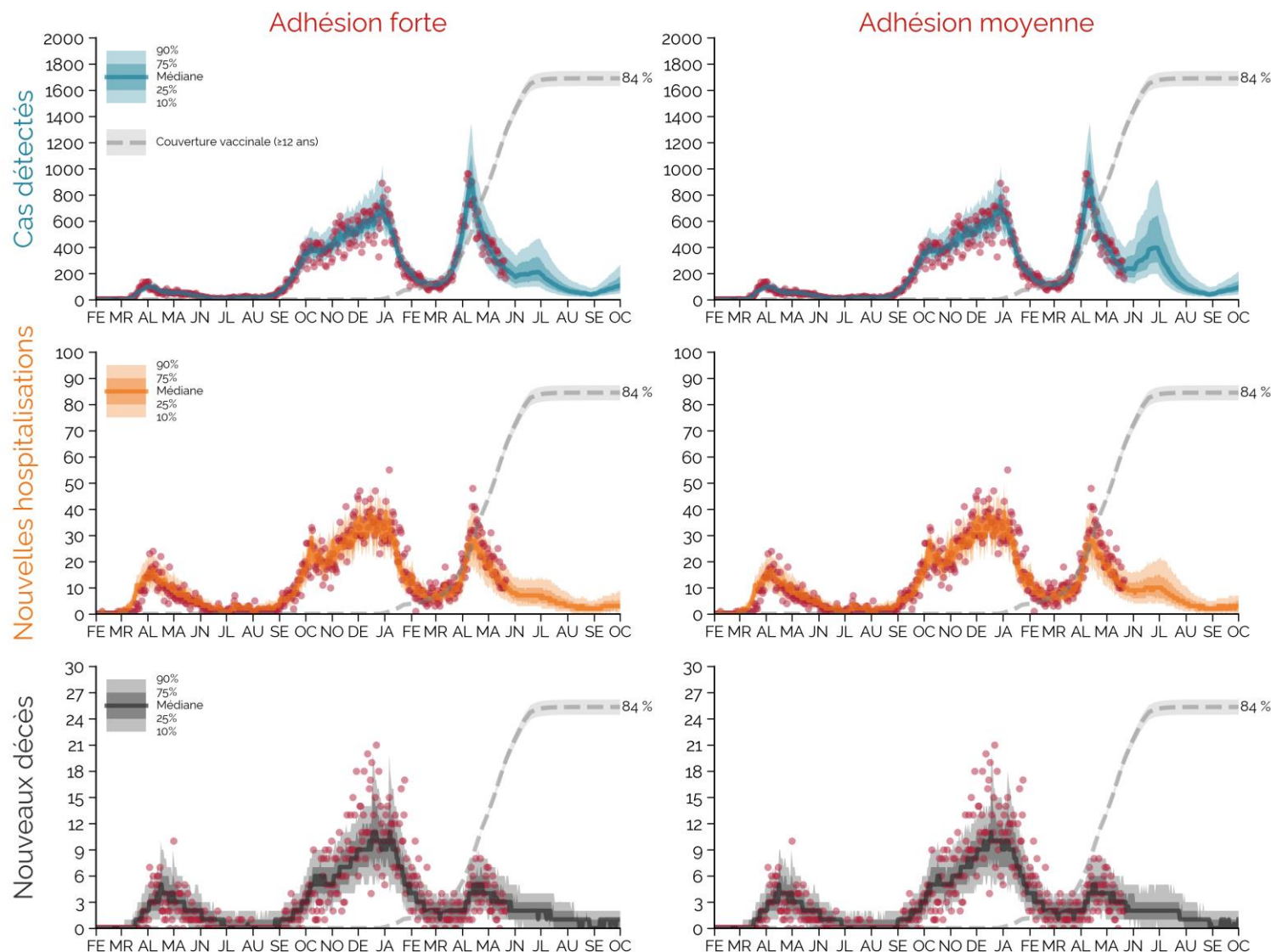
Proportion protégée: Pour les ≥ 75 ans, l'efficacité après une dose est de 70-90% contre les infections (transmission) et la sévérité de la maladie (hospitalisations et décès) 3 semaines après la vaccination. Pour les moins de 75 ans, l'efficacité après une dose est de 75-95% contre les infections (transmission) et la sévérité de la maladie (hospitalisations et décès) 2 semaines après la vaccination. L'efficacité vaccinale est la même pour la souche historique et le variant britannique et il n'y a pas de perte d'immunité vaccinale à court terme.

- Références: Vasileiou, www.ed.ac.uk/files/atoms/files/scotland_firstvaccinatedata_preprint.pdf; PHE (publichealthmatters.blog.gov.uk/2021/02/23/covid-19-analysing-first-vaccine-effectiveness-in-the-uk/) et assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/963532/COVID-19_vaccine_effectiveness_surveillance_report_February_2021_FINAL.pdf); sondage INSPQ (<https://www.inspq.qc.ca/covid-19/sondages-attitudes-comportements-quebecois/vaccination/18-mai-2021>).

Projections – Autres Régions

Évolution de la COVID-19 dans les Autres Régions

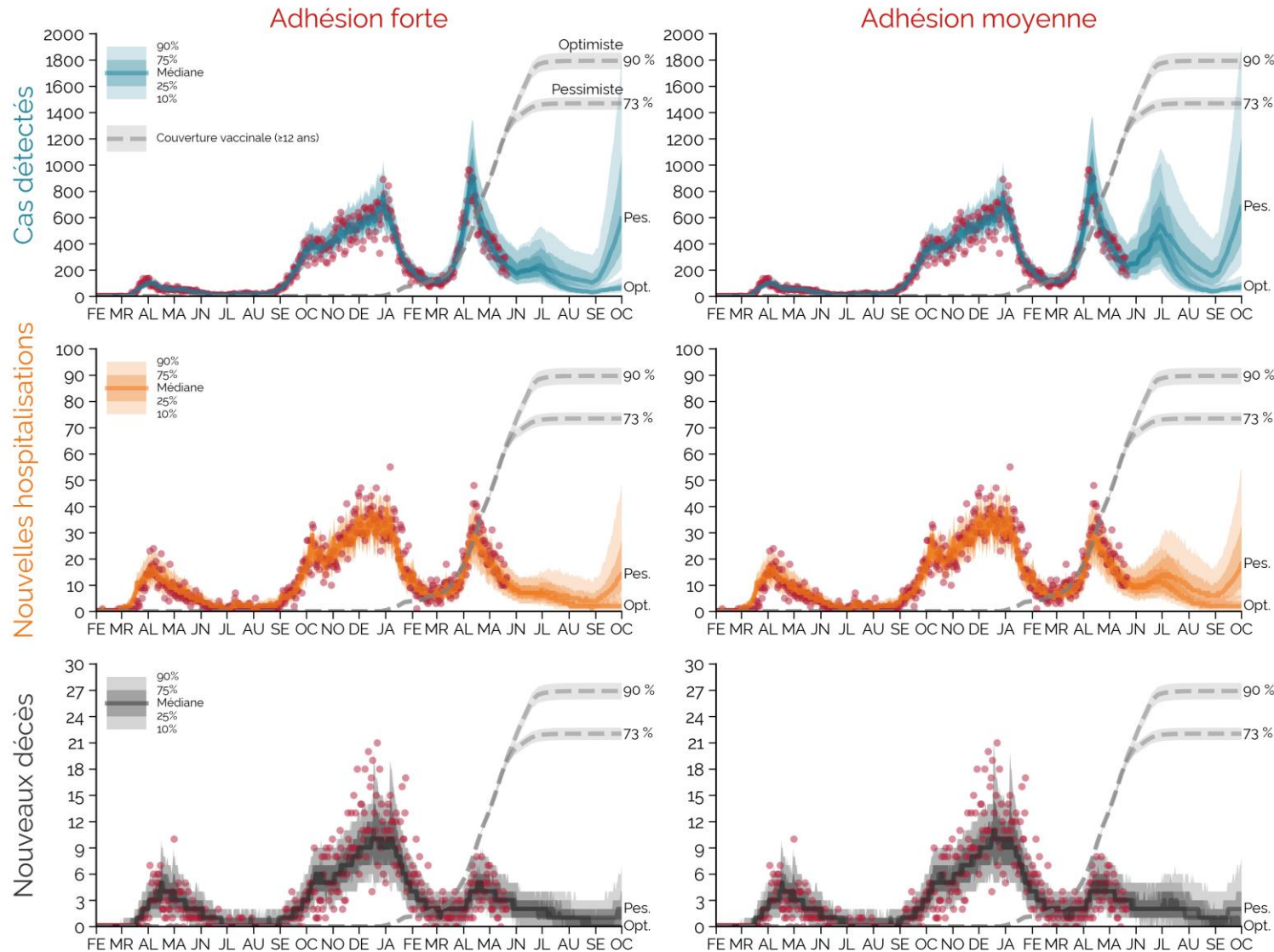
Selon le niveau d'adhésion aux mesures du plan de déconfinement – couverture vaccinale réaliste



- Une **adhésion forte** aux mesures sanitaires lors du déconfinement permettrait de réduire les cas, les hospitalisations et les décès, avec la couverture vaccinale élevée du scénario réaliste.
- Une **adhésion moyenne** aux mesures pourrait occasionner une augmentation des cas d'ici la fin juin chez les jeunes d'âge scolaire et les adultes non protégés par la vaccination (non vaccinés ou échec vaccinal), suivie d'une diminution importante des cas en juillet avec la fin de l'année scolaire et la croissance de la couverture vaccinale. Cette augmentation des cas pourrait occasionner une légère augmentation des hospitalisations en juin.
- Voir l'Annexe pour les projections par âge.

Évolution de la COVID-19 dans les Autres Régions

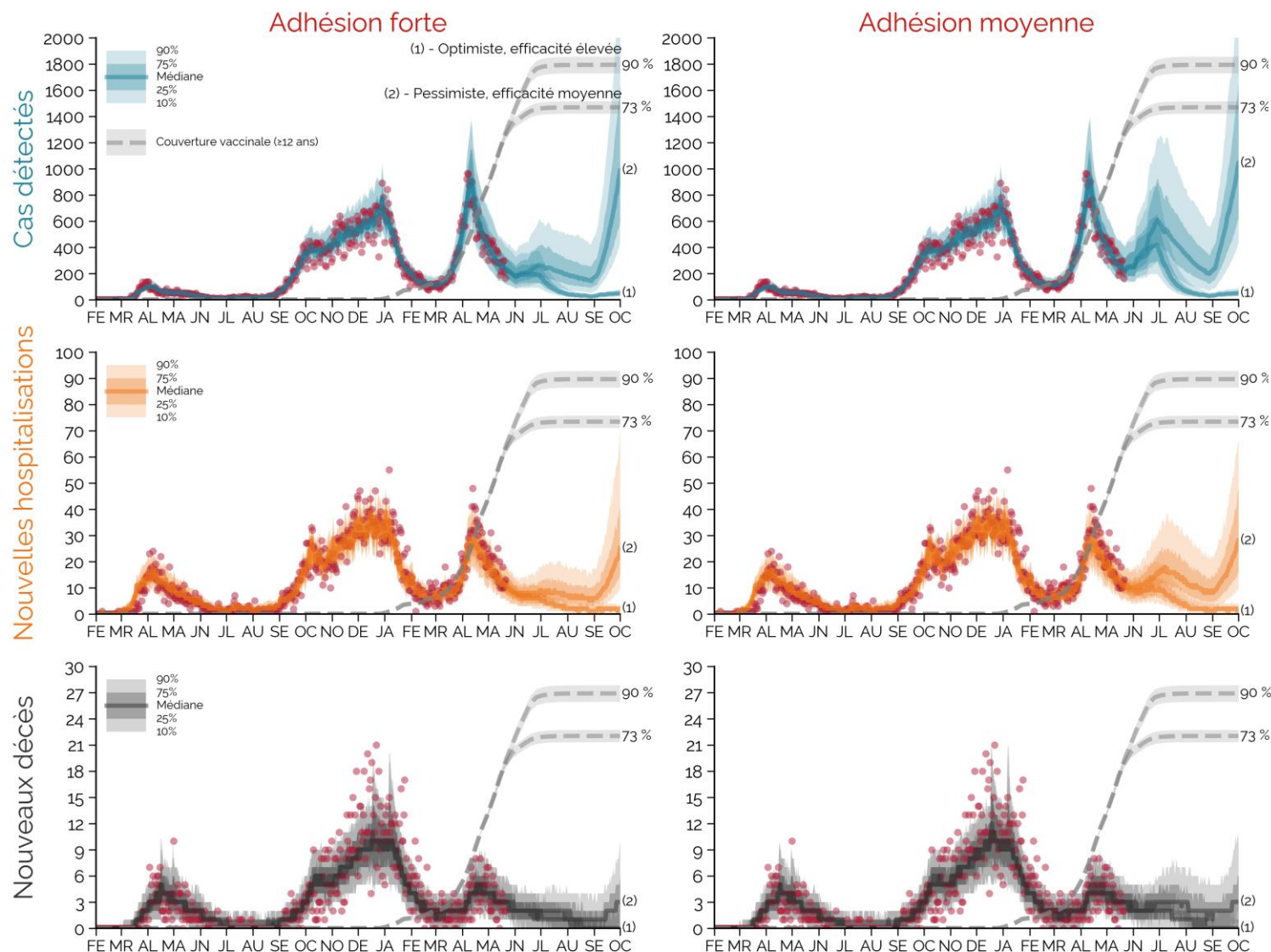
Selon la couverture vaccinale - couverture vaccinale optimiste vs pessimiste



- Avec la couverture vaccinale très élevée du **scénario optimiste** (et du scénario réaliste), le modèle prédit un niveau faible de cas et d'hospitalisations pendant l'été et à l'automne lors de la rentrée scolaire et du retour aux contacts pré-COVID.
- Avec une couverture vaccinale moins élevée chez les jeunes (**scénario pessimiste**), le modèle prédit une réduction moins importante des cas et des hospitalisations en juillet. La transmission communautaire plus élevée pendant l'été, jumelée au nombre important de personnes non immunisées, pourraient occasionner une recrudescence importante des cas et des hospitalisations en septembre.

Évolution de la COVID-19 dans les Autres Régions

Selon l'efficacité et la couverture vaccinale – adhésion forte

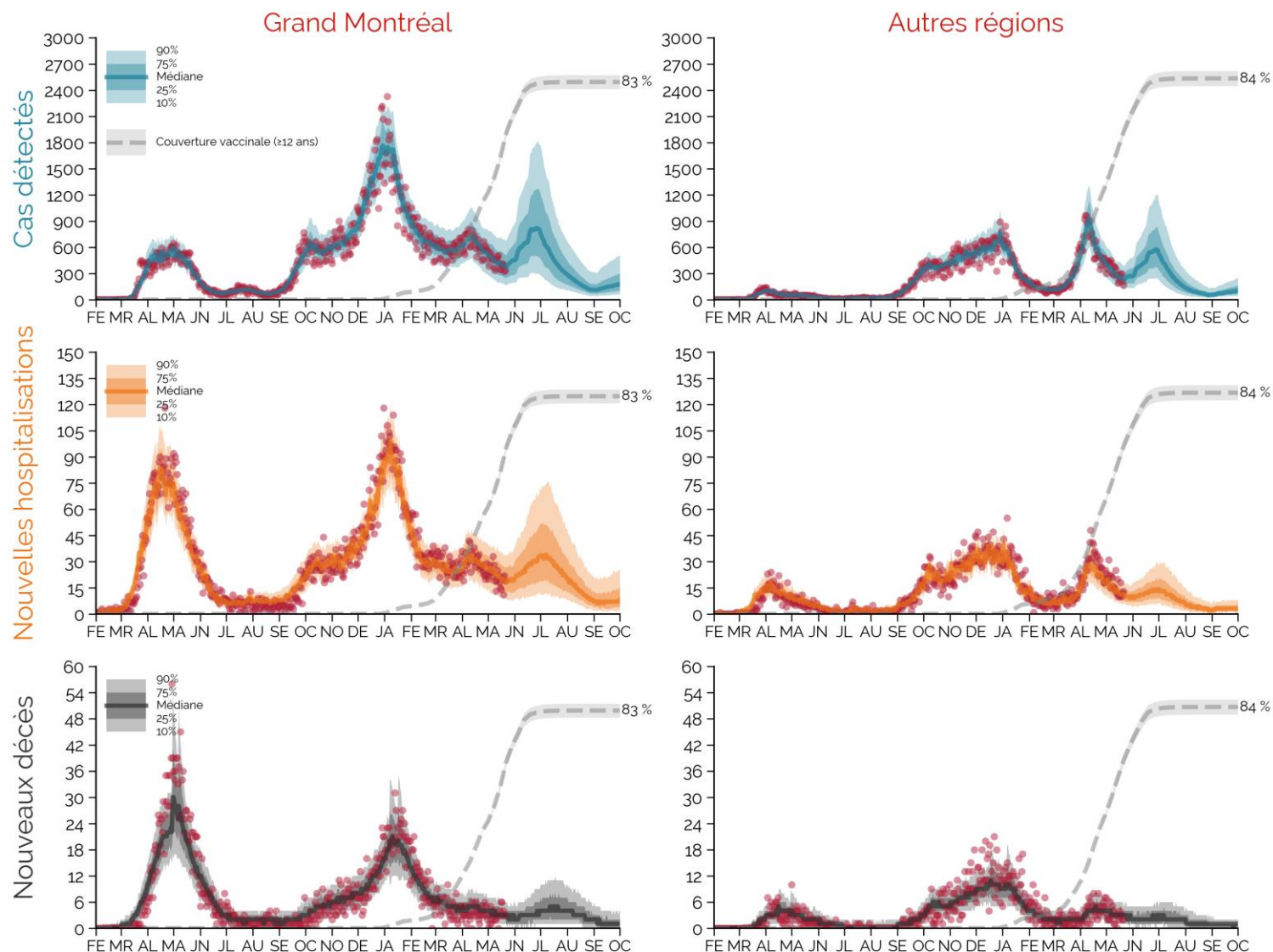


- Nous avons modélisé deux scénarios extrêmes pour représenter une situation où il y aurait: 1) **une faible couverture vaccinale pour la 1^{re} dose et la 2^e dose** (couverture pessimiste, efficacité vaccinale=75-85%) ou 2) **une très haute couverture vaccinale pour les 2 doses** (couverture optimiste, efficacité vaccinale=85-95%)
- Ces scénarios montrent que l'atteinte d'une couverture élevée et d'une efficacité vaccinale élevée (avec la 2^e dose) est primordiale pour minimiser le risque d'une recrudescence des cas à l'automne.

Quel pourrait être l'impact d'une adhésion faible aux mesures du plan de déconfinement en mai et juin?

Évolution de la COVID-19

Adhésion faible aux mesures du plan de déconfinement – couverture réaliste



- Nous avons modélisé un scénario **d'adhésion faible** aux mesures de déconfinement pour représenter une situation où: 1) les **gens devanceraient le plan** de déconfinement en ayant beaucoup plus de contacts à risque que ceux permis aux différentes étapes du plan de déconfinement et 2) il y aurait une **baisse de la surveillance de la transmission dans les écoles**.
- Une **adhésion faible** aux mesures pourrait occasionner une **augmentation importante des cas** d'ici la fin de l'année scolaire chez les personnes non protégées par la vaccination (non vaccinées ou échec vaccinal). Cette augmentation des cas pourrait produire une **augmentation des hospitalisations à la fin juin et au début juillet**. Toutefois, les hospitalisations demeuraient inférieures au nombre d'hospitalisations de la 2^e vague.
- Une transmission communautaire soutenue chez les jeunes d'âge scolaire et les adultes non protégés par la vaccination pourrait perturber la fin de l'année scolaire et la campagne de vaccination des 12-17 ans en plus de retarder les assouplissements des mesures sanitaires.

Éléments importants pour l'interprétation des résultats

Facteurs qui pourraient produire des projections des cas/hospitalisations **sous-estimées** par rapport à la réalité.

Importation de nouveaux variants pour lesquels l'efficacité vaccinale serait plus faible ou la transmissibilité plus élevée

Perte d'efficacité vaccinale

Évènements de super-propagation, éclosions dans des sous-groupes de la population non vaccinés

Facteurs qui pourraient produire des projections des cas/hospitalisations **surestimées** par rapport à la réalité

Effets de saisonnalité (ex: réduction de la transmissibilité du virus, contacts majoritairement à l'extérieur)

Efficacité vaccinale plus élevée ou atteinte plus rapidement

Impact important de la vaccination des travailleurs essentiels (ex: professeurs et éducateurs)

Résumé

À court et moyen termes (fin du printemps et été)

- Avec une adhésion forte aux mesures sanitaires du plan de déconfinement et une couverture vaccinale élevée dans tous les groupes d'âge (>80% chez les 12 ans et plus), le modèle prédit un niveau faible de cas, d'hospitalisations et de décès d'ici la fin de l'année scolaire et pendant l'été.
 - Une adhésion moyenne aux mesures du plan de déconfinement pourrait occasionner une augmentation des cas d'ici la fin juin parmi les personnes non protégées par la vaccination, mais une couverture vaccinale élevée permettrait de limiter l'impact sur les hospitalisations.
 - Une couverture vaccinale plus faible chez les jeunes ne permettrait pas de diminuer de façon aussi importante les cas et les hospitalisations.
 - À surveiller: La couverture vaccinale chez les 12-45 ans et la transmission dans les écoles; une augmentation des cas dans les écoles pourrait être un indicateur d'une recrudescence des cas chez les personnes non vaccinées et/ou de l'arrivée de nouveaux variants plus transmissibles.

À long terme (début de l'année scolaire 2021)

- Avec une couverture vaccinale élevée dans tous les groupes d'âge et sans nouveau variant préoccupant, le modèle prédit un niveau faible de cas et d'hospitalisations en septembre lors de la rentrée scolaire et du retour au niveau de contacts pré-COVID.
 - Une couverture vaccinale plus faible qu'attendue chez les jeunes pourrait occasionner une recrudescence importante des cas et des hospitalisations en septembre.
 - À surveiller: La couverture vaccinale pour la 1^{re} et 2^e dose (pour maximiser l'efficacité populationnelle) et l'arrivée de nouveaux variants préoccupants.

Bien que ces projections soient encourageantes, une recrudescence des cas et des hospitalisations pourrait survenir advenant une augmentation importante des contacts à risque non permis par le plan de déconfinement, une couverture vaccinale moindre qu'anticipée ou l'arrivée de nouveaux variants préoccupants.

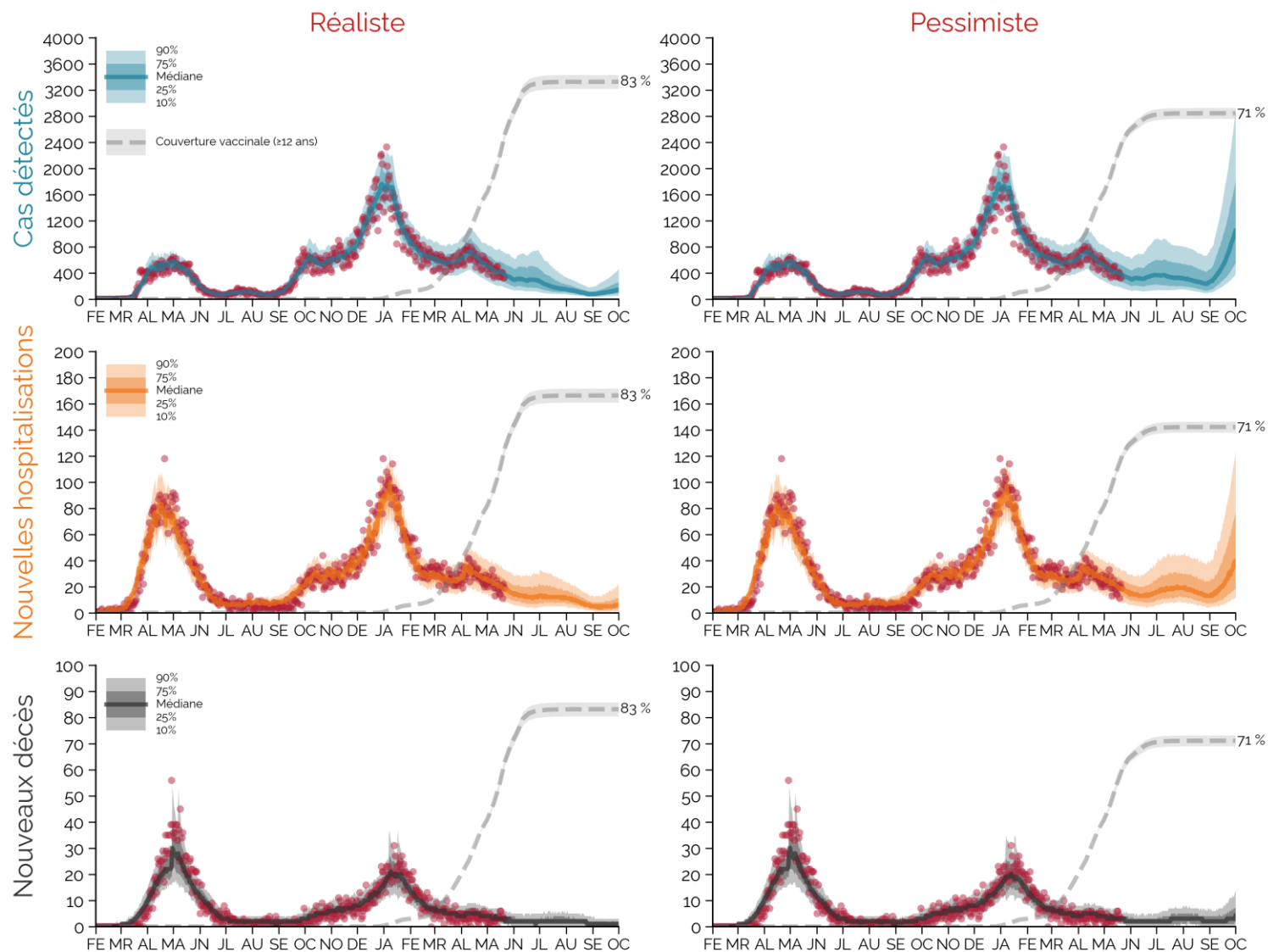
Attention! Les projections à long terme sont incertaines étant donné plusieurs facteurs qui pourraient influencer le cours de l'épidémie et qui ne sont pas intégrés dans le modèle pour le moment (ex: nouveaux variants préoccupants, perte d'efficacité vaccinale, couverture ou efficacité vaccinale plus faibles qu'anticipées).

Annexe

Graphiques de l'infographie de l'INSPQ

Évolution de la COVID-19 dans le Grand Montréal

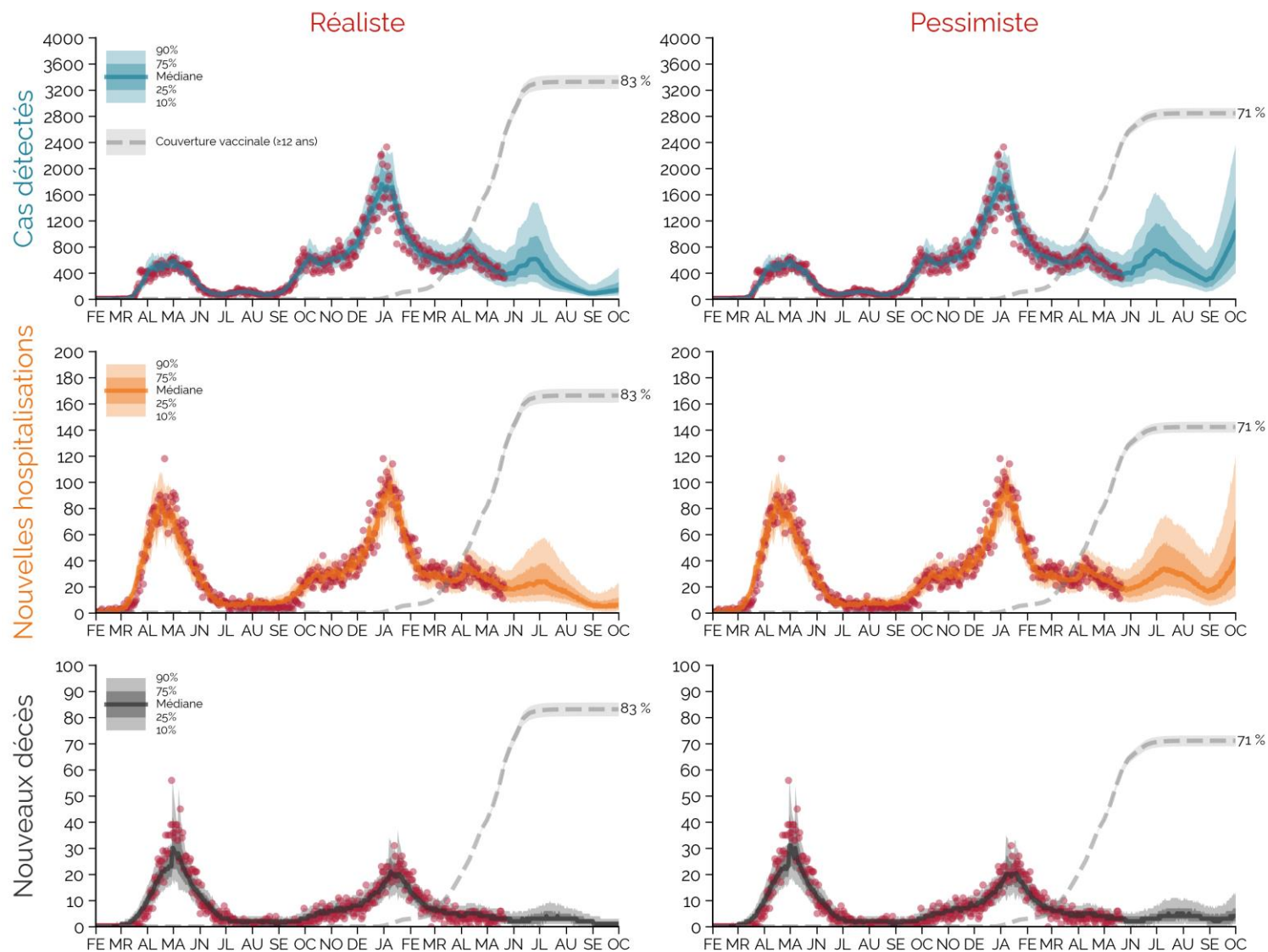
Selon la couverture vaccinale – couverture réaliste vs pessimiste – adhésion forte



Points rouges, données INSPQ/MSSS. 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 et décès lors d'éclats dans les CHSLD sont exclus.

Évolution de la COVID-19 dans le Grand Montréal

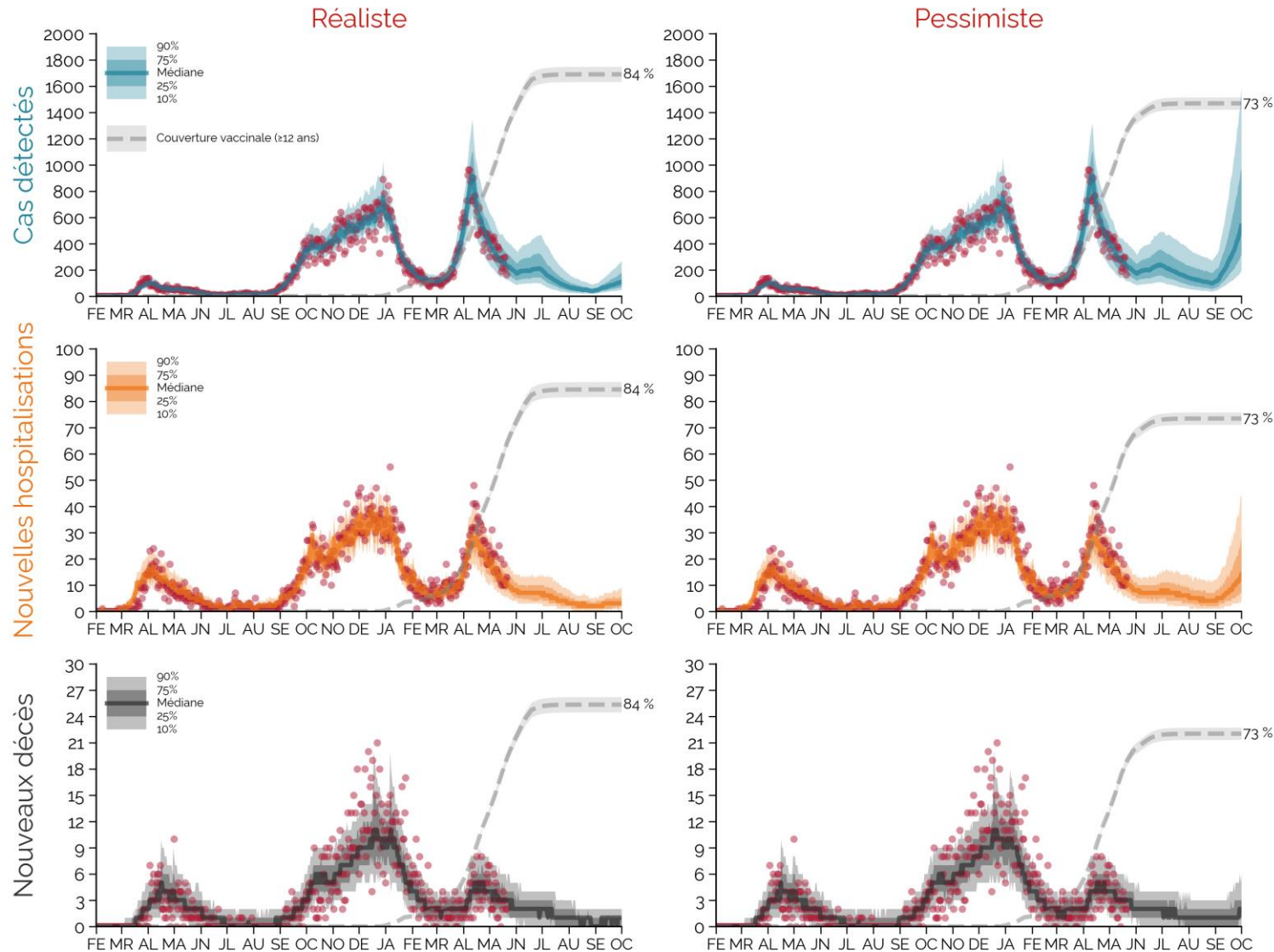
Selon la couverture vaccinale – couverture réaliste vs pessimiste – adhésion moyenne



Points rouges, données INSPQ/MSSS. 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 et décès lors d'éclotions dans les CHSLD sont exclus.

Évolution de la COVID-19 dans les Autres Régions

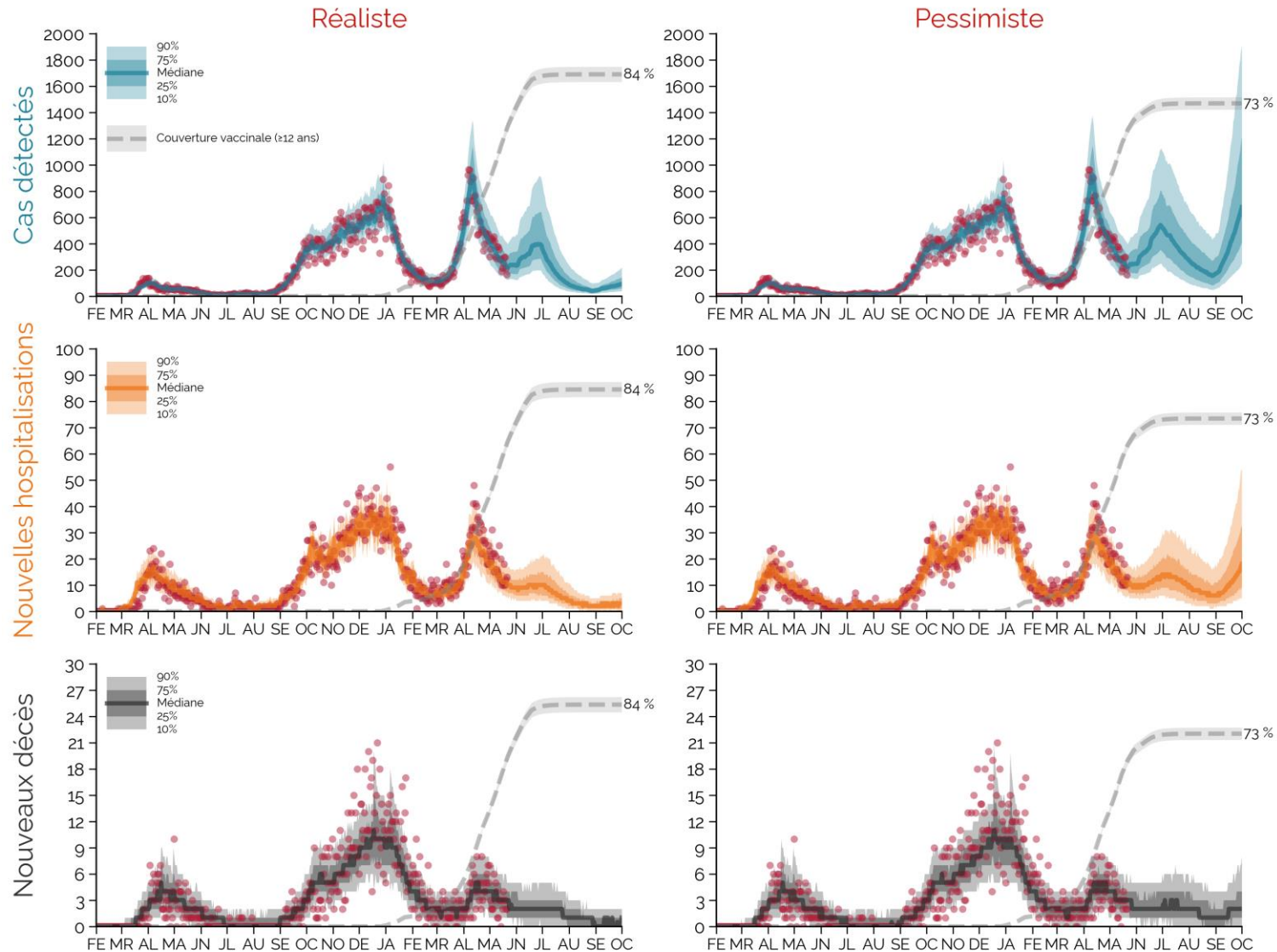
Selon la couverture vaccinale – couverture réaliste vs pessimiste – adhésion forte



Points rouges, données INSPQ/MSSS. 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 et décès lors d'éclousions dans les CHSLD sont exclus.

Évolution de la COVID-19 dans les Autres Régions

Selon la couverture vaccinale – couverture réaliste vs pessimiste – adhésion moyenne

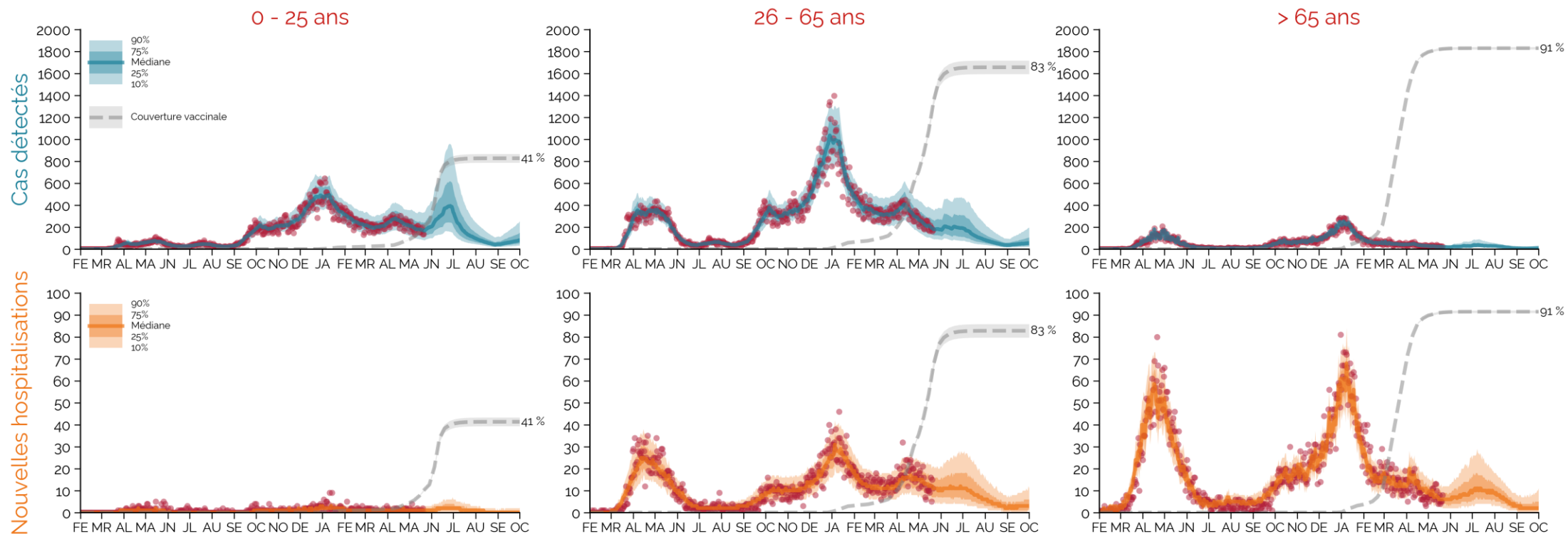


Points rouges, données INSPQ/MSSS. Les résultats représentent la médiane et les 10^e, 25^e, 75^e et 90^e percentiles des prédictions du modèle. Les transferts hospitaliers des CHSLD et décès lors d'éclousions dans les CHSLD sont exclus.

Impact selon l'âge

Évolution de la COVID-19 dans le Grand Montréal

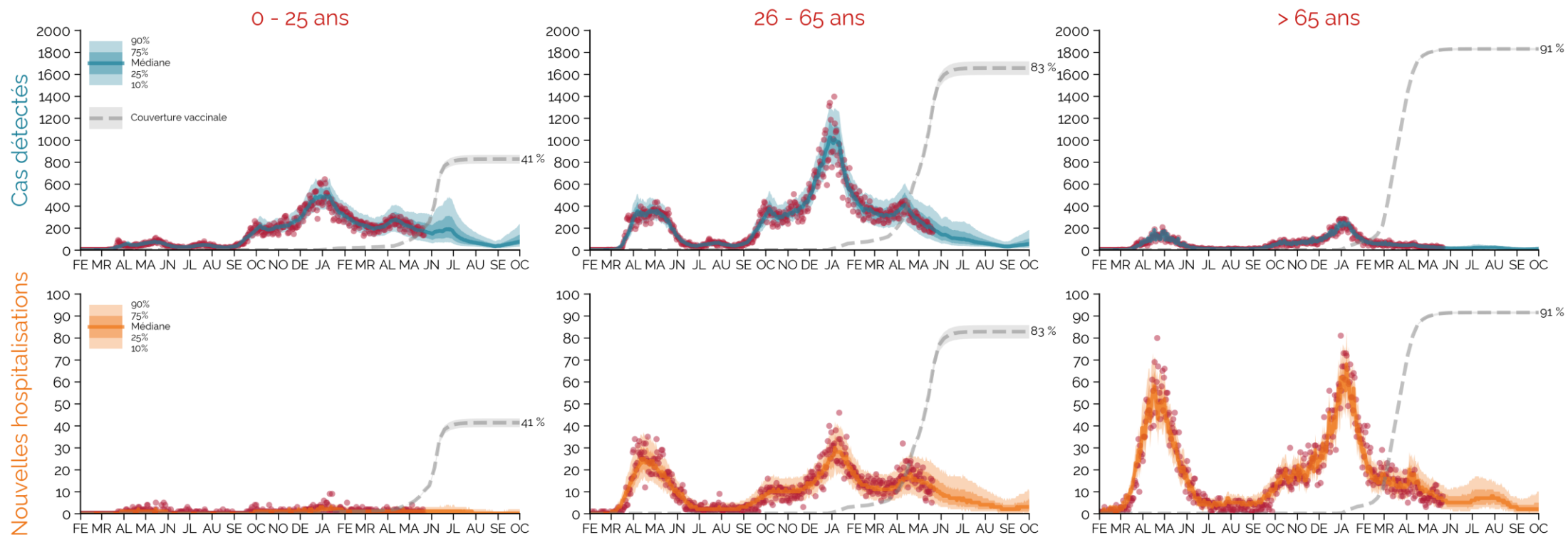
Selon l'âge – adhésion moyenne - couverture vaccinale réaliste



- Selon le scénario d'**adhésion moyenne** aux mesures sanitaires lors du déconfinement, le modèle prédit qu'il pourrait y avoir une augmentation des cas d'ici la fin juin chez les enfants et les jeunes adultes (0-25 ans), suivie d'une diminution importante en juillet avec la fin de l'année scolaire et la croissance de la couverture vaccinale dans ce groupe d'âge.
- Une transmission communautaire soutenue chez les jeunes d'âge scolaire et les adultes non protégés par la vaccination (non vaccinés ou échec vaccinal) pourrait produire une légère augmentation des hospitalisations en juin et juillet chez les adultes, en plus de perturber la fin de l'année scolaire et la campagne de vaccination des 12 à 17 ans.
- Il est important de maintenir un bon contrôle de la transmission, particulièrement dans les écoles et dans les milieux propices aux éclosions, en poursuivant les mesures intensives de dépistage et de traçage.

Évolution de la COVID-19 dans le Grand Montréal

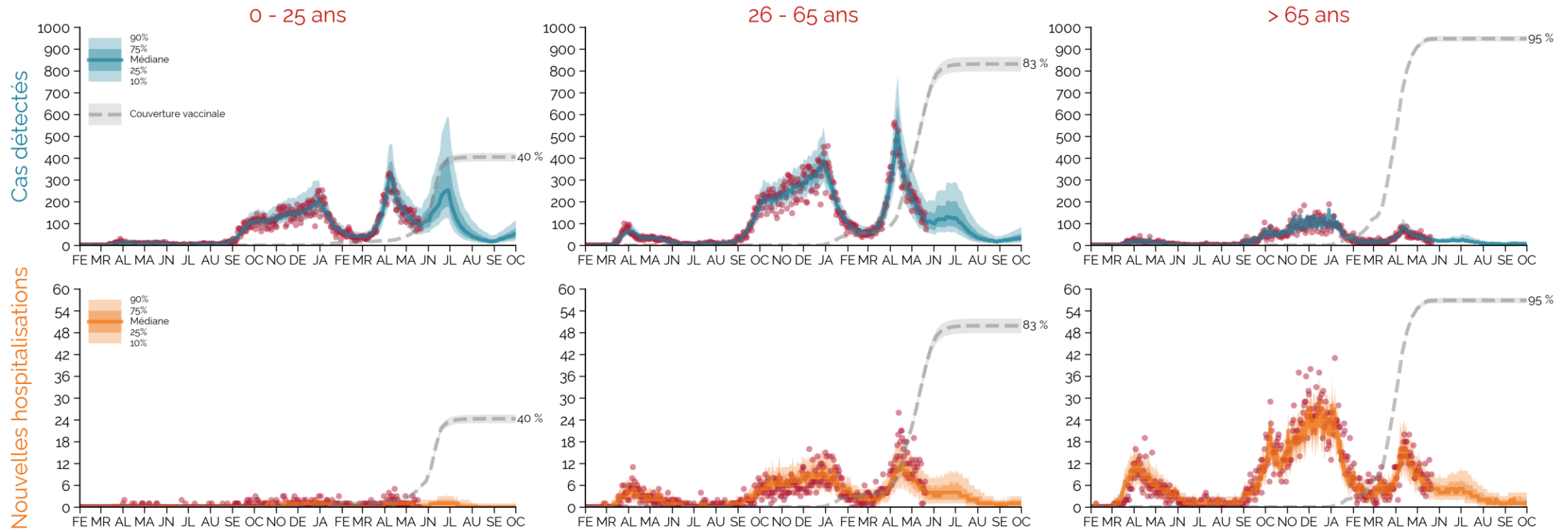
Selon l'âge – adhésion forte - couverture vaccinale réaliste



- Selon le scénario d'**adhésion forte** aux mesures sanitaires lors du déconfinement, le modèle prédit une réduction des cas, des hospitalisations et des décès dans tous les groupes d'âge.

Évolution de la COVID-19 dans les Autres Régions

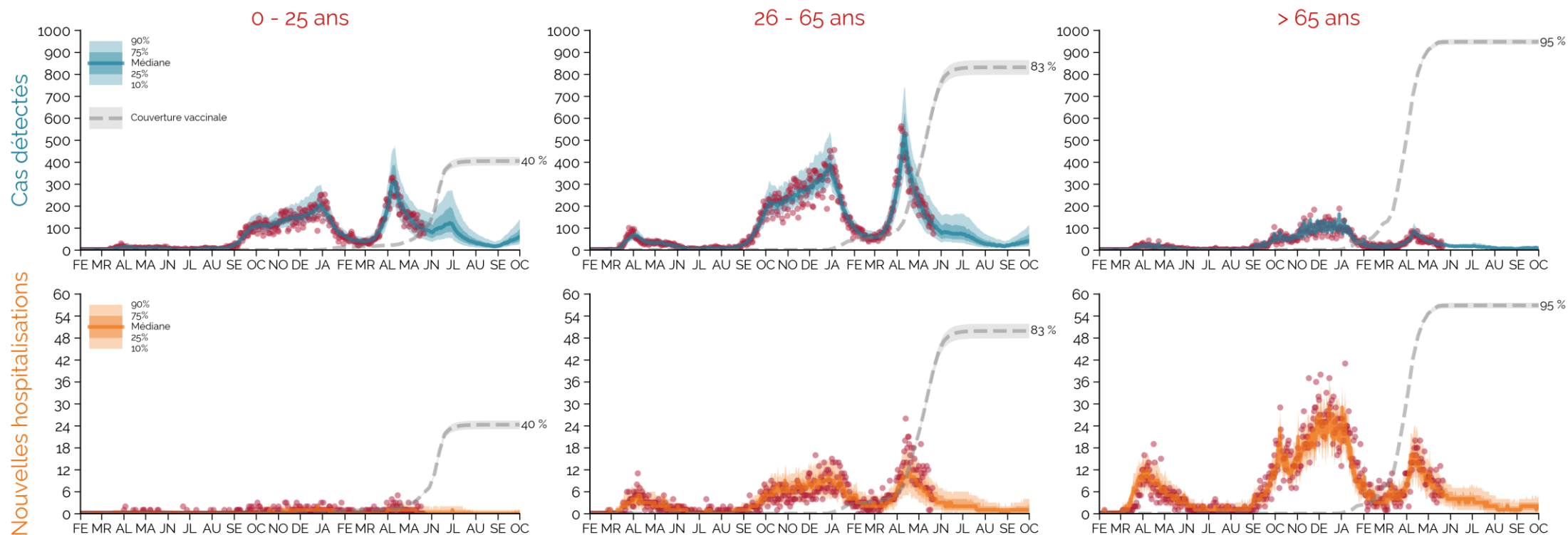
Selon l'âge – adhésion moyenne - couverture vaccinale réaliste



- Selon le scénario d'**adhésion moyenne** aux mesures sanitaires lors du déconfinement, le modèle prédit qu'il pourrait y avoir une augmentation importante des cas d'ici la fin juin chez les enfants et les jeunes adultes (0-25 ans), suivie d'une diminution importante en juillet avec la fin de l'année scolaire et la croissance de la couverture vaccinale dans ce groupe d'âge.
- Une transmission communautaire soutenue chez les jeunes d'âge scolaire et les adultes non protégés par la vaccination (non vaccinés ou échec vaccinal) pourrait produire une légère augmentation des hospitalisations en juin et juillet chez les adultes, en plus de perturber la fin de l'année scolaire et la campagne de vaccination des 12 à 17 ans.
- Il est important de maintenir un bon contrôle de la transmission, particulièrement dans les écoles et dans les milieux propices aux éclosions, en poursuivant les mesures de dépistage et de traçage intensives.

Évolution de la COVID-19 dans le Grand Montréal

Selon l'âge – adhésion forte - couverture vaccinale réaliste



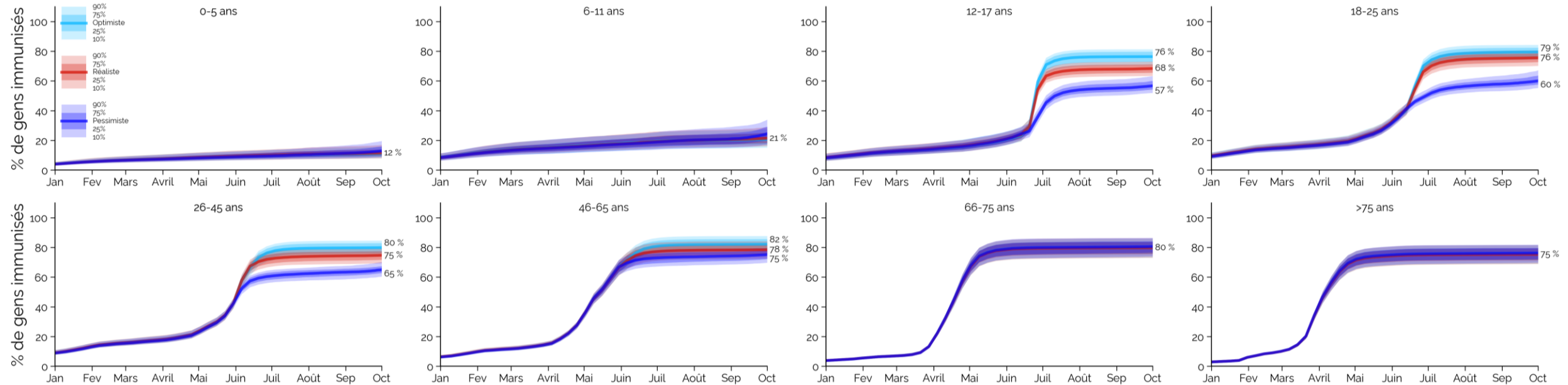
- Selon le scénario d'**adhésion forte** aux mesures sanitaires lors du déconfinement, le modèle prédit une réduction des cas, des hospitalisations et des décès dans tous les groupes d'âge.

% immunisé selon l'âge

(immunisé à la suite d'une infection ou de la vaccination)

Projections du % de personnes immunes dans le Grand Montréal

Immunité acquise par l'infection ou la vaccination



Scénarios de la vaccination :

- **Optimiste:** Couverture selon les intentions de l'enquête de l'INSPQ – Intention de se faire vacciner + Indécis
- **Réaliste:** Couverture selon les intentions de l'enquête de l'INSPQ – Intention de se faire vacciner seulement
- **Pessimiste:** Couverture de 50% chez les 12-25 ans et 60% chez les 26-45 ans

Hypothèses:

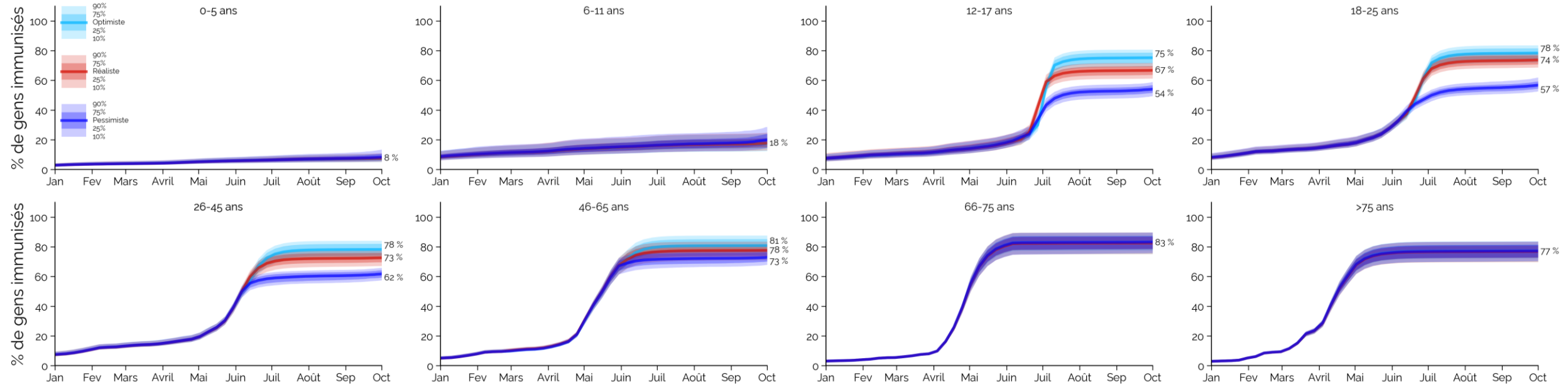
Proportion protégée par la vaccination: Pour les ≥ 75 ans, l'efficacité après une dose est de 70-90% contre les infections (transmission) et la sévérité de la maladie (hospitalisations et décès) 3 semaines après la vaccination. Pour les moins de 75 ans, l'efficacité après une dose est de 75-95% contre les infections (transmission) et la sévérité de la maladie (hospitalisations et décès) 2 semaines après la vaccination. L'efficacité vaccinale est la même pour la souche historique et le variant britannique et il n'y a pas de perte d'immunité vaccinale à court terme.

Proportion protégée suite à une infection: 100% des personnes deviennent immunes suite à une infection et il n'y a pas de perte d'immunité vaccinale à court terme.

- Références: Vasileiou, www.ed.ac.uk/files/atoms/files/scotland_firstvaccinatedata_preprint.pdf; PHE (publichealthmatters.blog.gov.uk/2021/02/23/covid-19-analysing-first-vaccine-effectiveness-in-the-uk/) et assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/963532/COVID-19_vaccine_effectiveness_surveillance_report_February_2021_FINAL.pdf); sondage INSPQ (<https://www.inspq.qc.ca/covid-19/sondages-attitudes-comportements-quebecois/vaccination/18-mai-2021>).

Projections du % de personnes immunes dans les Autres Régions

Immunité acquise par l'infection ou la vaccination



Scénarios de la vaccination :

- **Optimiste:** Couverture selon les intentions de l'enquête de l'INSPQ – Intention de se faire vacciner + Indécis
- **Réaliste:** Couverture selon les intentions de l'enquête de l'INSPQ – Intention de se faire vacciner seulement
- **Pessimiste:** Couverture de 50% chez les 12-25 ans et 60% chez les 26-45 ans

Hypothèses:

Proportion protégée par la vaccination: Pour les ≥ 75 ans, l'efficacité après une dose est de 70-90% contre les infections (transmission) et la sévérité de la maladie (hospitalisations et décès) 3 semaines après la vaccination. Pour les moins de 75 ans, l'efficacité après une dose est de 75-95% contre les infections (transmission) et la sévérité de la maladie (hospitalisations et décès) 2 semaines après la vaccination. L'efficacité vaccinale est la même pour la souche historique et le variant britannique et il n'y a pas de perte d'immunité vaccinale à court terme.

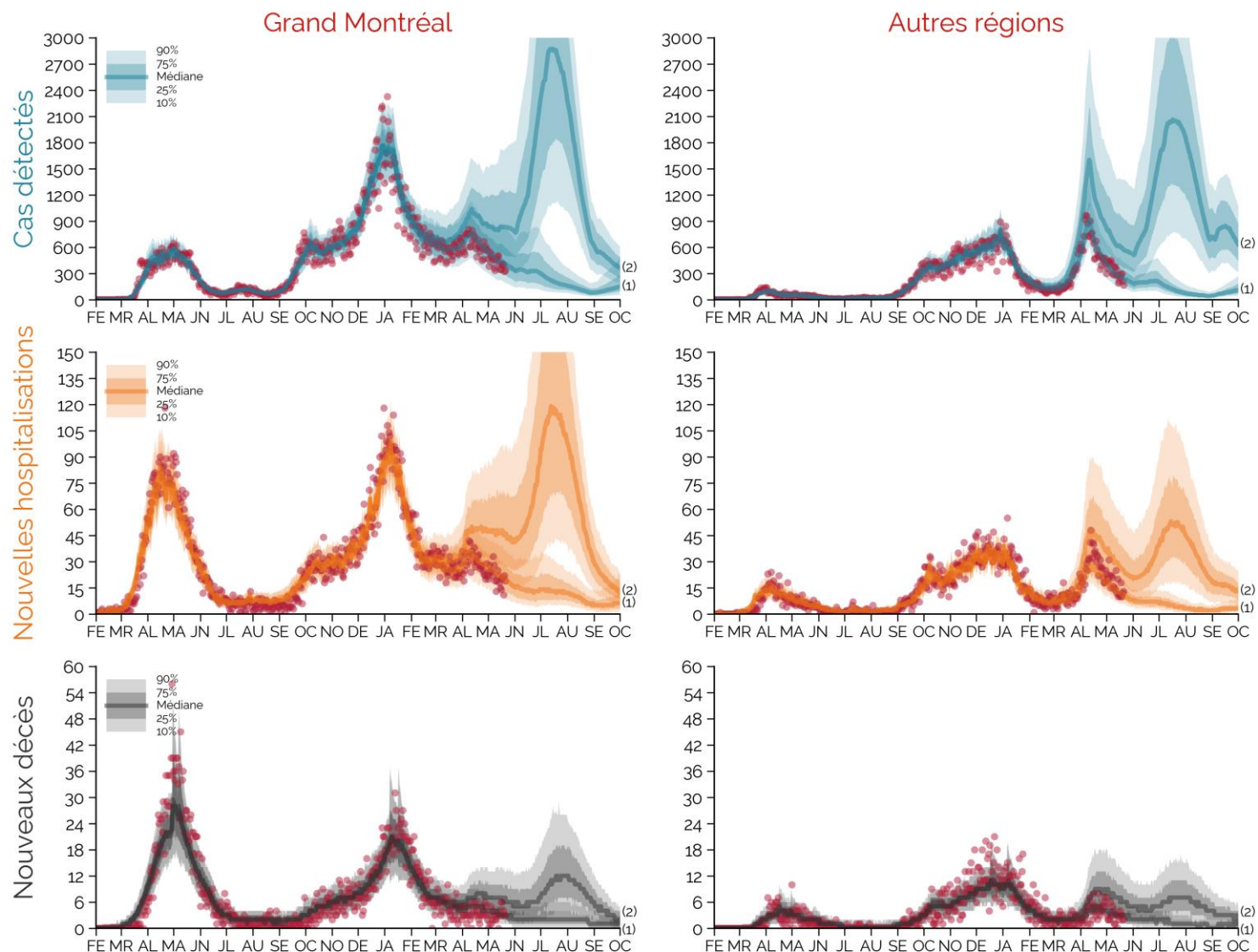
Proportion protégée suite à une infection: 100% des personnes deviennent immunes suite à une infection et il n'y a pas de perte d'immunité vaccinale à court terme.

- Références: Vasileiou, www.ed.ac.uk/files/atoms/files/scotland_firstvaccinatedata_preprint.pdf; PHE (publichealthmatters.blog.gov.uk/2021/02/23/covid-19-analysing-first-vaccine-effectiveness-in-the-uk/) et assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/963532/COVID-19_vaccine_effectiveness_surveillance_report_February_2021_FINAL.pdf); sondage INSPQ (<https://www.inspq.qc.ca/covid-19/sondages-attitudes-comportements-quebecois/vaccination/18-mai-2021>).

Impact de retarder la 2^e dose

Évolution de la COVID-19

Impact de la décision de retarder la 2^e dose pour vacciner plus de personnes avec une dose



Nous avons examiné l'impact de la décision de retarder la 2^e dose pour rapidement vacciner plus de personnes avec une dose. Nous avons modélisé deux scénarios :

1. **retard de la 2^e dose** à 16 semaines après la 1^{re} dose (couverture réaliste, efficacité vaccinale de 75 à 95%)
2. **calendrier rapproché**; administration de la 2^e dose 3 semaines après la 1^{re} dose (couverture réaliste, efficacité vaccinale de 92% à 98%).

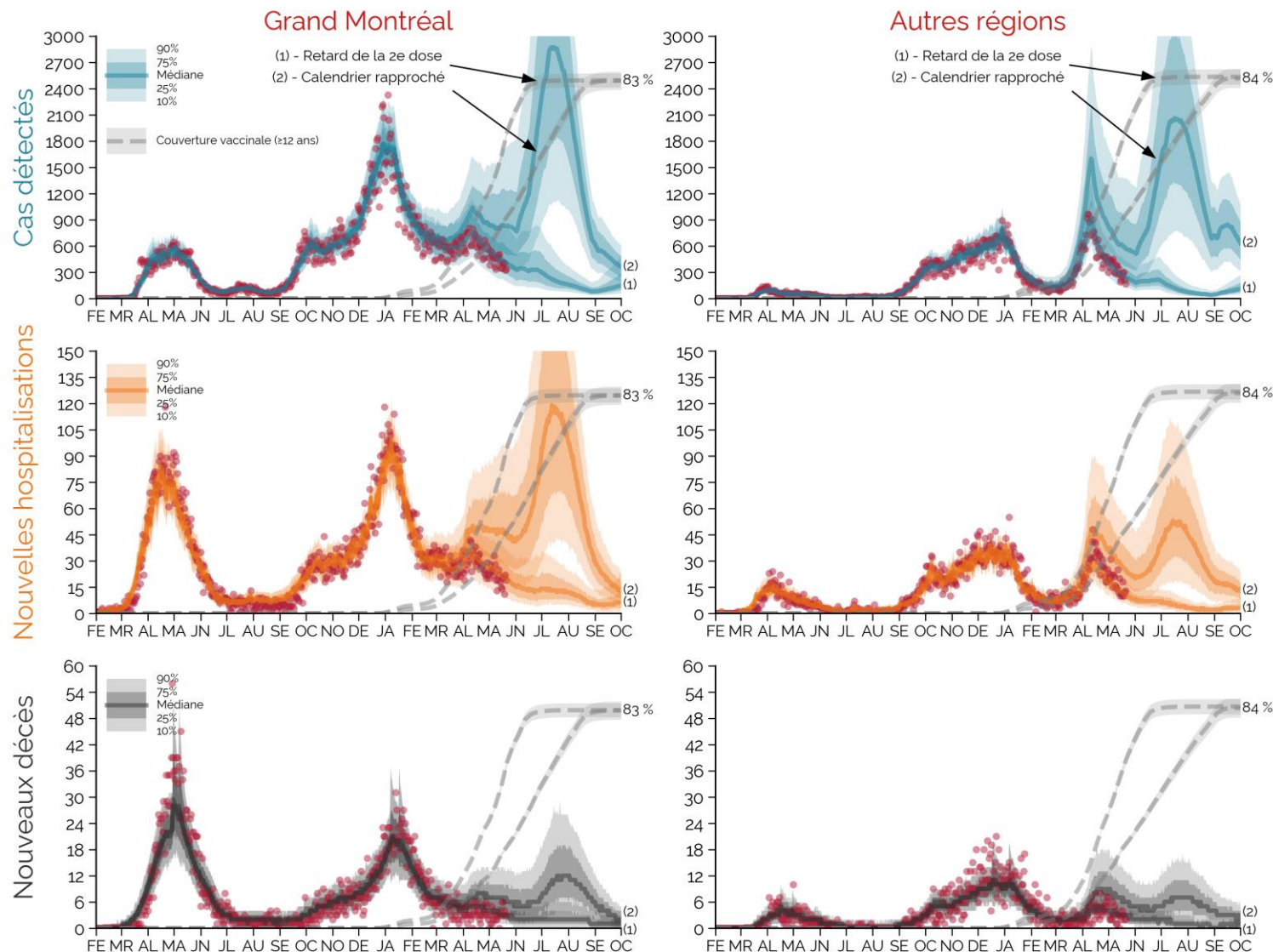
Dans les deux scénarios, nous modélisons le même nombre de doses administrées selon le scénario d'adhésion forte aux mesures sanitaires.

- Ces scénarios montrent que d'avoir **retardé la 2^e dose** a possiblement permis de réduire de façon importante les cas, les hospitalisations et les décès à partir du mois d'avril. De plus, la couverture vaccinale moins élevée avec le **calendrier rapproché** (surtout chez les jeunes), ainsi que la transmission communautaire plus élevée au printemps auraient pu entraîner une augmentation importante des cas, des hospitalisations et des décès lors du déconfinement en juin et durant l'été.

À noter: Le scénario de calendrier rapproché est hypothétique car il y aurait eu vraisemblablement des mesures différentes au printemps et à l'été en réponse à l'augmentation des cas.

Évolution de la COVID-19

Impact de la décision de retarder la 2^e dose pour vacciner plus de personnes avec une dose



Nous avons examiné l'impact de la décision de retarder la 2^e dose pour rapidement vacciner plus de personnes avec une dose. Nous avons modélisé deux scénarios :

1. **retard de la 2^e dose** à 16 semaines après la 1^{re} dose (couverture réaliste, efficacité vaccinale de 75 à 95%)
2. **calendrier rapproché**; administration de la 2^e dose 3 semaines après la 1^{re} dose (couverture réaliste, efficacité vaccinale de 92% à 98%).

Dans les deux scénarios, nous modélisons le même nombre de doses administrées selon le scénario d'adhésion forte aux mesures sanitaires.

- Ces scénarios montrent que d'avoir **retardé la 2^e dose** a possiblement permis de réduire de façon importante les cas, les hospitalisations et les décès à partir du mois d'avril. De plus, la couverture vaccinale moins élevée avec le **calendrier rapproché** (surtout chez les jeunes), ainsi que la transmission communautaire plus élevée au printemps auraient pu entraîner une augmentation importante des cas, des hospitalisations et des décès lors du déconfinement en juin et durant l'été.

À noter: Le scénario de calendrier rapproché est hypothétique car il y aurait eu vraisemblablement des mesures différentes au printemps et à l'été en réponse à l'augmentation des cas.

Groupe de recherche en modélisation mathématique des maladies infectieuses

Centre de recherche du CHU de Québec – Université Laval

- 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
- Alexandre Bureau, PhD
- Philippe Lemieux-Mellouki, MSc
- Aurélie Godbout, MD
- Caty Blanchette, MSc
- Léa Drolet-Roy
- Kaoutar Ennour-Idrissi, MD, MSc
- Norma Pérez, MSc
- Éric Demers, MSc
- Jacques Brisson, DSc
- Alain Fournier, MSc

Collaboratrice Imperial College London

- Marie-Claude Boily, PhD

Collaborateurs Université McGill

- Mathieu Maheu-Giroux, ScD
- David Buckeridge, PhD
- Arnaud Godin, MSc
- Yiqing Xia, MSc

Calcul Canada

- Charles Coulombe

Collaborateur Université de Montréal

- Benoît Mâsse, PhD

Collaborateurs Institut national de santé publique du Québec

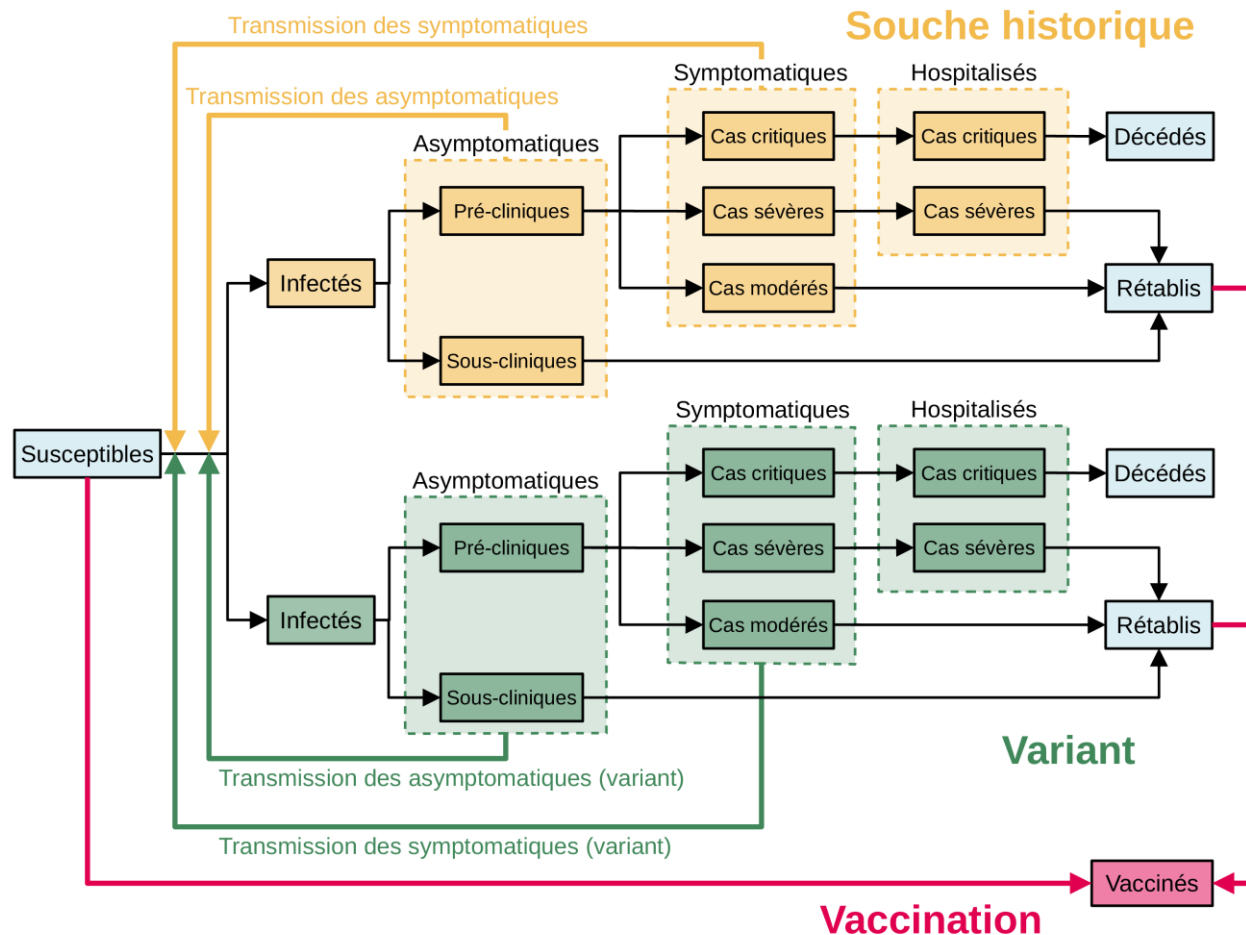
- Gaston De Serres, MD, PhD
- Christophe Garenc, PhD
- Chantal Sauvageau, MD, FRCP(c)
- Geneviève Deceuninck, MSc
- Rodica Gilca, MD, FRCP(c)
- Zhou Zhou, PhD
- Élise Fortin, PhD
- Rachid Amini, MSc
- Nicholas Brousseau, MD, FRCP(c)

Méthodes

Modélisation

Description du modèle avec un variant plus transmissible

Diagramme du modèle dynamique



Hypothèses:

- Le variant et la souche historique ont:
 - la **même histoire naturelle**
- Cependant, le variant est:
 - **1,4 à 2,0 fois plus transmissible par contact** que la souche de base (ex: variant B.1.17) (1)
 - **1,1 à 1,8 fois plus sévère** (ex: risque d'hospitalisation, risque de décès) (2)
- **100% de protection croisée** (une personne développe une immunité aux 2 souches après avoir été infectée par le variant ou la souche historique)

Les boîtes représentent les différents états de santé (infection/maladie) dans lesquels un individu du modèle peut se retrouver pour chaque groupe d'âge. 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 ainsi qu'entre les différents groupes d'âge). Le nouveau variant modélisé représente un ensemble de variants plus transmissibles avec des caractéristiques de transmission et de sévérité similaires. Références: (1) Davies, Science 2021 (<https://science.sciencemag.org/content/early/2021/03/03/science.abg3055>), (2) <https://www.gov.uk/government/publications/nervtag-paper-on-covid-19-variant-of-concern-b117>.

Prédictions de l'évolution de la courbe épidémique

- **Régions**

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

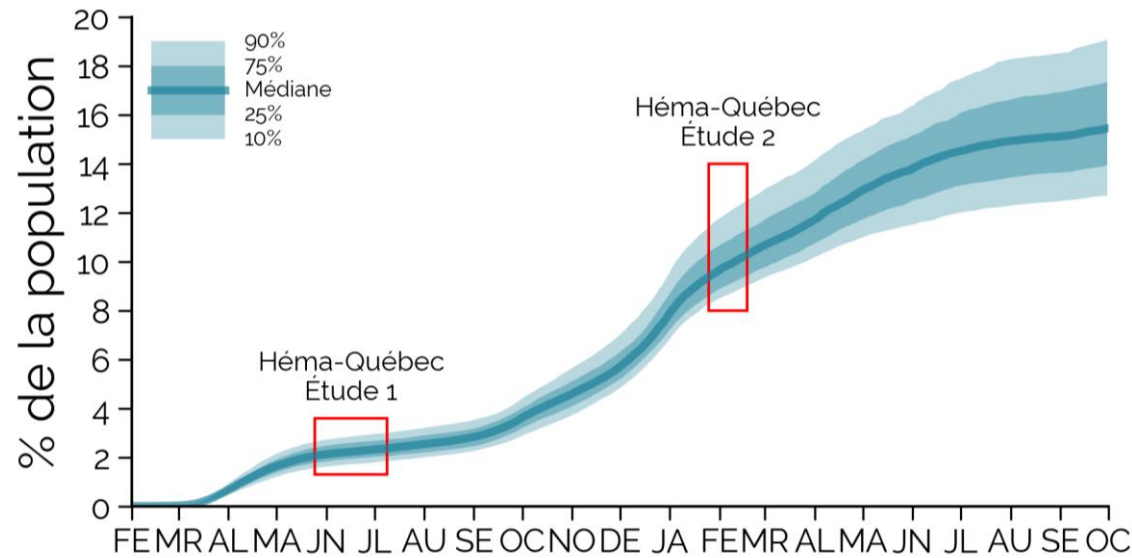
- **Calibration**

- Nous avons calibré notre modèle aux données jusqu'au **24 mai**.
- Pour chaque scénario, nous avons retenu les 500 prédictions qui reproduisent le mieux les données d'hospitalisations, de décès et de séroprévalence (étude 1 et étude 2) pour 8 groupes d'âge (0-5, 6-11, 12-17, 18-25, 26-45, 46-65, 66-75, et >75 ans).
- Pour tenir compte du variant, nous avons aussi calibré nos simulations aux données de criblage (% de tous les cas criblés qui sont positifs pour le variant plus transmissible par jour).
- Les cas détectés sont estimés en appliquant un taux de détection aux projections des nouvelles infections (cas cliniques + sous-cliniques). Le taux de détection est obtenu en faisant le ratio moyen sur 30 jours des nouvelles infections projetées et des cas déclarés.

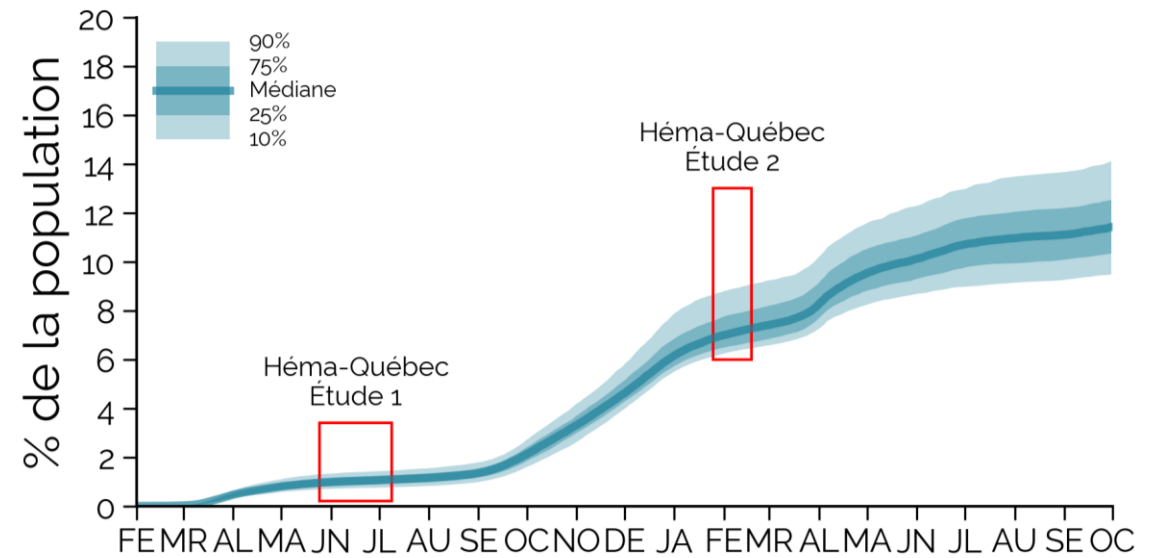
Calibration Séroprévalence des études de Héma-Québec

Scénario: Adhésion forte et Couverture Réaliste

Grand Montréal



Autres Régions



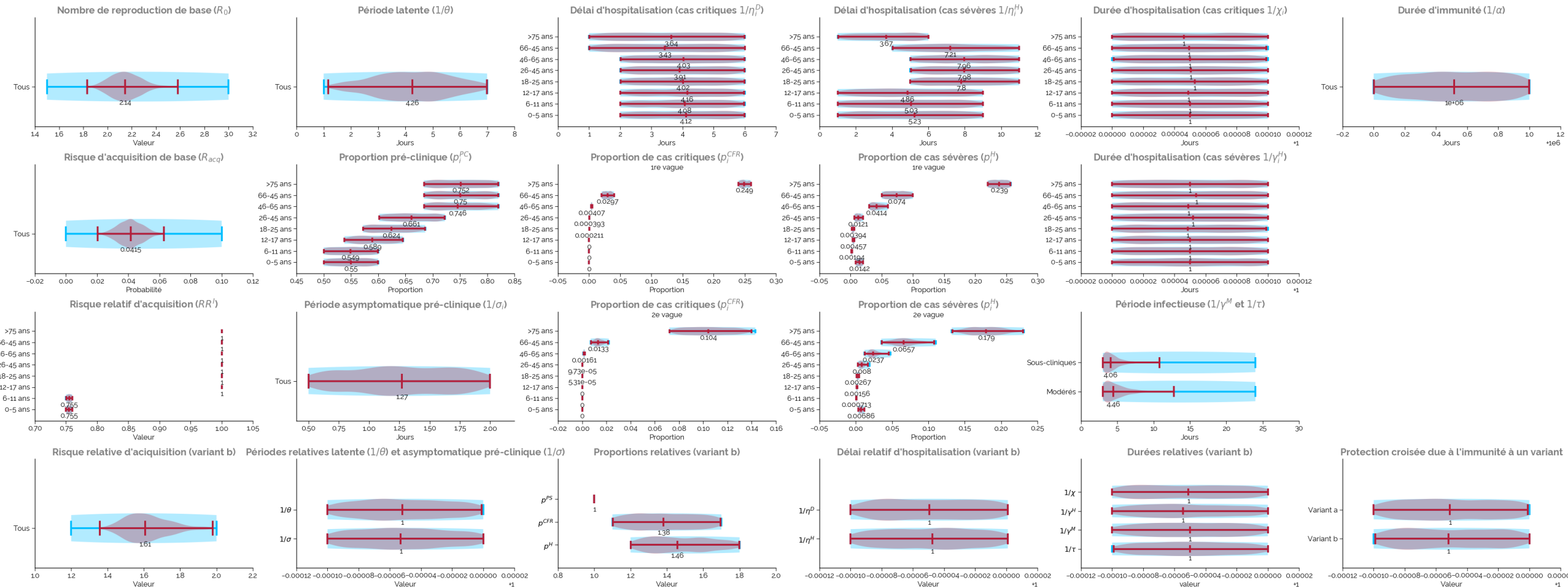
Calibration

par région

- Des distributions uniformes sont définies pour chaque paramètre du modèle
 - On détermine les valeurs minimales et maximales des paramètres à partir d'une revue de la littérature
- En utilisant les superordinateurs de Calcul Canada, on roule des dizaines de millions de combinaisons de paramètres, échantillonnées aléatoirement parmi les distributions uniformes de paramètres
- On sélectionne les meilleures combinaisons de paramètres qui reproduisent le mieux les données empiriques de **séroprévalence**, et de **décès** et **d'hospitalisations** par âge liés à la Covid-19 au Québec
 - Ces combinaisons sont celles qui minimisent la somme des carrés des écarts entre les prédictions du modèle et les données empiriques de décès et d'hospitalisations par groupe d'âge (méthode des moindres carrés)
- Les **décès** et les **hospitalisations** par âge peuvent être liés à la souche initiale ou au nouveau variant

Paramètres – Histoire naturelle

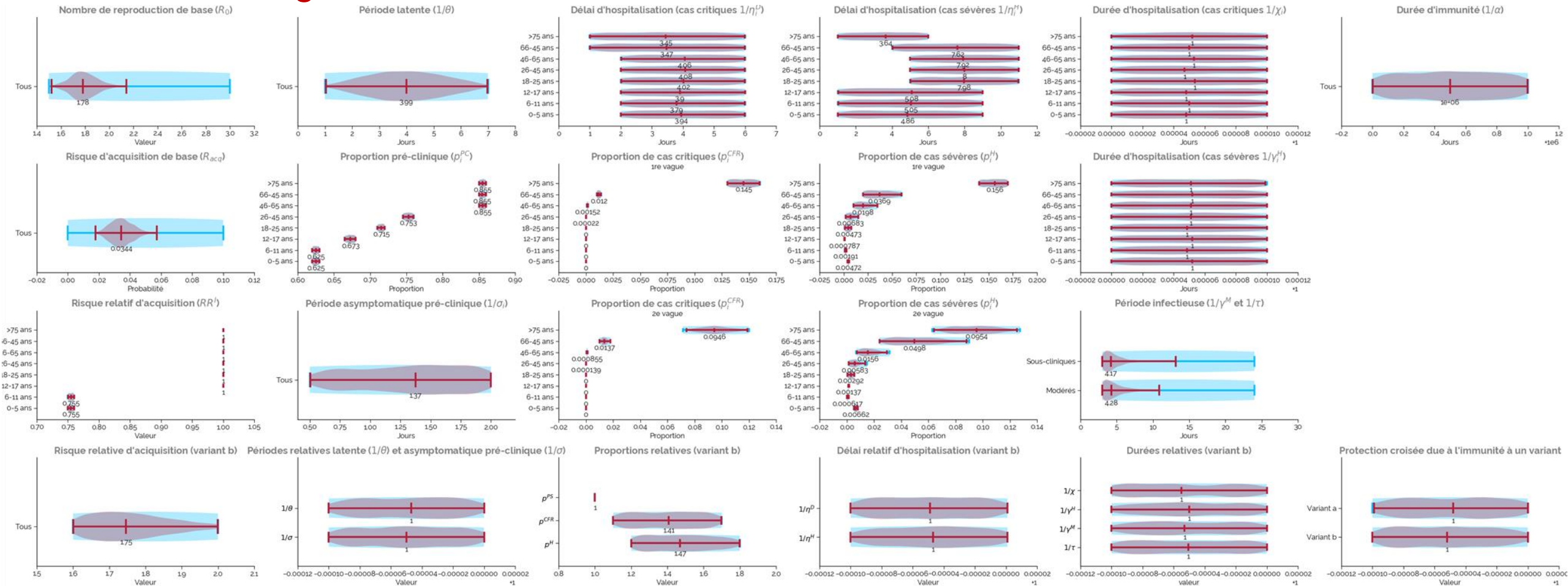
Grand Montréal avec variant



Références: 1-5, 13, 17, 20,21,22,V-10/TSP, Med-Echo et PHAC (Agency Modelling Group Report), Davies (Estimated transmissibility and impact of SARS-CoV-2 Variant of Concern 202012/01 in England, preprint), <https://www.gov.uk/government/publications/nervtag-paper-on-covid-19-variant-of-concern-b117>. Les zones bleues montrent les distributions d'échantillonnage uniformes (distribution a priori) tandis que les zones rouges montrent les distributions résultantes (distributions a posteriori) de toutes les simulations calibrées.

Paramètres – Histoire naturelle

Autres Régions avec variant



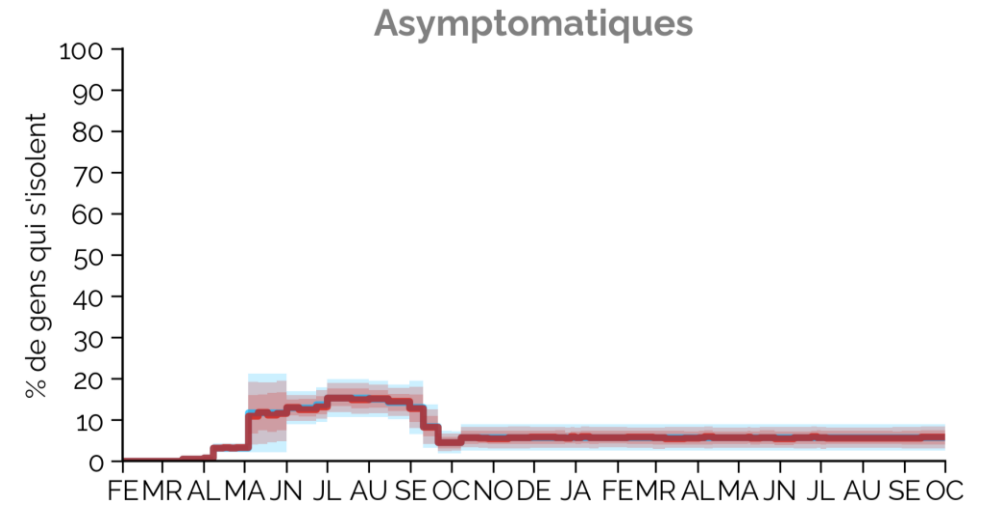
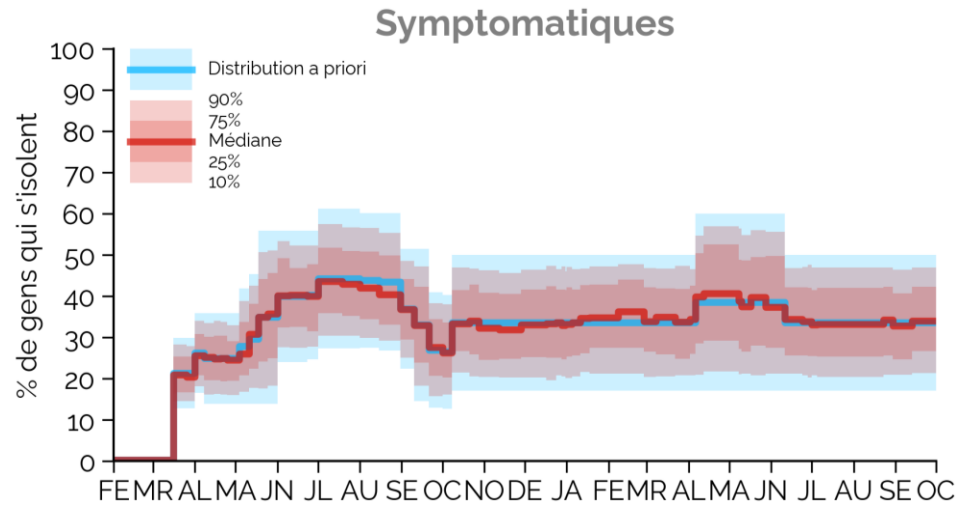
Références: 1-5, 13, 17, 20,21,22,V-10/TSP, Med-Echo et PHAC (Agency Modelling Group Report), Davies (Estimated transmissibility and impact of SARS-CoV-2 Variant of Concern 202012/01 in England, preprint), <https://www.gov.uk/government/publications/nervtag-paper-on-covid-19-variant-of-concern-b117>. Les zones bleues montrent les distributions d'échantillonnage uniformes (distribution a priori) tandis que les zones rouges montrent les distributions résultantes (distributions a posteriori) de toutes les simulations calibrées.

Dépistage

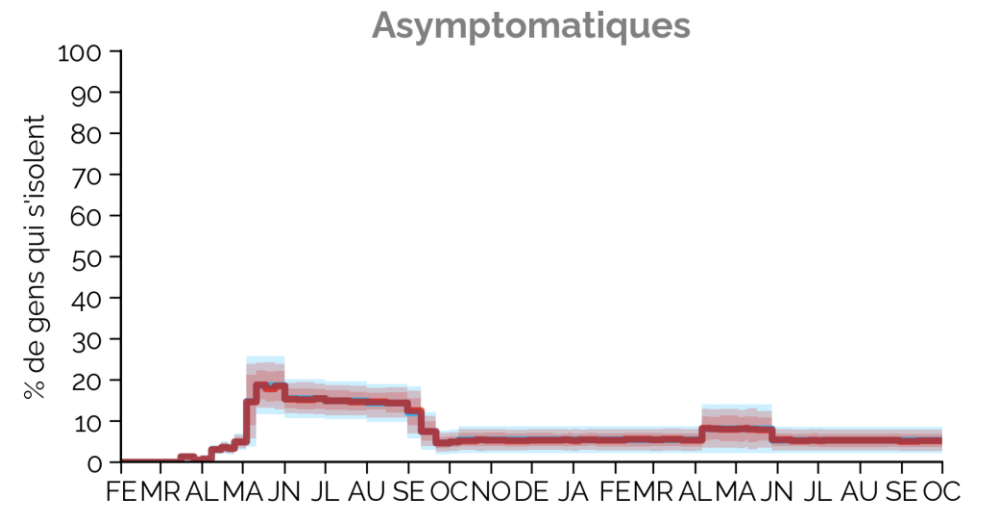
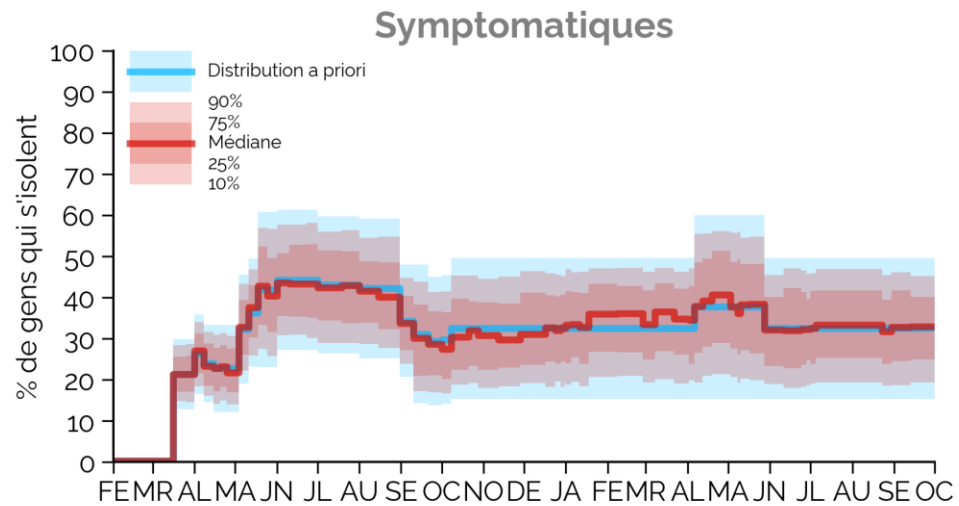
- **Le dépistage a pour objectif de réduire le nombre de contacts d'une personne infectée dans la communauté en augmentant le nombre de jours infectieux isolés**
 - L'amélioration du dépistage, du traçage et de l'isolement pourrait se faire par:
 1. une augmentation de la proportion des cas dépistés
 2. un délai plus court entre les symptômes, le test et l'isolement, et une bonne adhésion à l'isolement
 3. des résultats de tests plus rapides
 4. du traçage plus rapide et efficient
- **La modélisation du dépistage est basée sur les indicateurs disponibles et certaines hypothèses**
 - Indicateurs disponibles :
 - délais entre le début des symptômes, le test (prélèvement) et la déclaration du résultat
 - information concernant la présence de symptômes au moment du test (indicateur de la capacité de dépistage/traçage)
 - % des personnes qui iraient passer un test si elles avaient des symptômes (auto-rapporté)
 - % des cas qui se font tester (fonction de la séroprévalence et du nombre de tests positifs)
 - Hypothèses (en l'absence de données):
 - moment à partir duquel une personne s'isole (min=moment du test, max=moment de l'annonce du résultat)
 - En combinant les indicateurs disponibles et nos hypothèses, nous modélisons:
 - la proportion de cas symptomatiques et asymptomatiques isolés
 - le nombre de jours infectieux isolés pour les cas symptomatiques et asymptomatiques

Dépistage - % isolement

- Grand Montréal



- Autres Régions



Données calibration du modèle

Données	Stratifications	Sources de données
Séroprévalence	<ul style="list-style-type: none">• Âge• Région	<ul style="list-style-type: none">• Étude Héma Québec
Hospitalisations	<ul style="list-style-type: none">• Âge• Région• Provenance (maison, CHSLD)• Date d'admission	<ul style="list-style-type: none">• Banques de données GESTRED et Med-Écho• Banque de données Évolution cas CHSLD, RPA, RI-RTF, et autres milieux de vie, INSPQ (n'est plus disponible)• Données COVID-19 au Québec (Infocentre de santé publique du Québec, MSSS, disponible à: https://www.inspq.qc.ca/covid-19/donnees)
Décès	<ul style="list-style-type: none">• Âge• Région• Lieu du décès (hôpital, CHSLD, maison)• Date du décès	<ul style="list-style-type: none">• Banque de données ASPC-V10, TSP• Banque de données Évolution cas CHSLD, RPA, RI-RTF, et autres milieux de vie, INSPQ (n'est plus disponible)• Données COVID-19 au Québec (Infocentre de santé publique du Québec, MSSS, disponible à: https://www.inspq.qc.ca/covid-19/donnees)

Paramètres Matrices de contacts sociaux avant et durant l'épidémie de COVID-19 au Québec

- CONNECT1 – 2018/19¹⁶:
 - Seule étude canadienne qui a documenté les contacts sociaux de la population générale en temps « normal »
- CONNECT2, 3, 4, 5 et 6 – 2020-2021:
 - Même méthodologie que CONNECT1
 - CONNECT2 (21 avril – 25 mai)
 - CONNECT3 (3 juillet – 14 octobre 2020)
 - CONNECT4 (6 novembre 2020 – 4 janvier 2021)
 - CONNECT5 (5 janvier – 31 mars 2021)
 - CONNECT6 (1^{er} avril 2021- en cours)
- La comparaison des données des phases de CONNECT permet de:
 - Mesurer les changements de contacts de la population par lieu de façon objective
 - Prédire l'évolution de l'épidémie de la COVID-19 en considérant les changements de contacts sociaux de la population québécoise