



Modélisation de l'évolution de la COVID-19 au Québec

Marc Brisson, Ph. D., directeur

Guillaume Gingras, Ph. D., modélisateur principal

Mélanie Drolet, Ph. D., épidémiologiste principale

Jean-François Laprise, Ph. D., modélisateur

pour le groupe de modélisation COVID-19 ULAVAL/INSPQ

16 octobre 2020



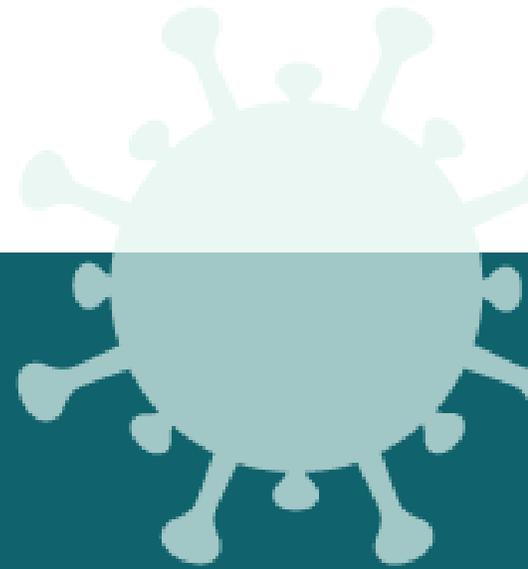
Objectifs

Prédire l'évolution de l'épidémie de la COVID-19 au Québec selon 3 scénarios :

- **Scénario 0** : Sans les mesures du 1^{er} octobre.
- **Scénario 1** : Mesures du 1^{er} octobre + réduction des contacts dans les écoles/loisirs.
- **Scénario 2** : Mesures du 1^{er} octobre + réduction des contacts dans les écoles/loisirs + meilleure adhésion à la distanciation.

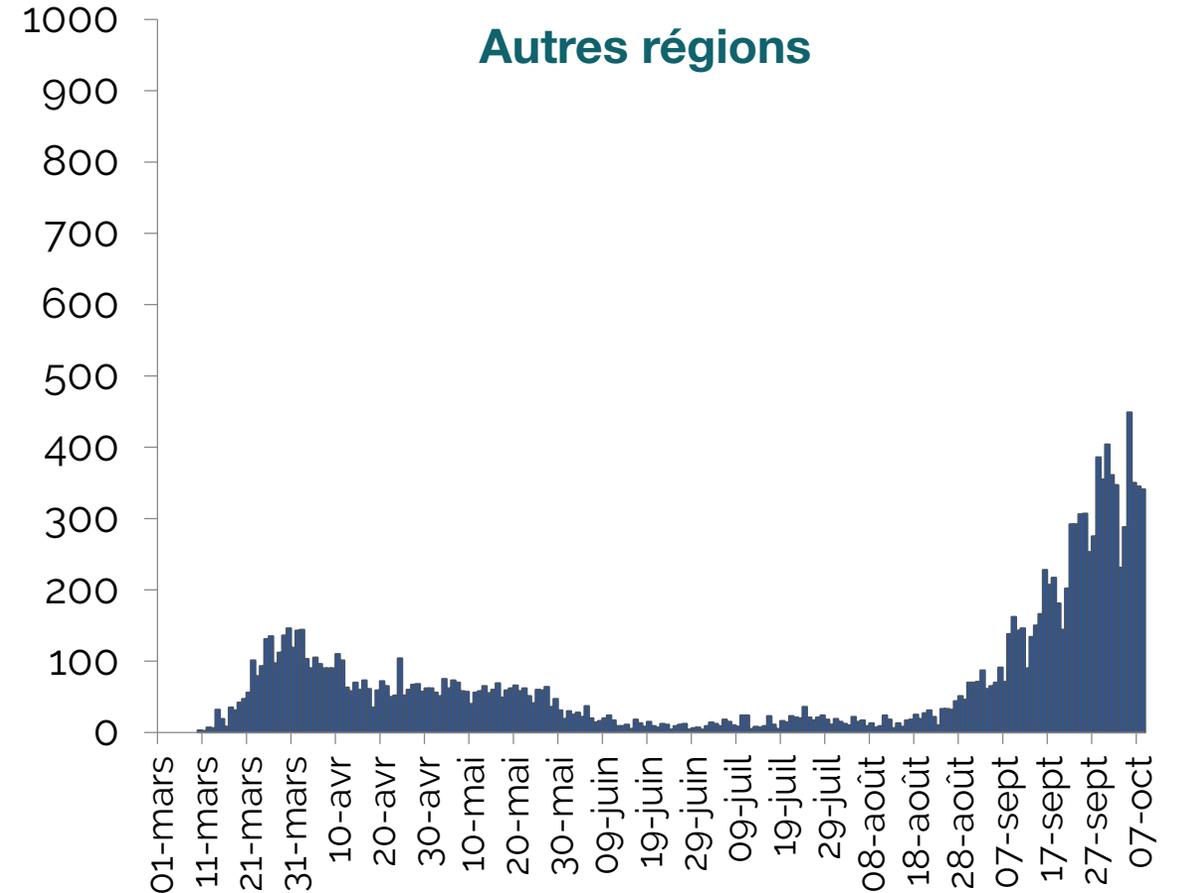
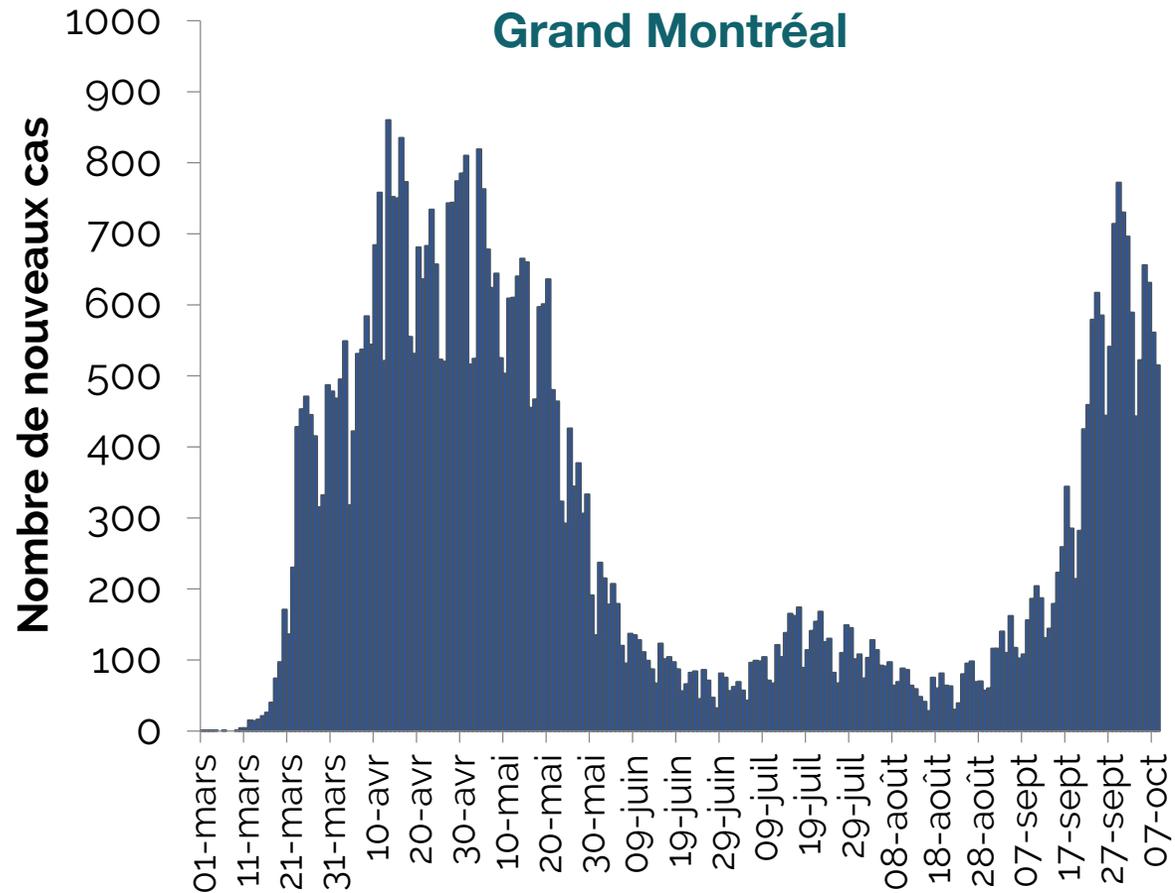
Mise en contexte

Épidémiologie et changements de contacts



Évolution de l'épidémie de la COVID-19 au Québec

Nombre de nouveaux tests positifs par jour

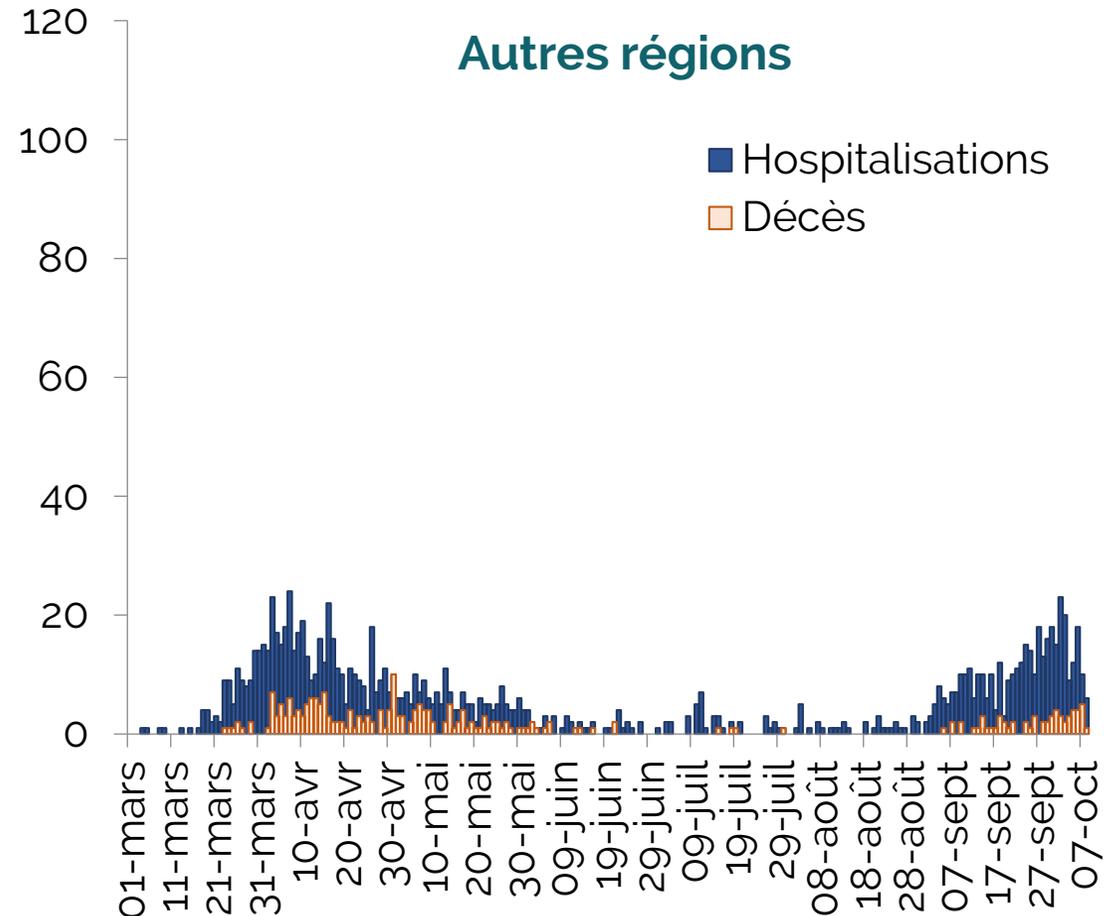
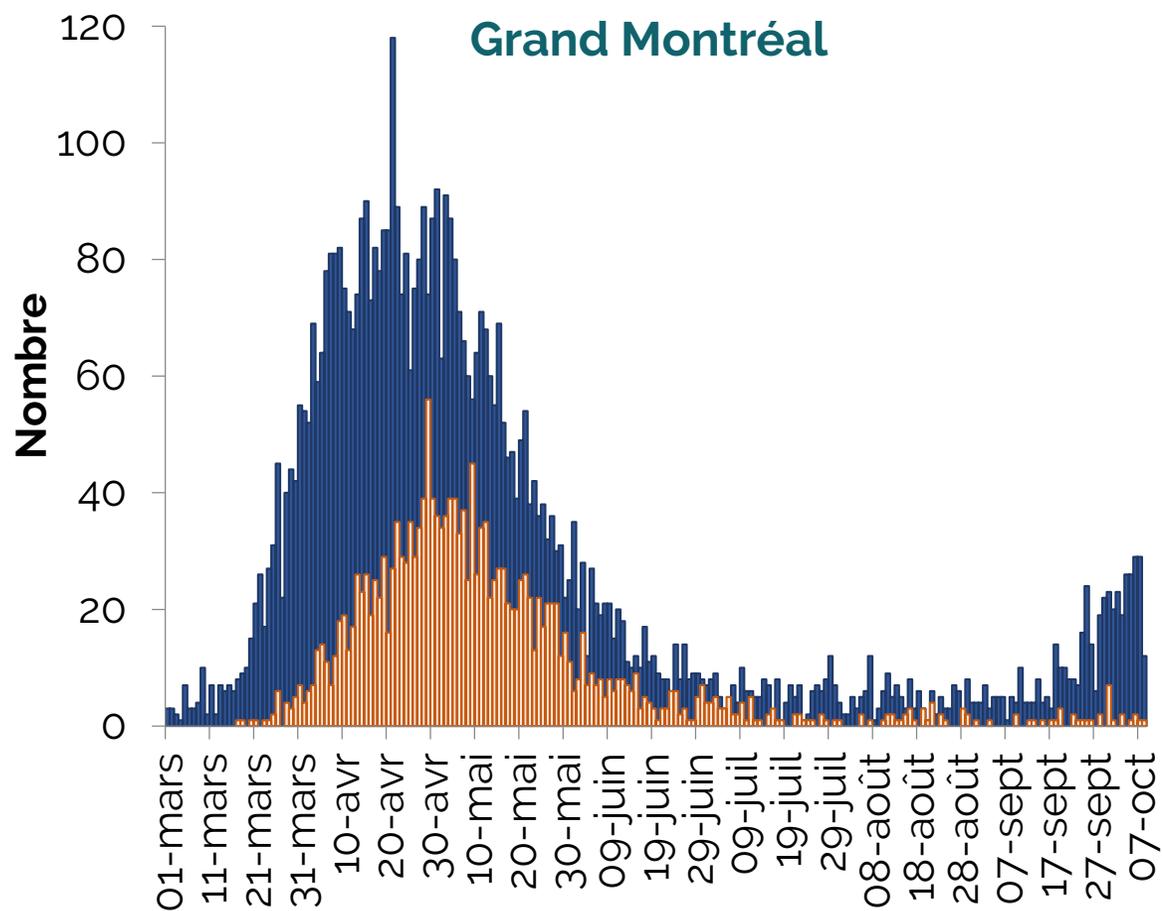


- Tests positifs : augmentation rapide des cas depuis la mi-août avec accélération en septembre.

À noter : Source : (Données ASPC-V10, TSP, Labo); Important d'interpréter l'augmentation des tests positifs en tenant compte de l'augmentation du nombre de tests.

Évolution de l'épidémie de la COVID-19 au Québec

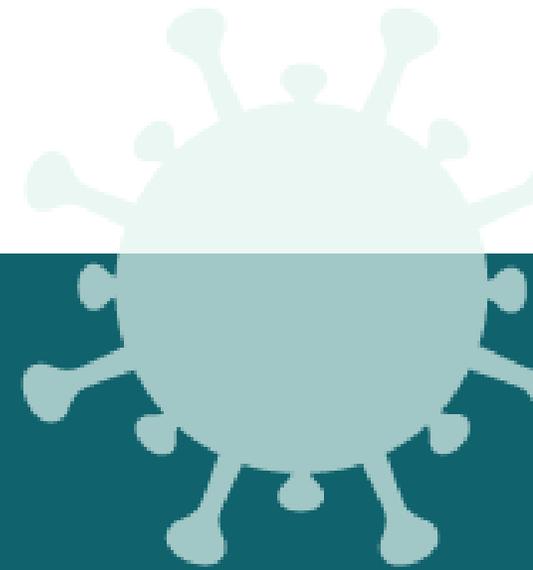
Nombre de nouvelles hospitalisations et de nouveaux décès par jour



- Hospitalisations : augmentation du nombre d'hospitalisations depuis le début septembre.
- Décès : petite augmentation des décès depuis août dans les autres régions.

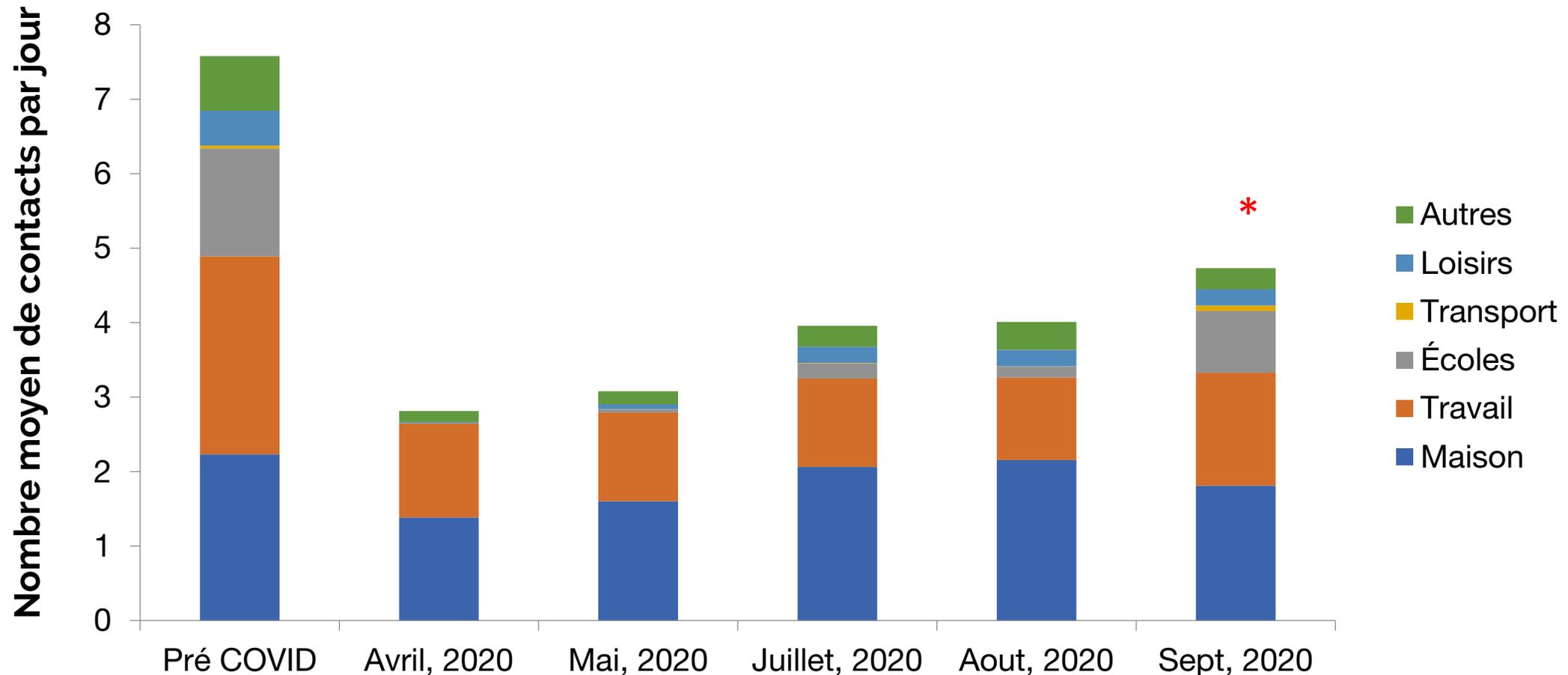
À noter : Source : (Données TSP et Med-Echo).

Pourquoi observe-t-on une augmentation des cas?



Augmentation des contacts sociaux par lieu après mai

Étude CONNECT - Tout le Québec

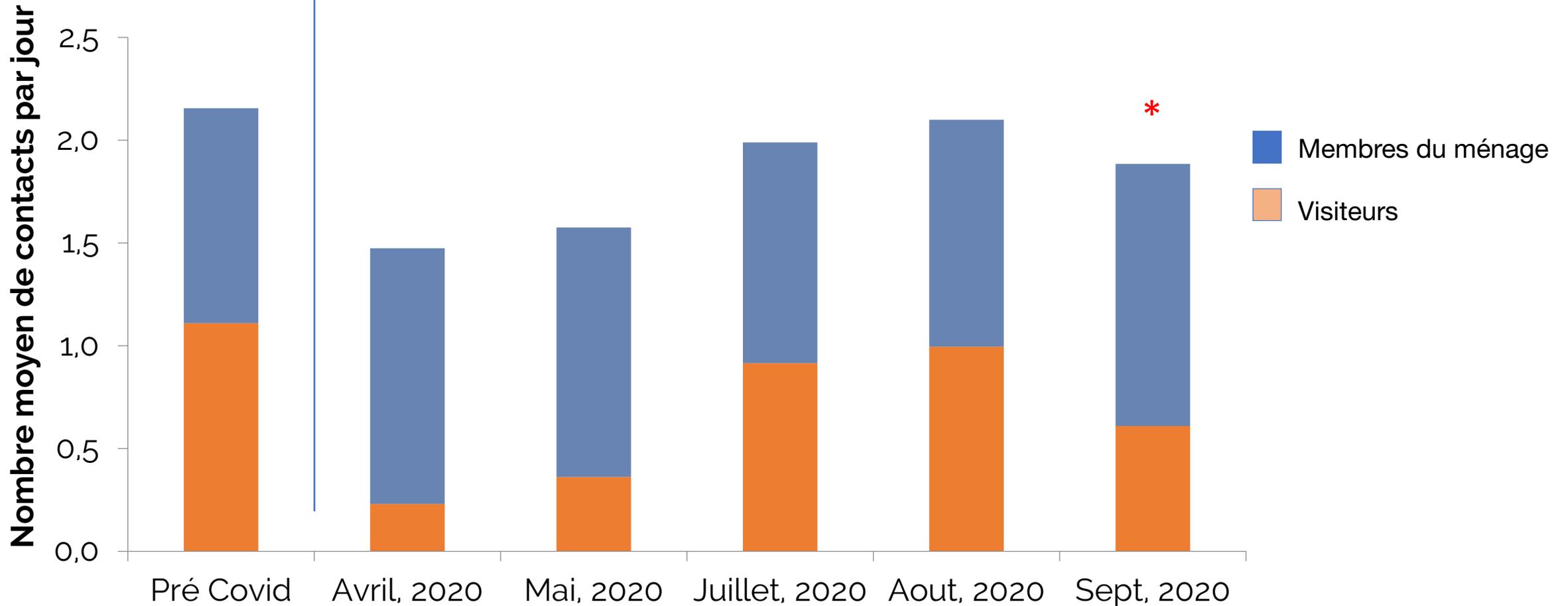


- Augmentation du nombre de contacts pendant l'été.
- L'augmentation du nombre de contacts total se poursuit en septembre avec le retour à l'école et au travail (augmentation des contacts surtout chez les 0-17 ans et 26-65 ans).

* Données préliminaires pour septembre; Données de CONNECT1 (Pré-Covid: 2018/2019), CONNECT2 (20 avril-23 mai), CONNECT3 (1 juillet-en cours). Les contacts au travail sont plafonnés à un maximum de 40 contacts par jour. Voir l'annexe pour plus de détails concernant CONNECT.

Augmentation des contacts à la maison après mai

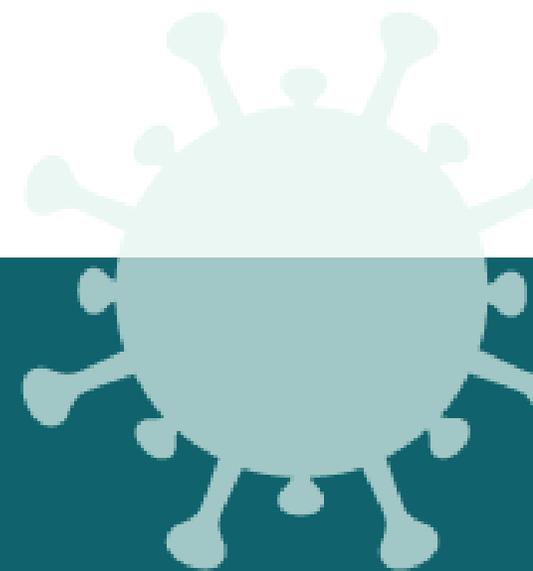
Études CONNECT



- Augmentation du nombre de contacts à la maison avec des visiteurs pendant l'été (retour à des niveaux pré Covid).

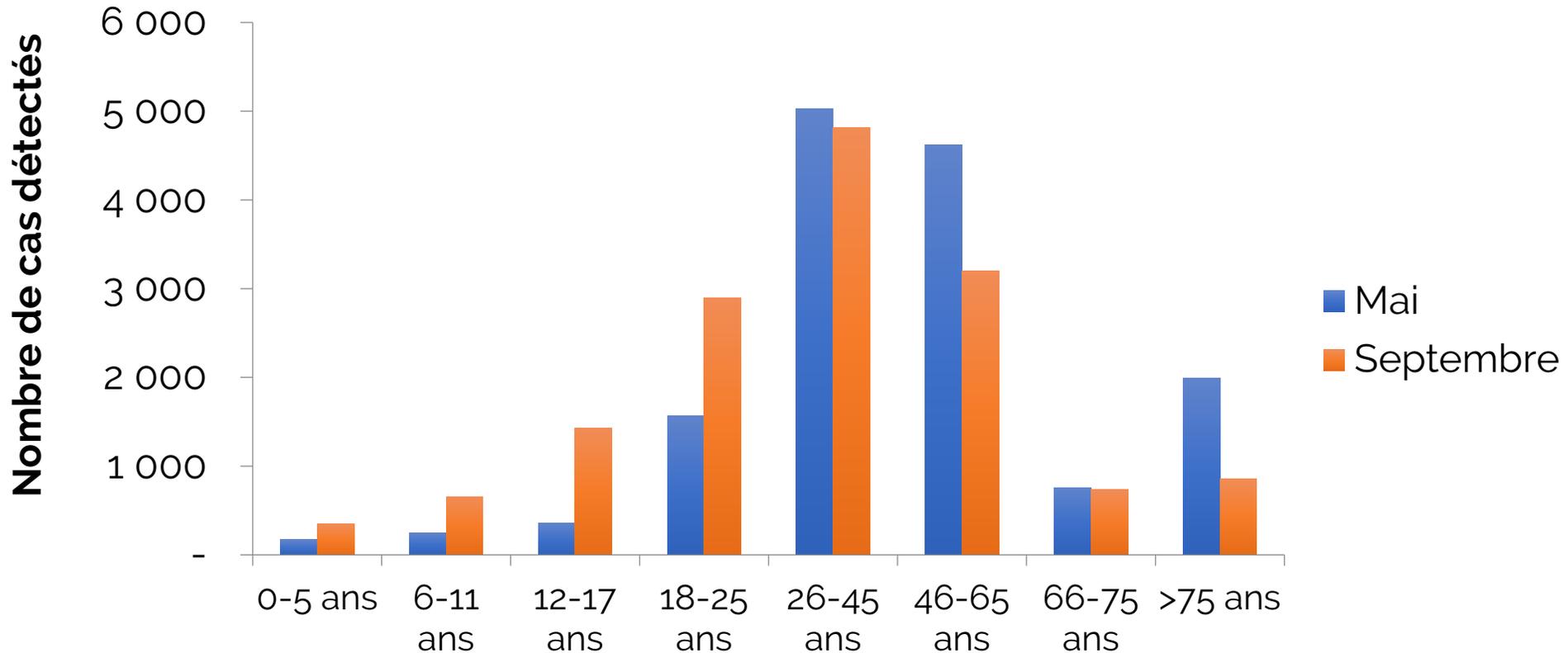
*Données préliminaires pour septembre; Données de CONNECT1 (pré-Covid : 2018/2019), CONNECT2 (20 avril-23 mai), CONNECT3 (1 juillet-en cours). Voir l'annexe pour plus de détails concernant CONNECT.

Pourquoi les nombres
d'hospitalisations et de décès par
cas sont-ils moindres que
pendant la 1^{re} vague?



Distribution d'âge des cas différente en septembre vs 1^{re} vague

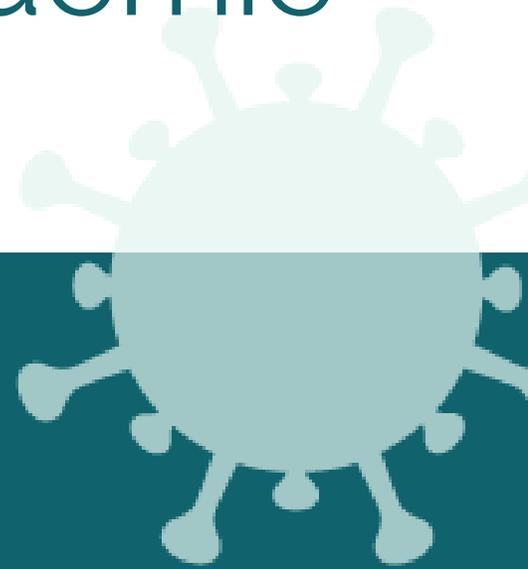
Tout le Québec



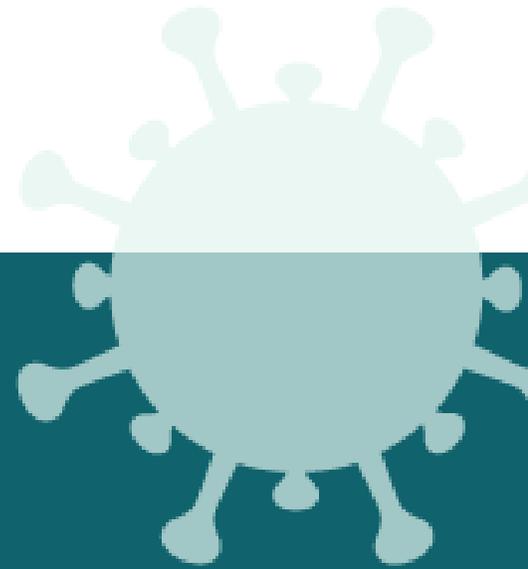
- Plus de cas chez les 0-25 ans en septembre en comparaison avec mai.
- Moins de cas chez les 75 ans et plus en septembre en comparaison avec mai.

À noter : Source : (Données Banque de données ASPC-V10, TSP).

Quelle sera l'évolution de l'épidémie
de la COVID-19 ?



Modélisation mathématique de la COVID-19 au Québec



Travaux depuis le dernier rapport

1. Programmation, validation et calibration d'un nouveau modèle permettant :
 - de reproduire l'évolution de la Covid-19 par âge au Québec.
 - d'examiner l'impact potentiel :
 - de l'évolution des contacts sociaux par lieux ;
 - de différentes interventions pour des lieux ou groupes d'âge spécifiques :
 - réduction des contacts;
 - isolement, identification des cas et de leurs contacts (tests);
 - protection des personnes âgées.
2. Intégration des matrices de contacts par âge et lieu (données québécoises) :
 - contacts sociaux selon l'âge par type de lieu (maison, travail, école, transports en commun, loisirs, autres) avant, pendant et après le confinement (étude CONNECT phases 1,2,3).

Modélisation des changements de contacts

Selon le calendrier de confinement et de déconfinement et les données de CONNECT

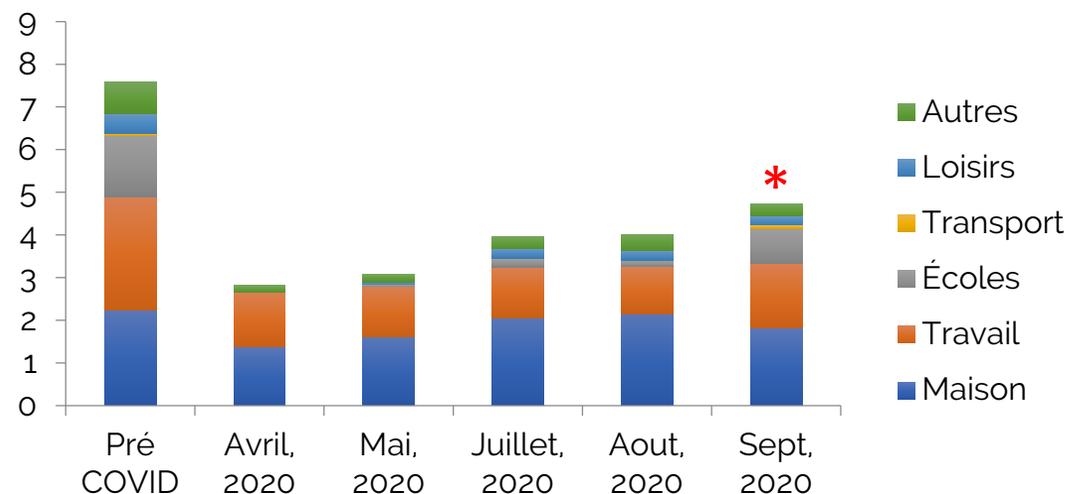
Confinement

- Fermeture des écoles : 13 mars
- Loi des services essentiels : 26 mars

Déconfinement

- Début : 15 avril
- Rétablissement des contacts selon le calendrier de réouverture du gouvernement
- Calendrier spécifique pour le Grand Montréal et les Autres Régions

Changement dans le temps du nombre de contacts par lieu (CONNECT)



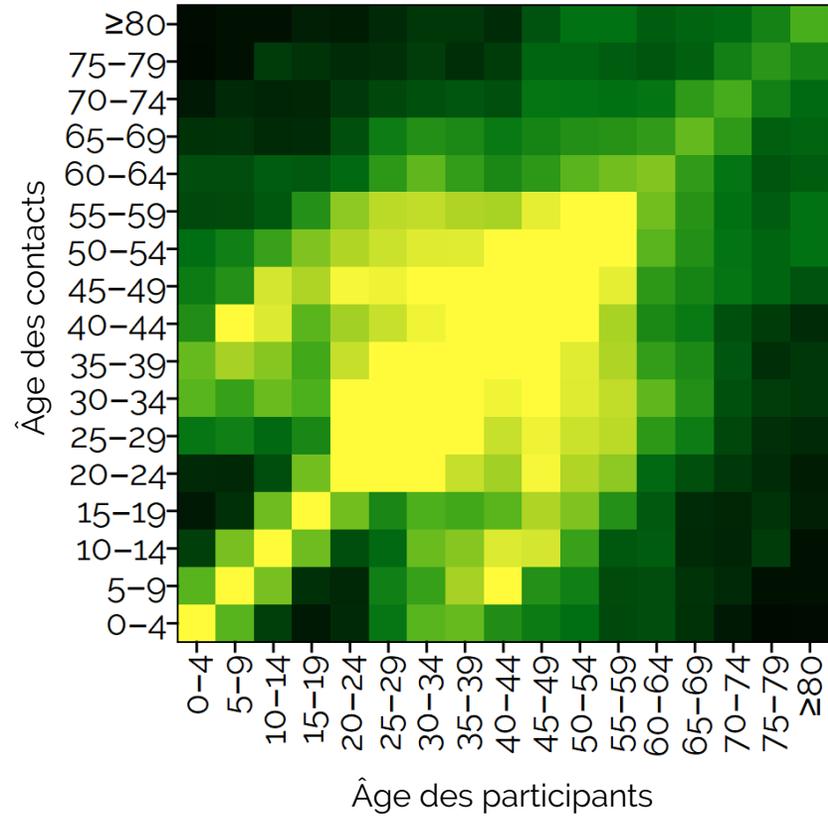
*Données préliminaires pour septembre; Données de CONNECT1 (Pré-Covid : 2018/2019), CONNECT2 (20 avril-23 mai), CONNECT3 (1 juillet-en cours). Les contacts au travail sont plafonnés à un maximum de 40 contacts par jour. Voir l'annexe pour plus de détails concernant CONNECT.

Modélisation des contacts entre les individus selon l'âge

Nombre total de contacts par jour selon CONNECT

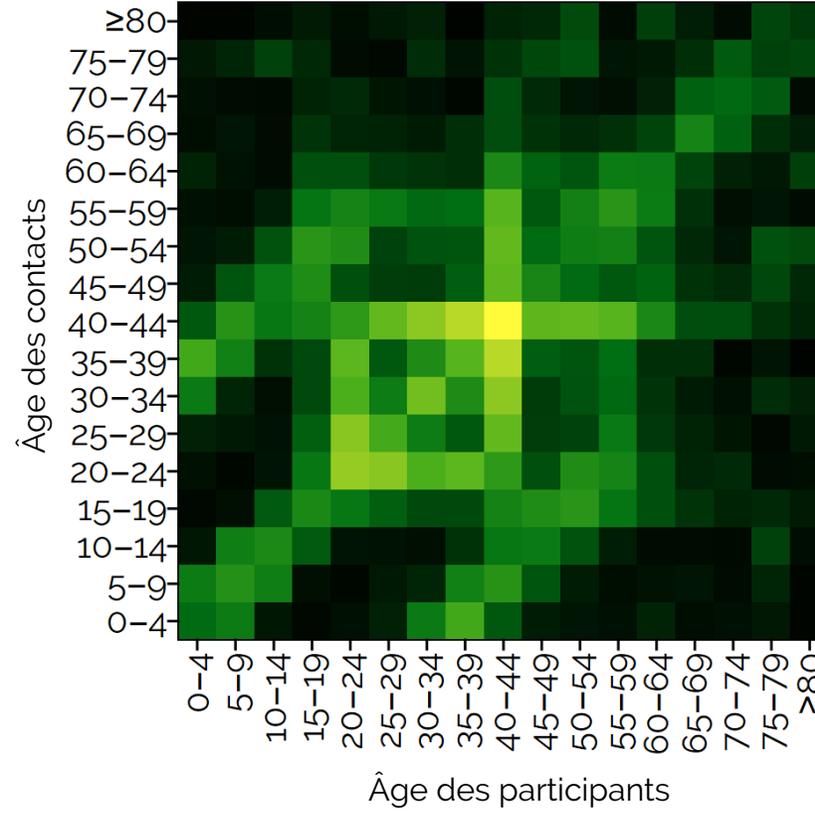
Pré Covid

Tous les contacts



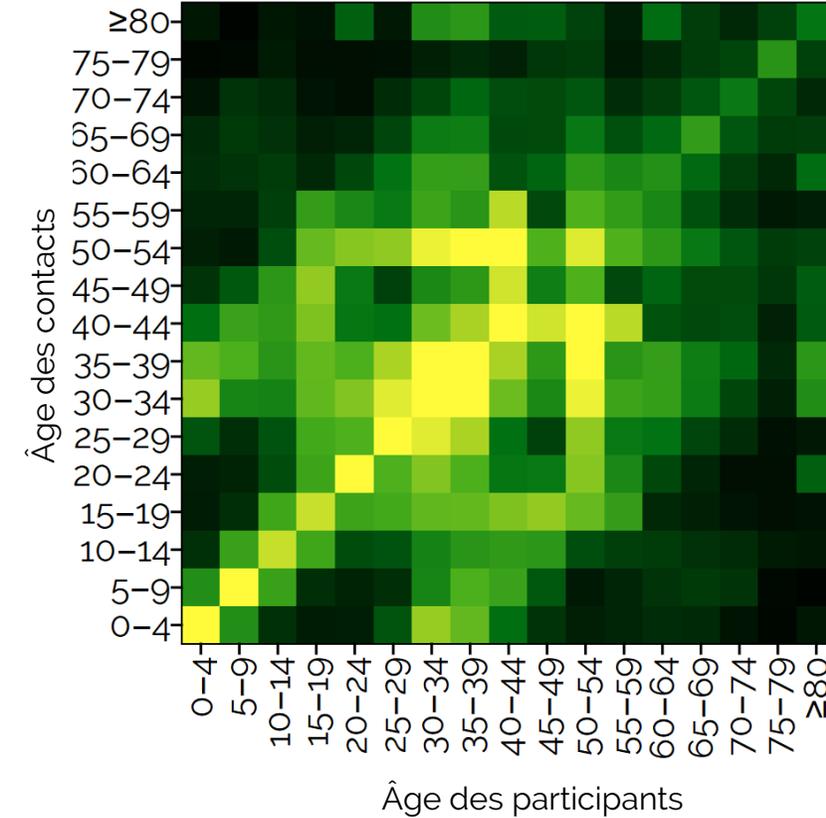
Confinement
(avril-mai)

Tous les contacts



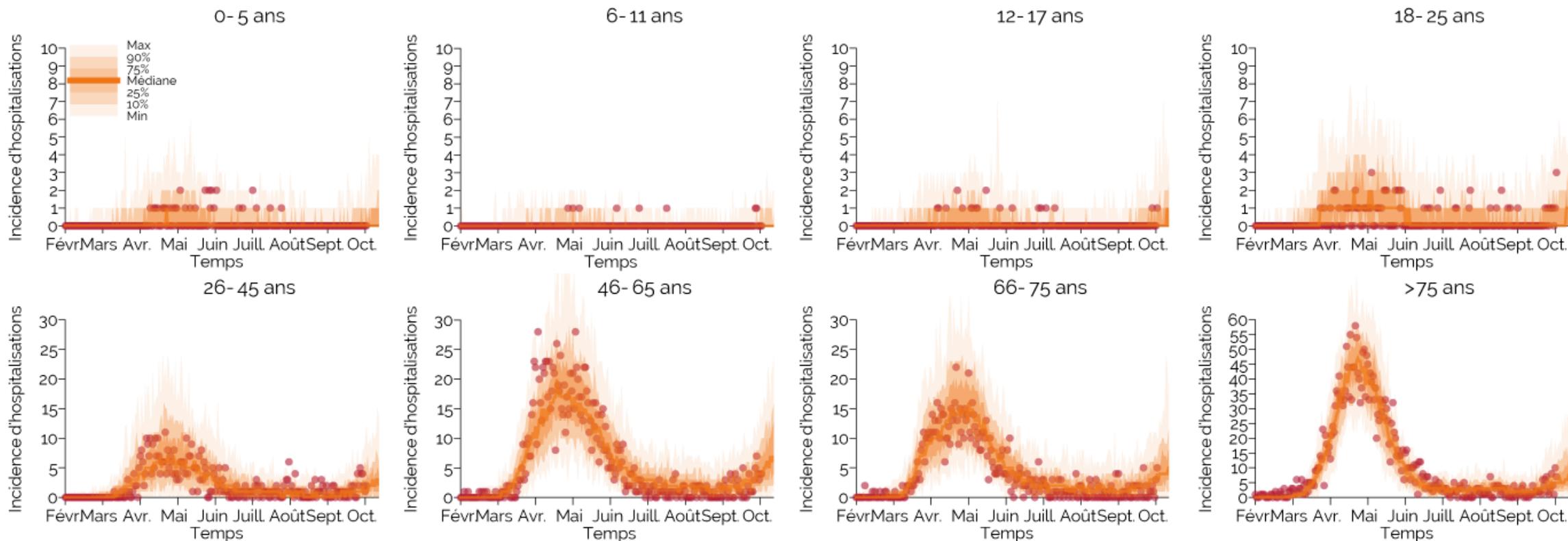
Déconfinement
(juillet-septembre)

Tous les contacts



Calibration Grand Montréal

nouvelles hospitalisations par jour – population générale

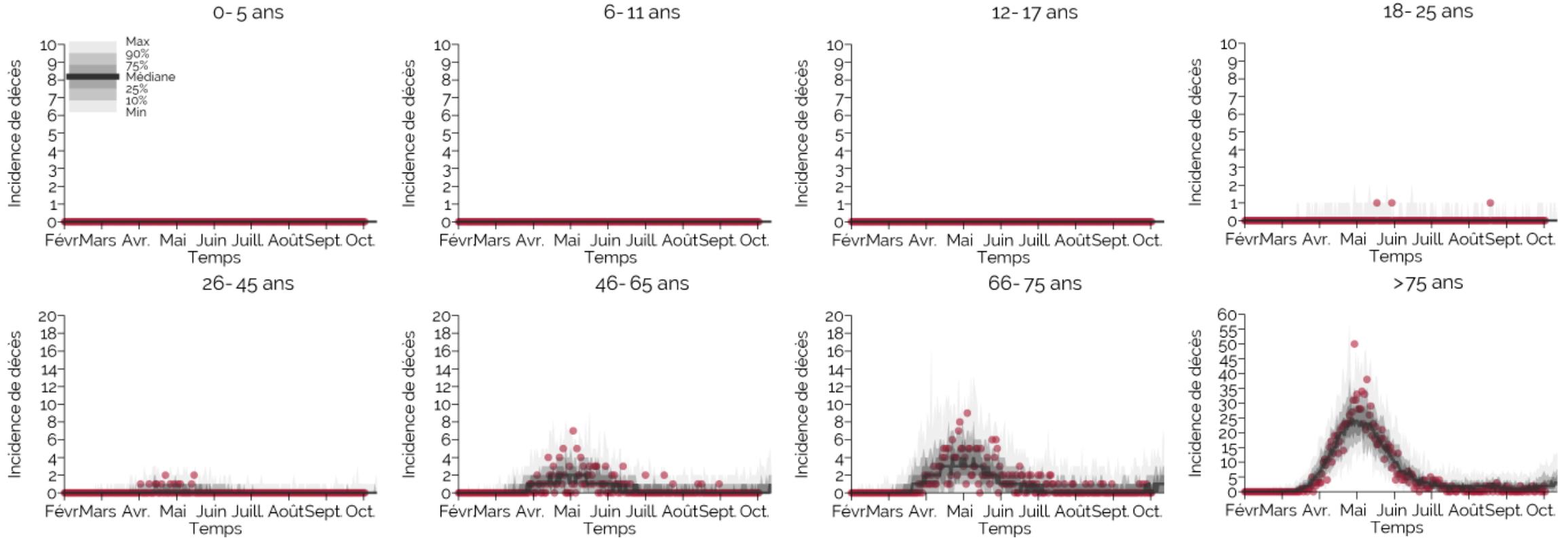


Points rouges, données Med-Écho. Les transferts des CHSLD sont exclus; les séjours en centre hospitalier de 24 heures et moins sont inclus. Les résultats représentent la médiane, le min-max et les 10^e, 25^e, 75^e et 90^e percentiles des prédictions du modèle.

Calibration des Autres régions en annexe

Calibration Grand Montréal

nouveaux décès par jour – population générale



Points rouges, données MSSS (V10 et TSP décès) sans les décès de la COVID-19 lors d'éclotions dans les CHSLD. Les résultats représentent la médiane, le min-max, et les 10^e, 25^e, 75^e et 90^e percentiles des prédictions du modèle.

Calibration des Autres régions en annexe.

Scénarios

Scénario 0 (S0) : Sans les mesures du 1^{er} octobre

- Scénario hypothétique où les contacts sociaux de septembre sont maintenus sans aucune mesure sanitaire additionnelle.
- % d'isolement des cas faible (perte de capacité de traçage et retards dans les tests en comparaison avec l'été).

Scénario 1 (S1) : Mesures du 1^{er} octobre + réduction des contacts dans les écoles/loisirs

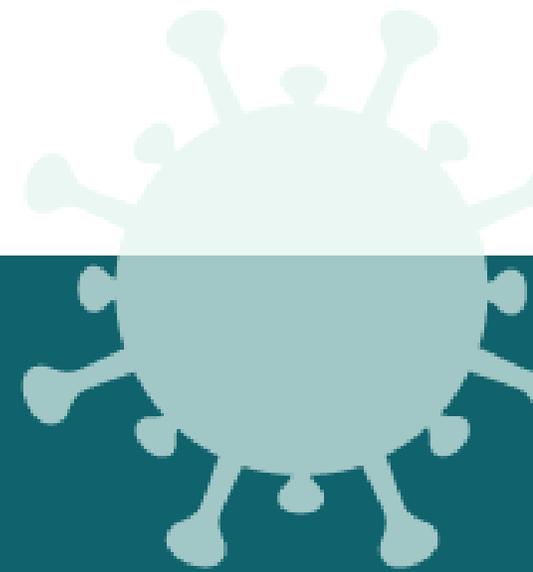
- Restriction des visites à la maison et fermeture des bars/restos (mesures du 1^{er} octobre).
- Réduction des contacts à l'école et dans les loisirs (mesures du 8 octobre).
- Tous les autres contacts restent au niveau de septembre.
- % d'isolement des cas faible (perte de capacité de traçage et retards dans les tests en comparaison avec l'été.)

Scénario 2 (S2) : Mesures du 1^{er} octobre + réduction des contacts dans les écoles/loisirs + meilleure adhésion à la distanciation

- Scénario 1 + 25% d'amélioration de l'adhésion à la distanciation physique (ex. : réduction de 1 contact sur 4) :
 - Exemple de réduction de contact : rester à 2 mètres ou réduire des contacts non essentiels.
 - Le scénario peut représenter une situation où il y aurait une augmentation naturelle de la distanciation physique avec la hausse des cas et/ou à la suite d'interventions de sensibilisation.

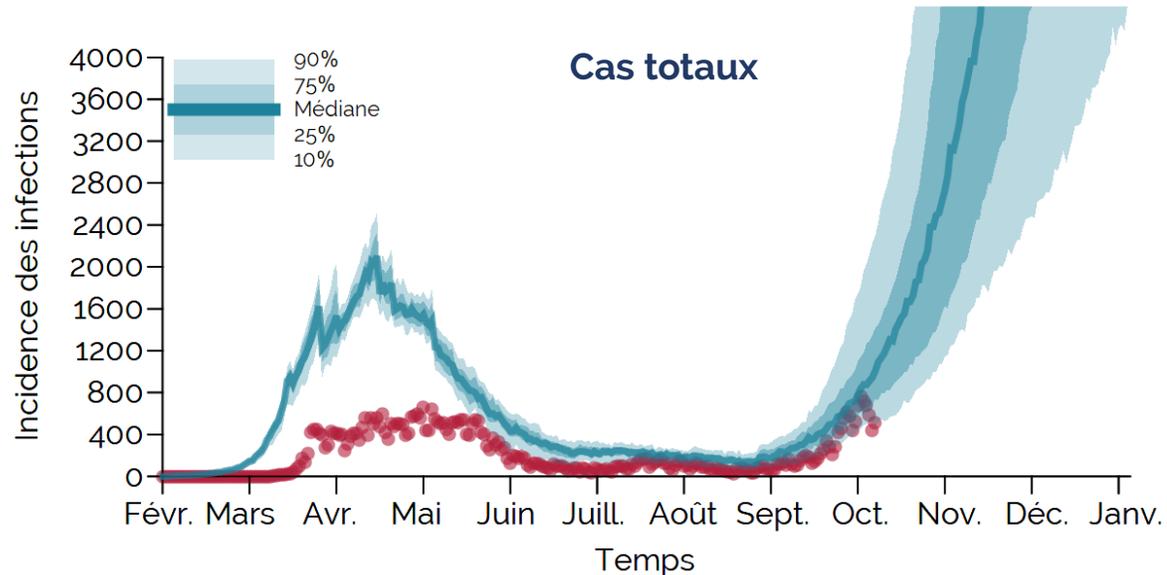
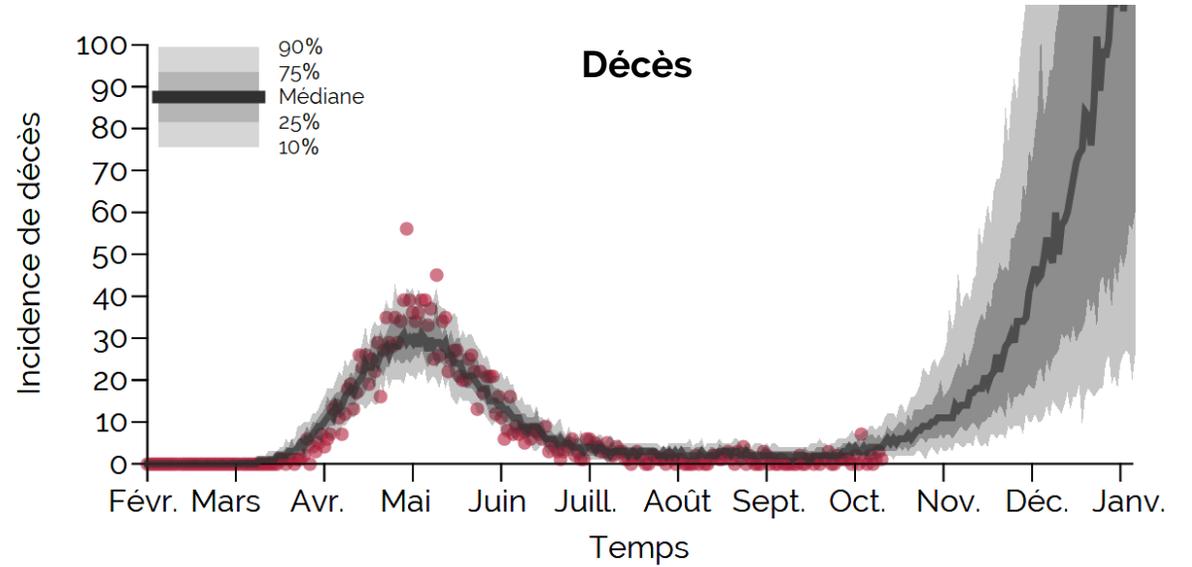
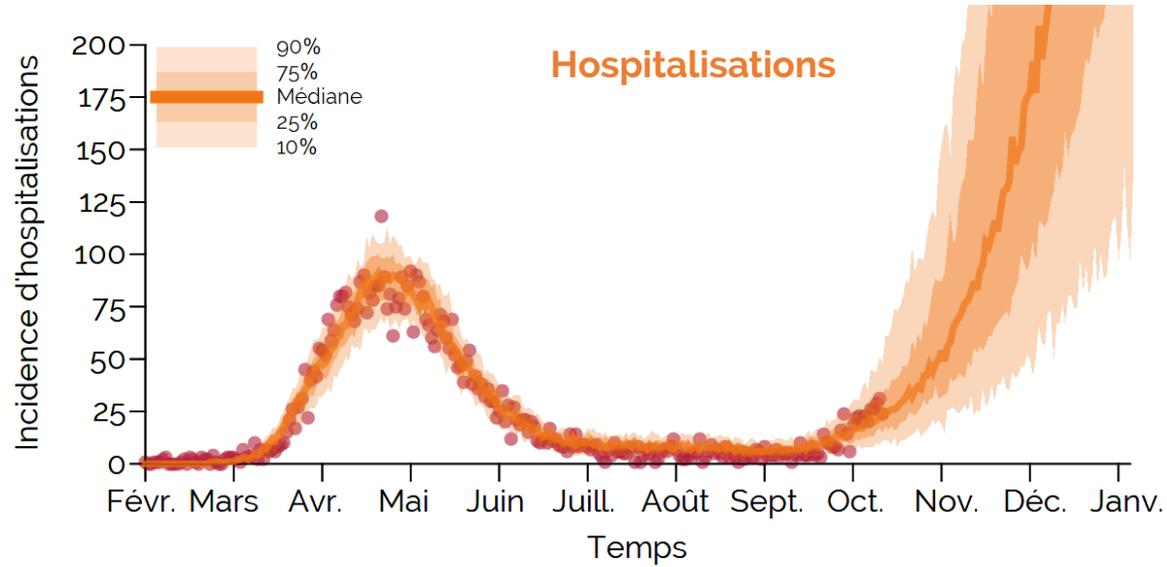
Tous les scénarios font l'hypothèse que les CHSLD/RPA/centres hospitaliers sont protégés pour éviter des éclosions majeures après le 8 octobre

Grand Montréal



Scénario 0 : Sans les mesures du 1^{er} octobre

Maintien du nombre de contacts du début septembre et aucune mesure additionnelle
Grand Montréal



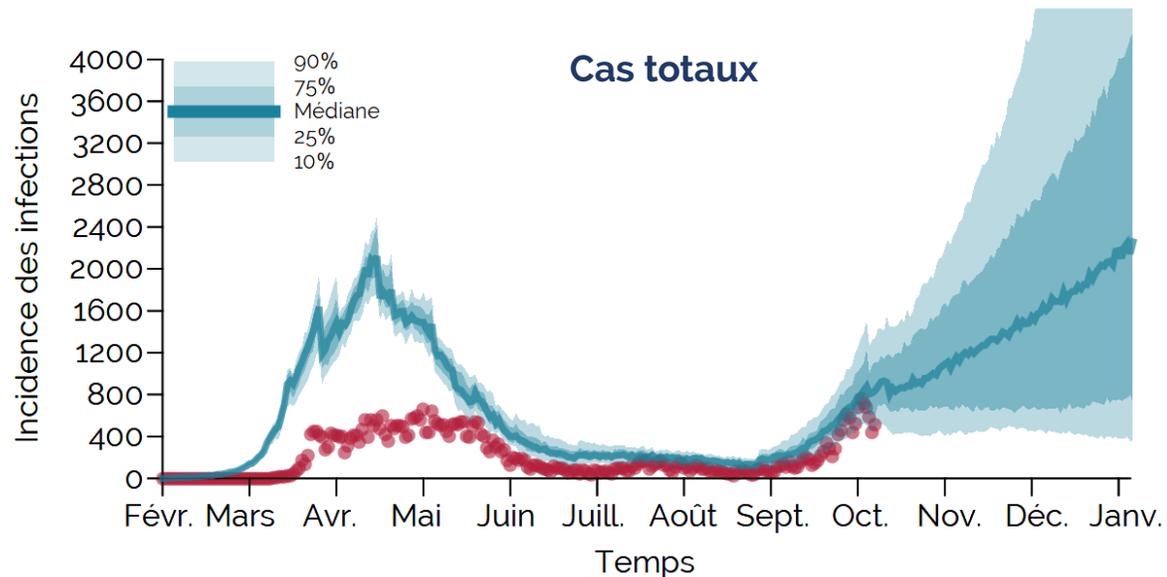
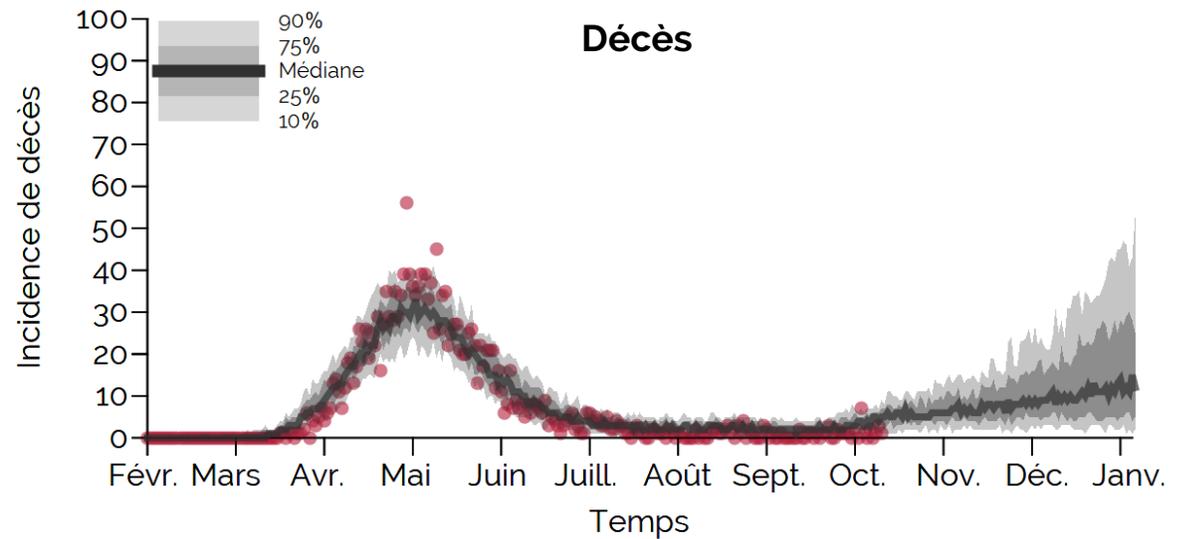
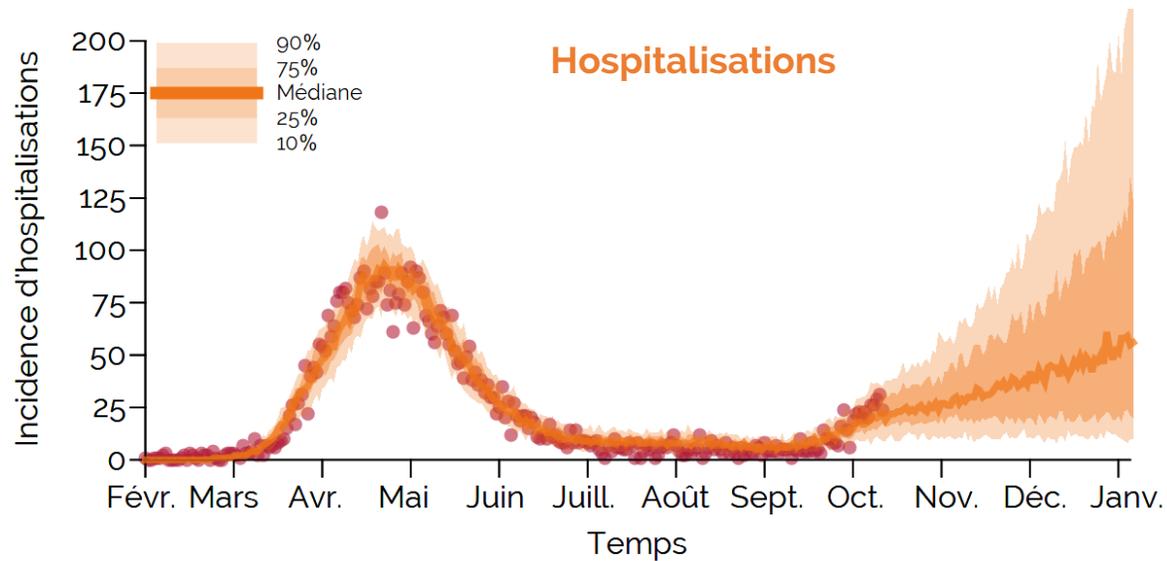
Dans ce scénario hypothétique où les contacts sociaux du début septembre sont maintenus sans aucune mesure sanitaire additionnelle, le modèle prédit une croissance exponentielle des cas, des hospitalisations et des décès.

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'écllosion dans les CHSLD sont exclus. Les prédictions pour les cas totaux représentent **tous les cas (cliniques et sous-cliniques)**; le nombre est plus élevé que les cas détectés (en rouge) et il y a un délai lié aux tests entre les cas infectieux et les cas détectés.

Scénario 1 : Mesures du 1^{er} octobre + écoles/loisirs

Réduction des visites + fermeture bars/restos + réduction des contacts à l'école/loisirs

Grand Montréal



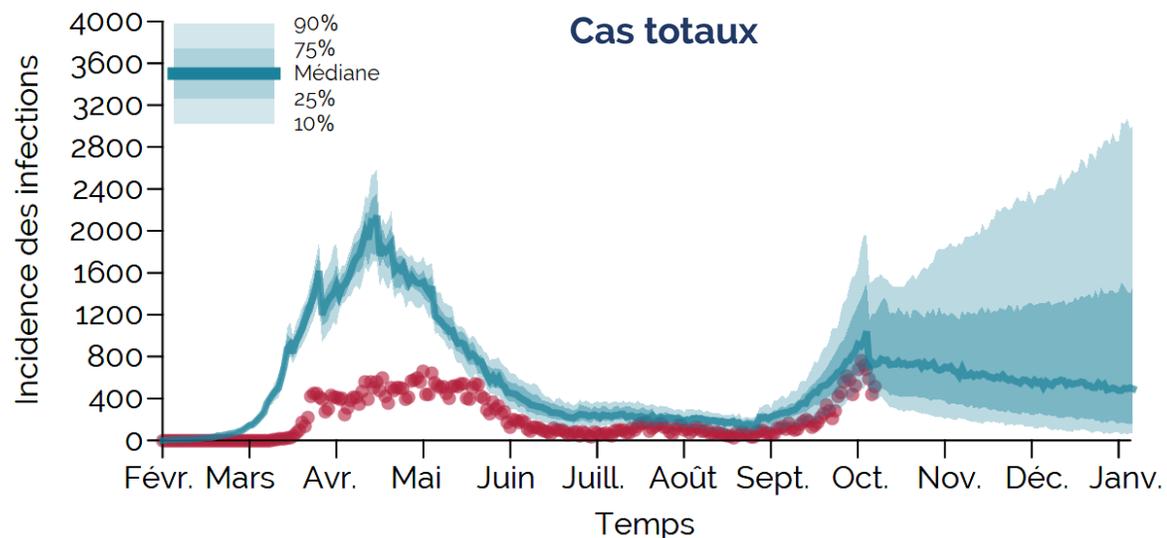
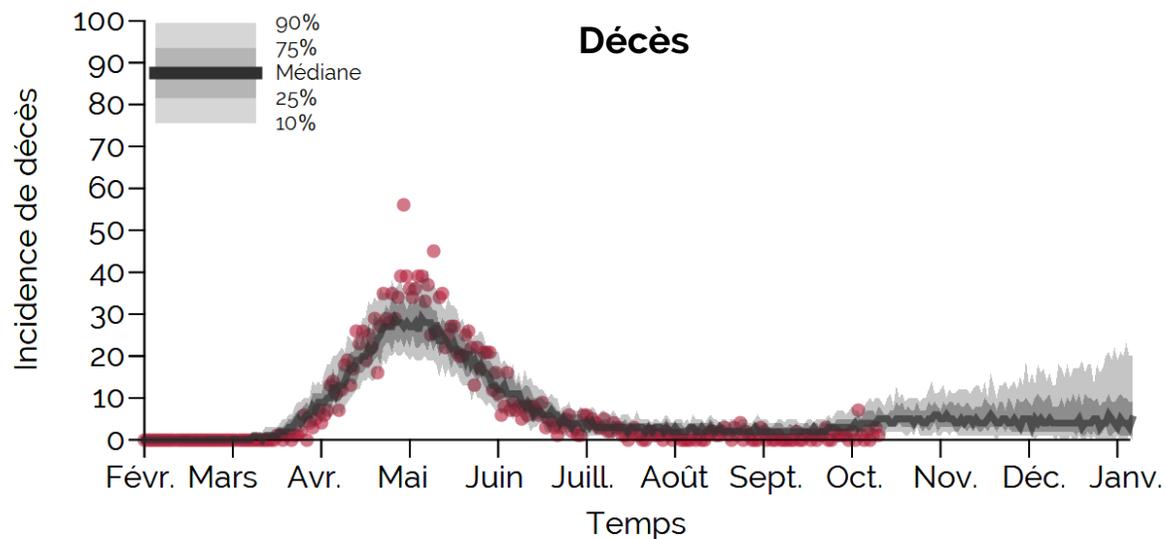
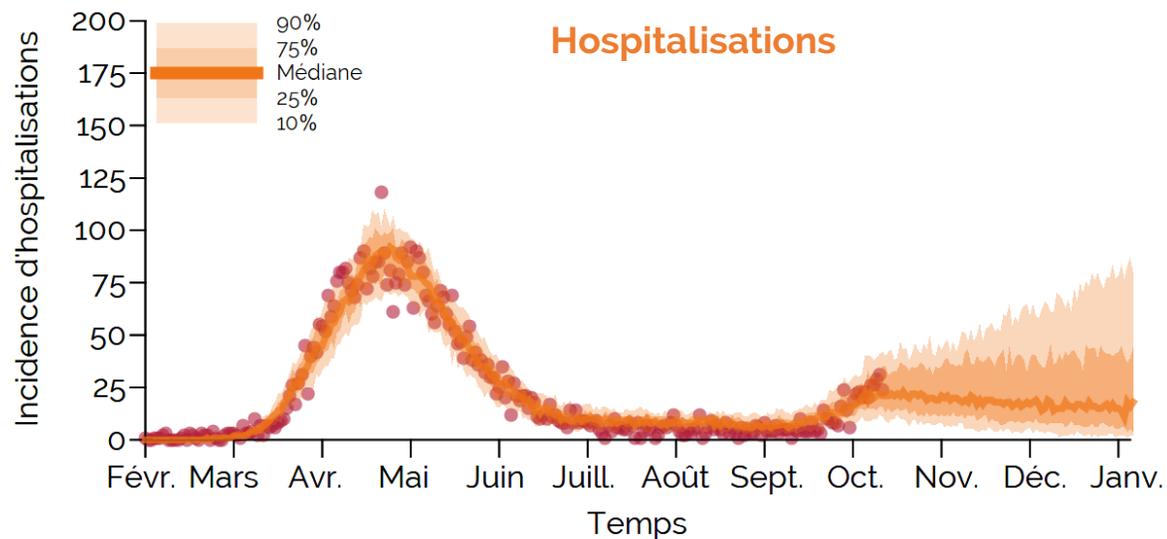
Le modèle prédit un aplatissant important de la courbe à la suite des mesures du 1^{er} octobre et celles dans les écoles et les loisirs. Cependant, les cas, les hospitalisations et les décès continuent de croître.

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'écllosion dans les CHSLD sont exclus. Les prédictions pour les cas totaux représentent **tous les cas (cliniques et sous-cliniques)**; le nombre est plus élevé que les cas détectés (en rouge) et il y a un délai lié aux tests entre les cas infectieux et les cas détectés.

Scénario 2 : S1 + distanciation

S1 + 25 % d'amélioration de l'adhésion à la distanciation (vs le début septembre)

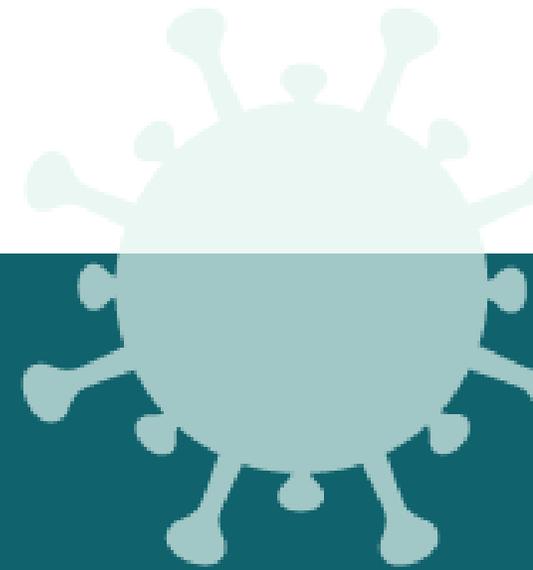
Grand Montréal



En plus des mesures du 1^{er} octobre et des réductions de contacts dans les écoles/loisirs, une réduction de 1 contact sur 4 pourrait stabiliser l'épidémie (ex : distanciation physique dans les lieux publics, règle du 2 mètres).

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'écllosion dans les CHSLD sont exclus. Les prédictions pour les cas totaux représentent **tous les cas (cliniques et sous-cliniques)**; le nombre est plus élevé que les cas détectés (en rouge) et il y a un délai lié aux tests entre les cas infectieux et les cas détectés.

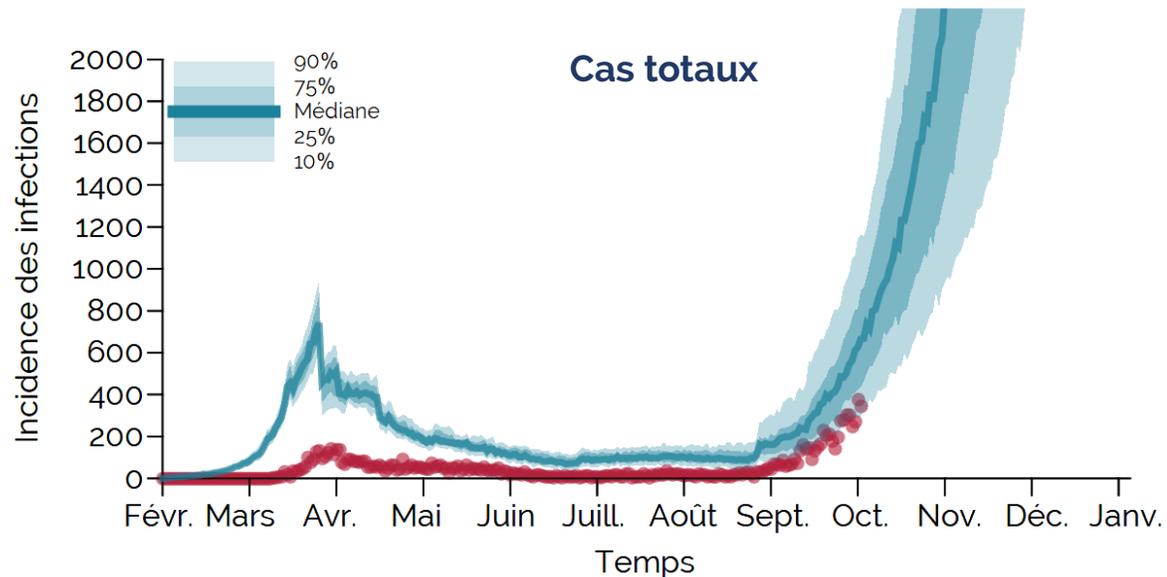
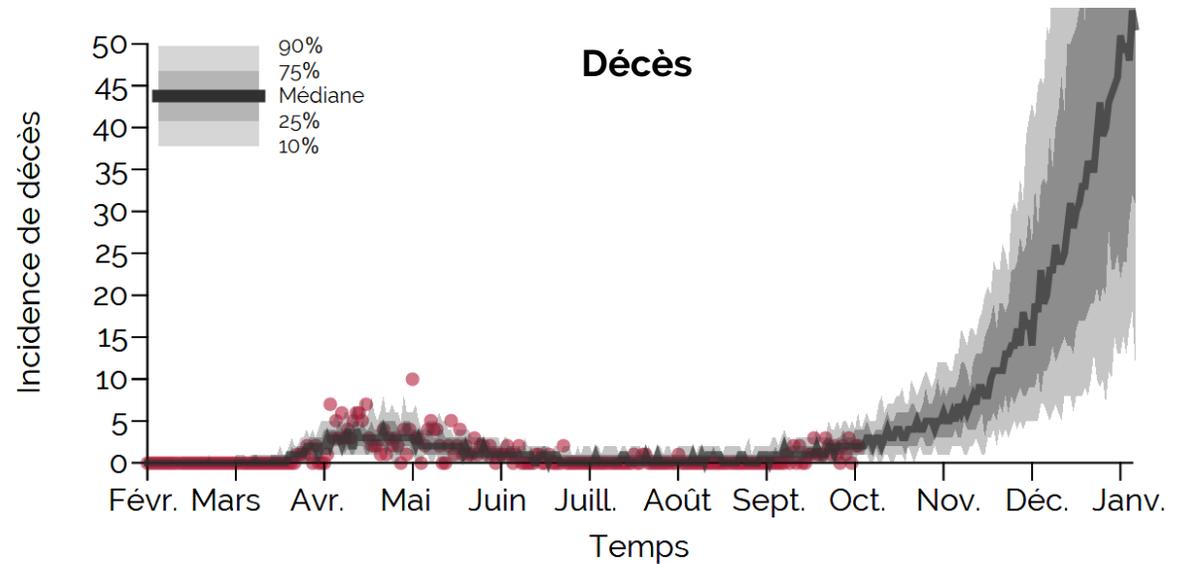
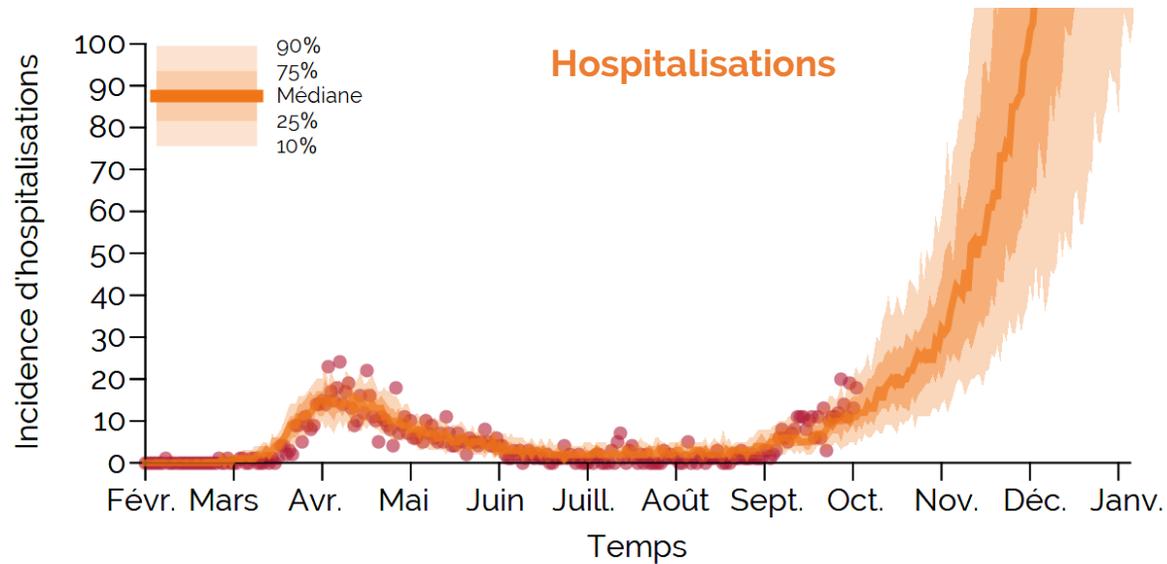
Autres Régions



Scénario 0 : Sans les mesures du 1^{er} octobre

Maintien du nombre de contacts du début septembre et aucune mesure additionnelle

Autres Régions



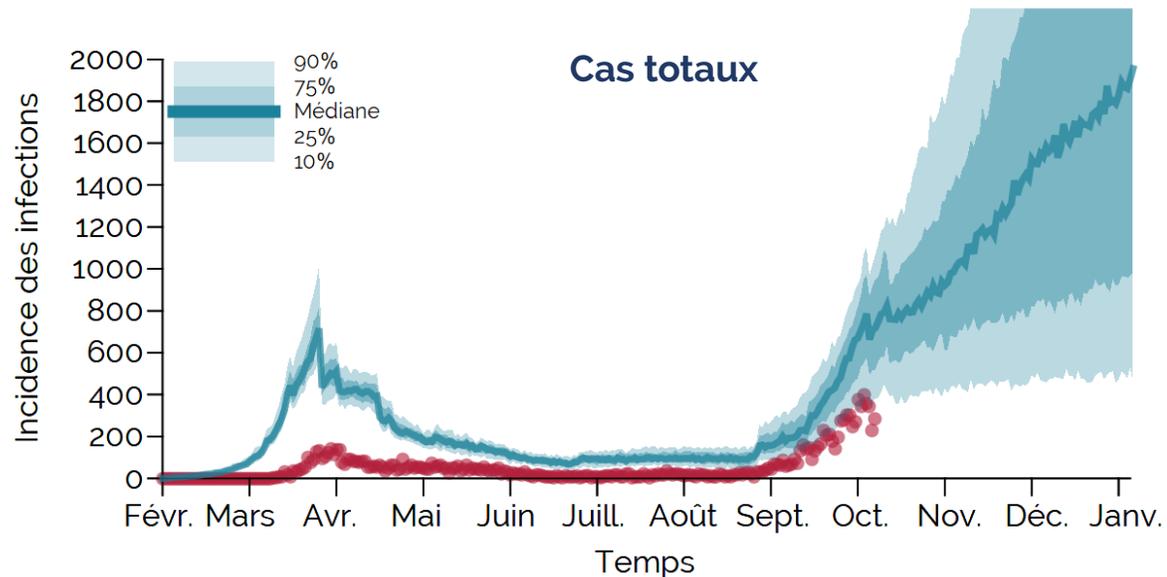
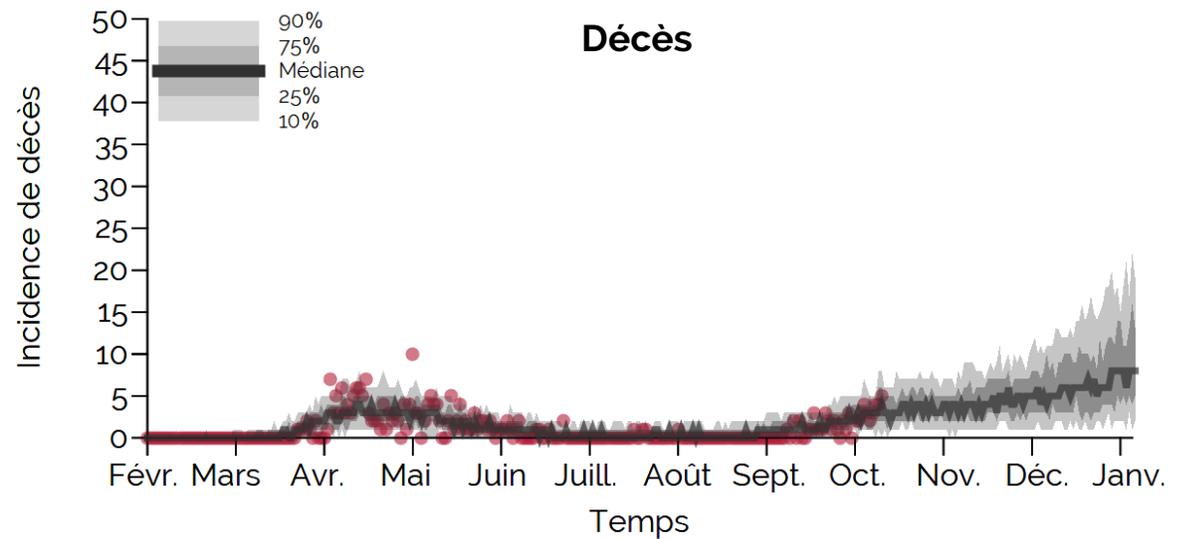
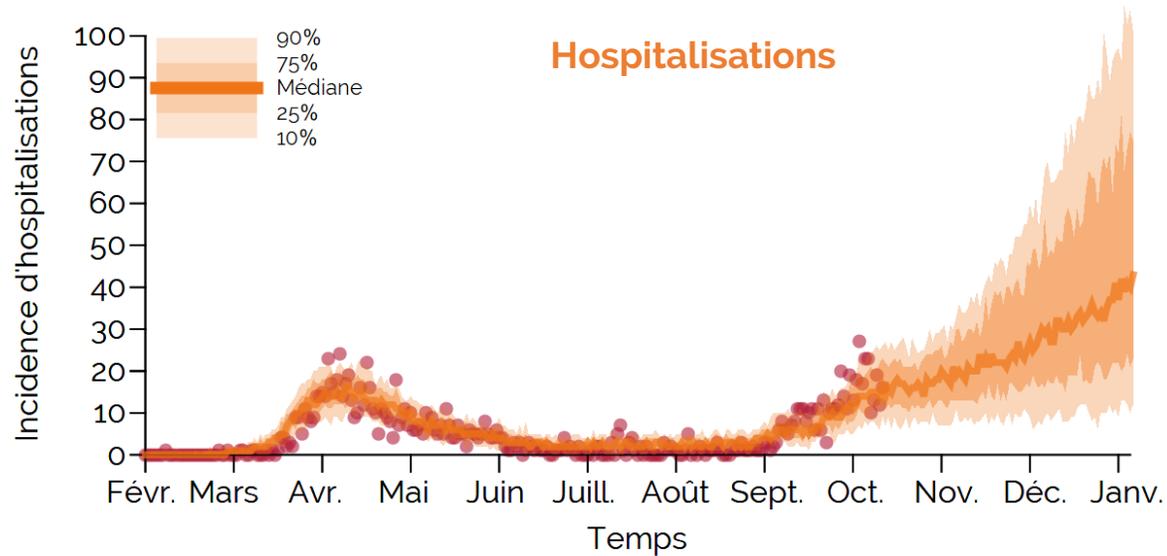
Dans ce scénario hypothétique où les contacts sociaux du début septembre sont maintenus sans aucune mesure sanitaire additionnelle, le modèle prédit une croissance exponentielle des cas, des hospitalisations et des décès.

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'écllosion dans les CHSLD sont exclus. Les prédictions pour les cas totaux représentent **tous les cas (cliniques et sous-cliniques)**; le nombre est plus élevé que les cas détectés (en rouge) et il y a un délai lié aux tests entre les cas infectieux et les cas détectés.

Scénario 1 : Mesures du 1^{er} octobre + écoles/loisirs

Réduction des visites + fermeture bars/restos + réduction de contacts à l'écoles/loisirs

Autres Régions



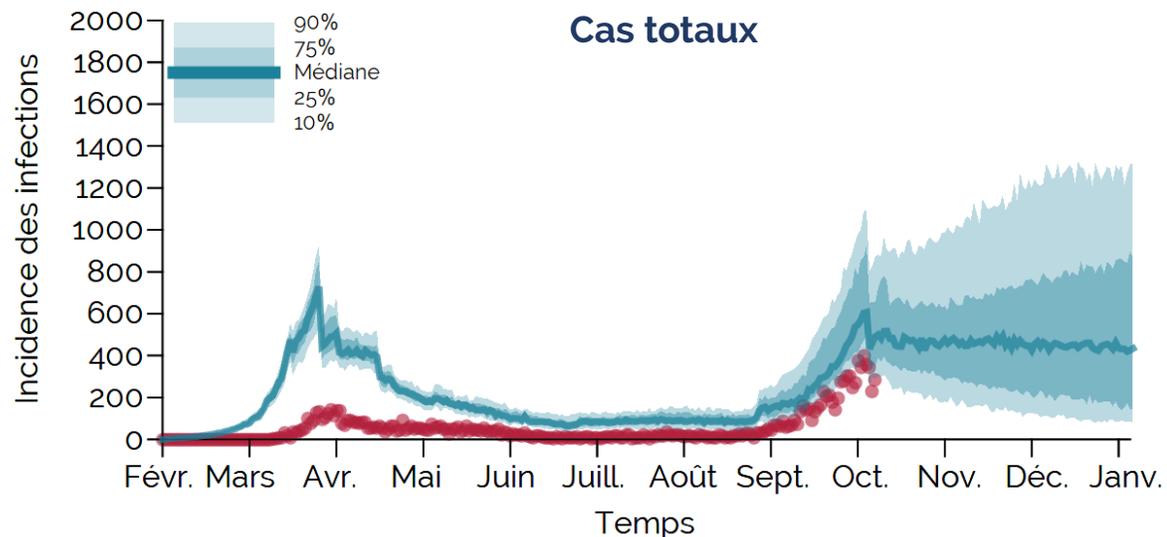
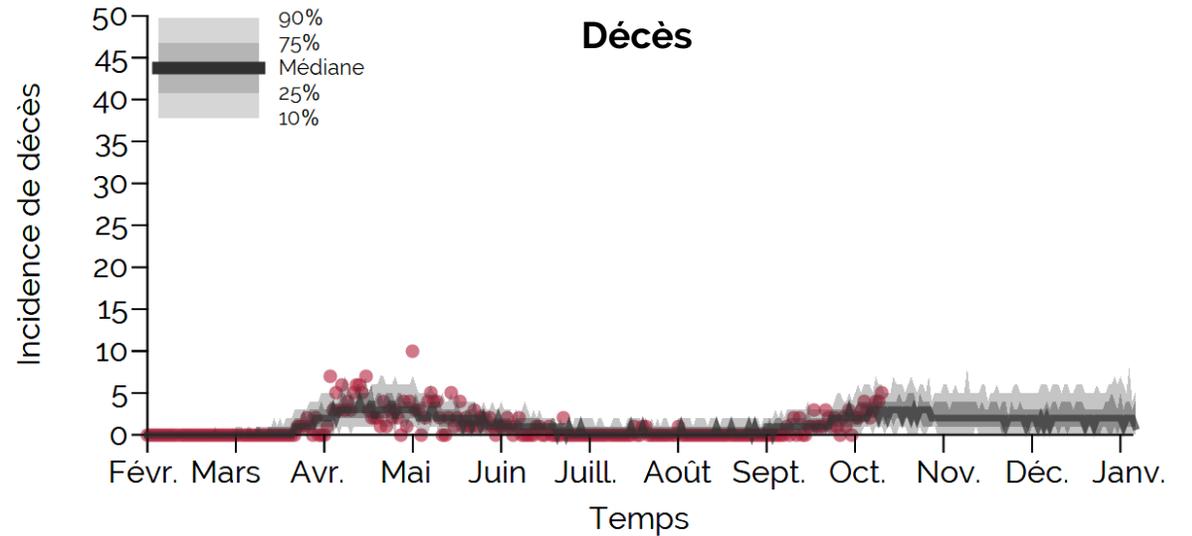
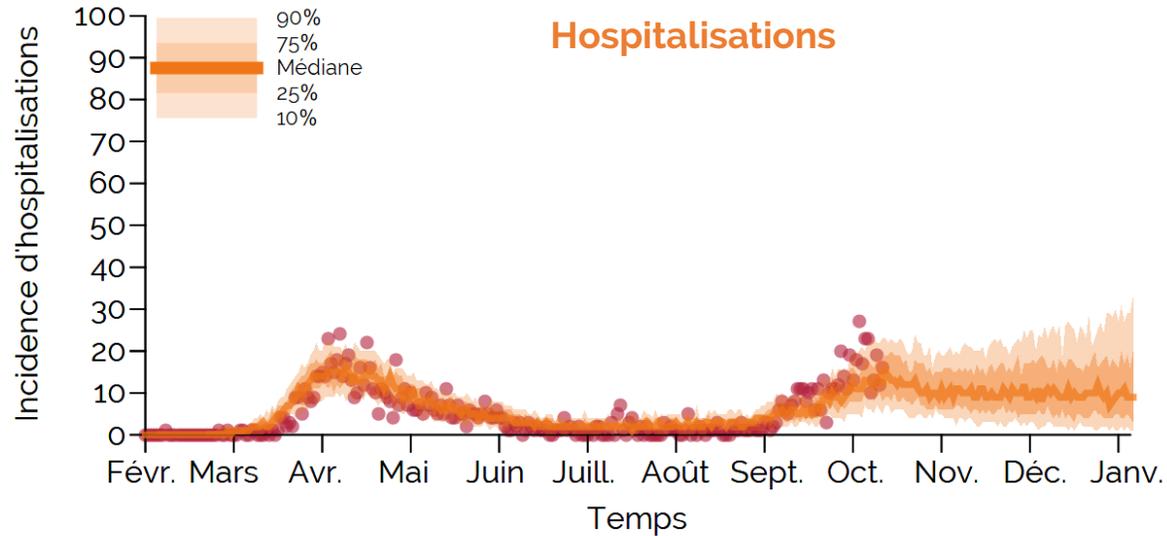
Le modèle prédit un aplatissant important de la courbe à la suite des mesures du 1^{er} octobre et celles dans les écoles et les loisirs. Cependant, les cas, les hospitalisations et les décès continuent de croître.

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'écllosion dans les CHSLD sont exclus. Les prédictions pour les cas totaux représentent **tous les cas (cliniques et sous-cliniques)**; le nombre est plus élevé que les cas détectés (en rouge) et il y a un délai lié aux tests entre les cas infectieux et les cas détectés.

Scénario 2 : S1 + distanciation

S1 + 25 % d'amélioration de l'adhésion à la distanciation (vs le début septembre)

Autres Régions



En plus des mesures du 1^{er} octobre et des réductions de contacts dans les écoles/loisirs, une réduction de 1 contact sur 4 pourrait stabiliser l'épidémie (ex. : distanciation physique dans les lieux publics, règle du 2 mètres).

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'écllosion dans les CHSLD sont exclus. Les prédictions pour les cas totaux représentent **tous les cas (cliniques et sous-cliniques)**; le nombre est plus élevé que les cas détectés (en rouge) et il y a un délai lié aux tests entre les cas infectieux et les cas détectés.

Résumé – épidémiologie

Tests positifs (cas)

- Augmentation rapide des cas depuis la mi-août et accélération en septembre dans le Grand Montréal et les Autres Régions.
- Changement de la distribution d'âge des cas en comparaison avec la 1^{re} vague : plus grande proportion de cas chez les moins de 25 ans.

Hospitalisations et décès

- Légère augmentation des hospitalisations en septembre dans le Grand Montréal et les Autres Régions.
- Sévérité (hospitalisation/décès) par cas moindre que durant la 1^{re} vague.

Contacts sociaux

- Augmentation des contacts sociaux en septembre, surtout :
 - à l'école et au travail.
 - parmi les jeunes de moins de 18 ans.
- Augmentation des contacts sociaux à la maison avec des visiteurs durant l'été.

Résumé - modélisation

Grand Montréal et Autres Régions

- Sans les mesures mises en place en octobre (S0), les prédictions suggèrent qu'une augmentation substantielle des cas, des hospitalisations et des décès pourrait avoir eu lieu.
- Pour les différents scénarios de mesures sanitaires (S1-S2), les prédictions du modèle suggèrent que :
 - Les mesures sanitaires du 1^{er} octobre ainsi que la réduction des contacts à l'école et dans les loisirs pourraient permettre un ralentissement de l'épidémie.
 - Une réduction supplémentaire de 1 contact sur 4, par une augmentation naturelle de la distanciation physique en constatant la hausse des cas et/ou à la suite d'interventions de sensibilisation, pourrait stabiliser l'épidémie ou même réduire le nombre de cas, d'hospitalisations et de décès.

Attention :

- Les milieux clos demeurent à risque d'éclosions tant qu'il y aura de la transmission communautaire. Nos scénarios font l'hypothèse que les CHSLD/RPA/centres hospitaliers sont protégés pour éviter des éclosions majeures après le 8 octobre.
- Une amélioration de la capacité de testing/traçage et/ou de l'isolement des cas permettrait de réduire encore plus la courbe épidémique.

Groupe de recherche en modélisation mathématique des maladies infectieuses

Centre de recherche du CHU de Québec – Université Laval

- Marc Brisson, Ph. D., directeur
- Guillaume Gingras, Ph. D., modélisateur principal
- Mélanie Drolet, Ph. D., épidémiologiste
- Jean-François Laprise, Ph. D., modélisateur

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

- Myrto Mondor, M. Sc.
- Alexandre Bureau, Ph. D.
- Philippe Lemieux-Mellouki, M. Sc.
- Aurélie Godbout, M.D.
- Caty Blanchette, M. Sc.
- Léa Drolet-Roy
- Kaoutar Ennour-Idrissi, M.D., M. Sc.
- Norma Pérez, M. Sc.
- Éric Demers, M. Sc.
- Maxime Hardy, M. Sc.
- Jacques Brisson, D. Sc.
- Alain Fournier, M. Sc.

Collaboratrice Imperial College London

- Marie-Claude Boily, Ph. D.

Collaborateurs Université McGill

- Mathieu Maheu-Giroux, Sc. D.
- David Buckeridge, Ph. D.
- Arnaud Godin, M. Sc.
- Yiqing Xia, M. Sc.

Calcul Canada

- Charles Coulombe

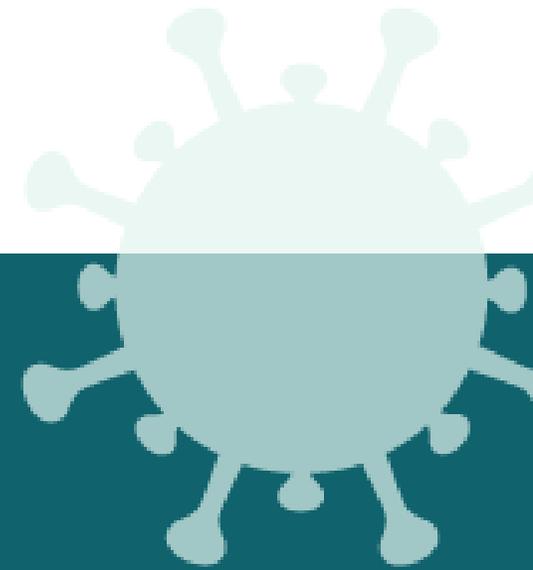
Collaborateur Université de Montréal

- Benoît Mâsse, Ph. D.

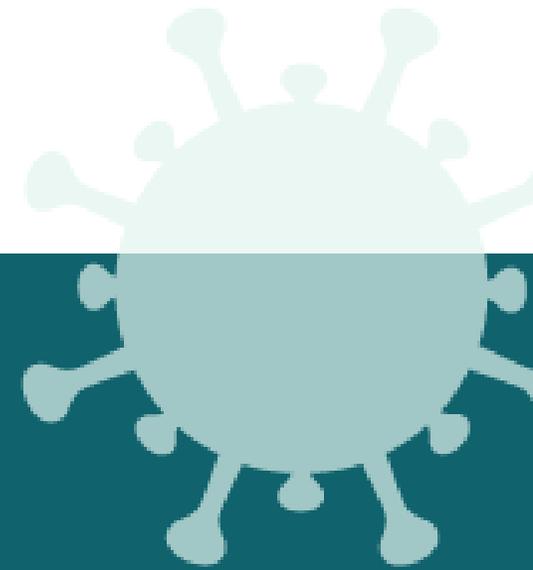
Collaborateurs Institut national de santé publique du Québec

- Gaston De Serres, M.D., Ph. D.
- Chantal Sauvageau, M.D., FRCP(c)
- Rodica Gilca, M.D., FRCP(c)
- Élise Fortin, Ph. D.
- Nicholas Brousseau, M.D., FRCP(c)
- Christophe Garenc, Ph. D.
- Geneviève Deceuninck, M. Sc.
- Zhou Zhou, Ph. D.
- Rachid Amini, M. Sc.

Annexe



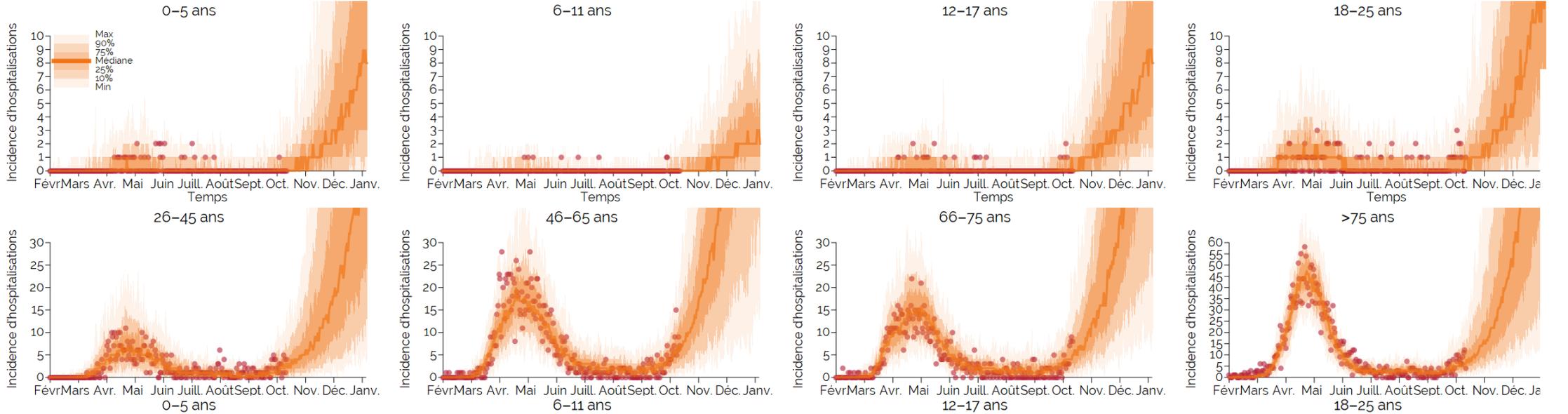
Grand Montréal



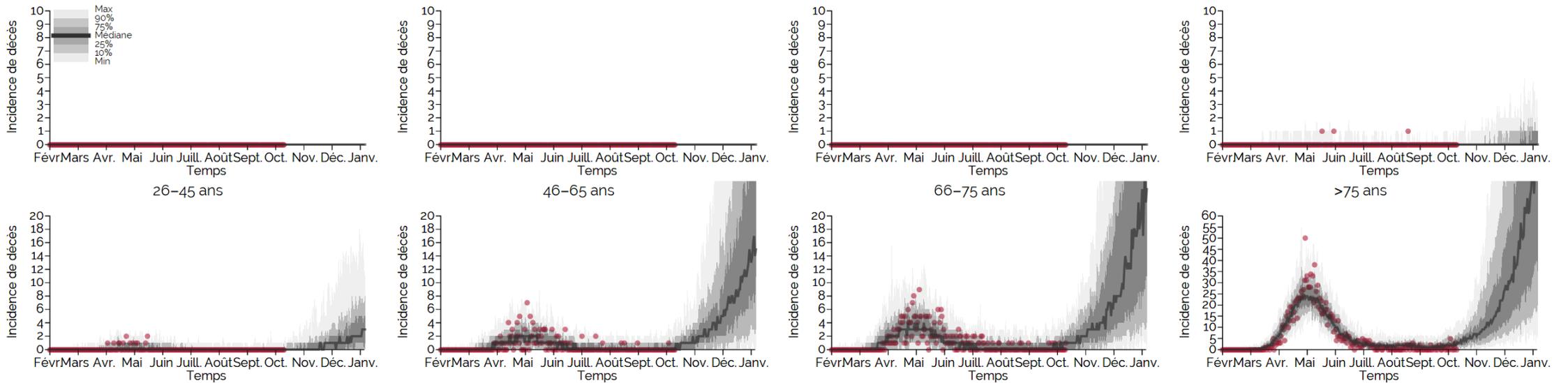
Scénario 0 : Sans changement dans les contacts

Grand Montréal

Hospitalisations



Décès

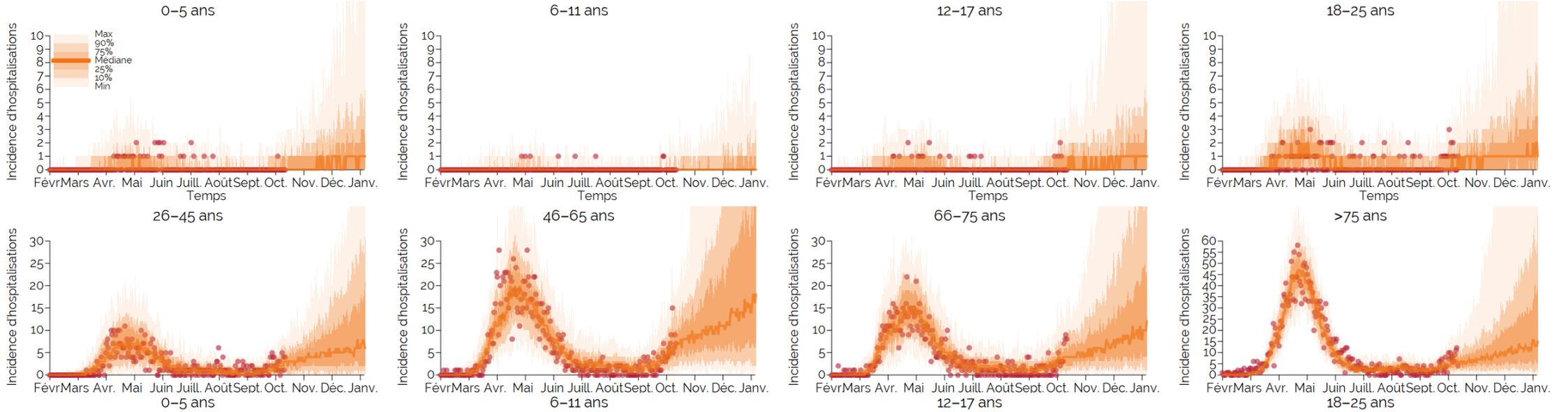


Points rouges, données INSPQ/MSSS. Les résultats représentent la médiane, min-max, et les 10^e, 25^e, 75^e et 90^e percentiles des prédictions du modèle.

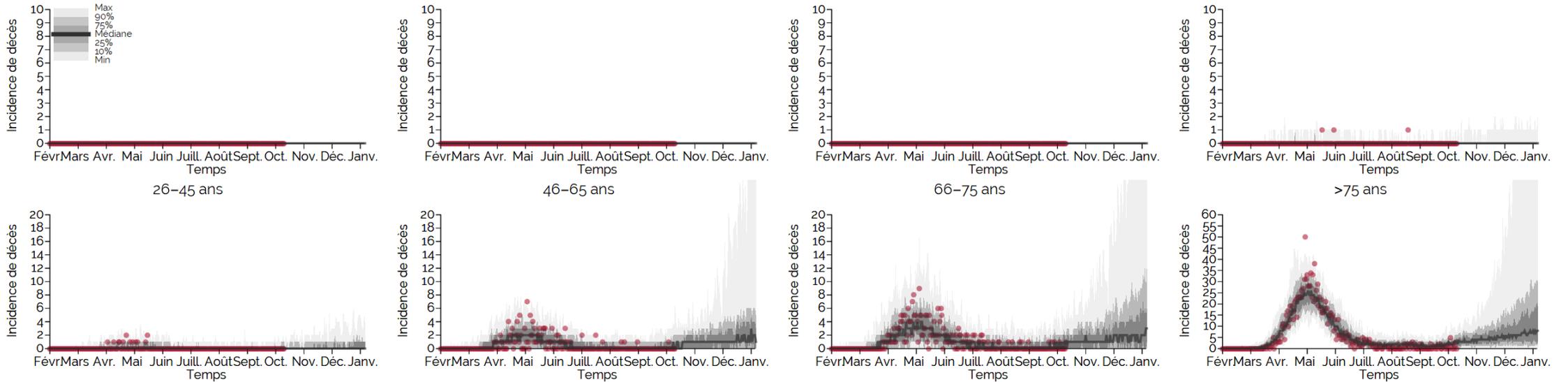
Scénario 1 : Mesures du 1^{er} octobre + écoles/loisirs

Grand Montréal

Hospitalisations



Décès

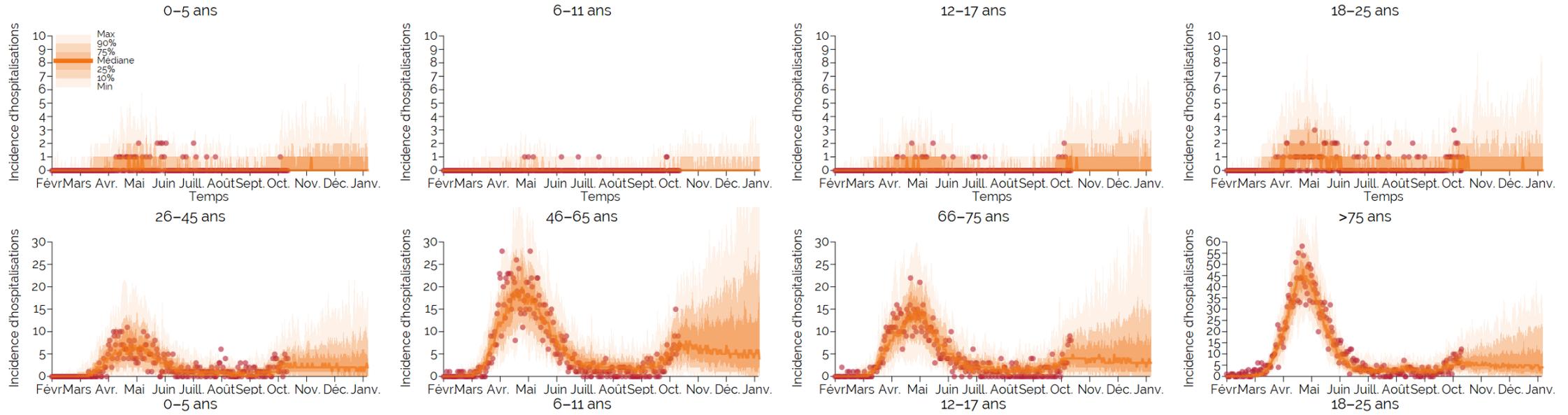


Points rouges, données INSPQ/MSSS. Les résultats représentent la médiane, min-max, et les 10^e, 25^e, 75^e et 90^e percentiles des prédictions du modèle.

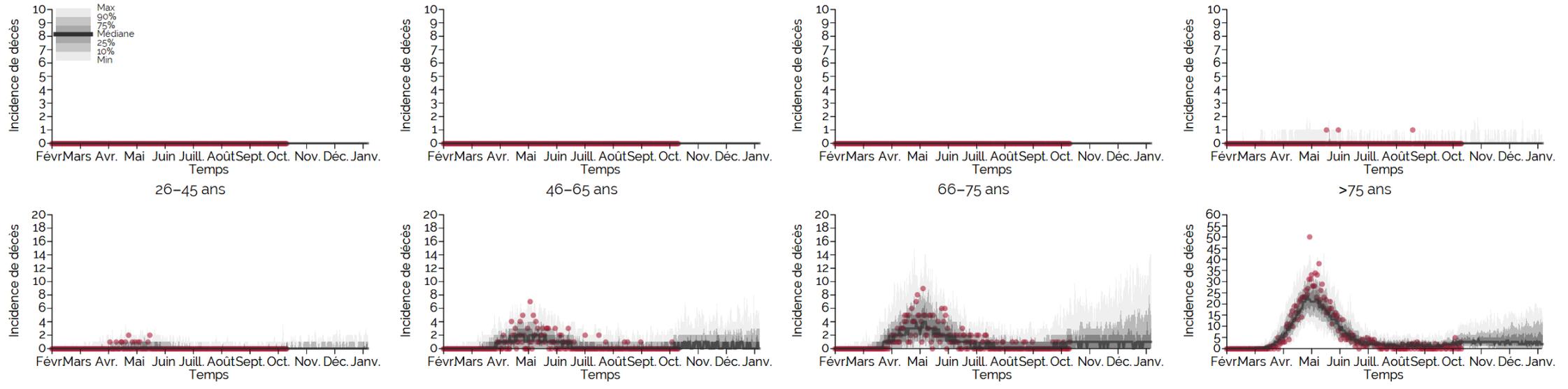
Scénario 2 : S1 + distanciation

Grand Montréal

Hospitalisations



Décès

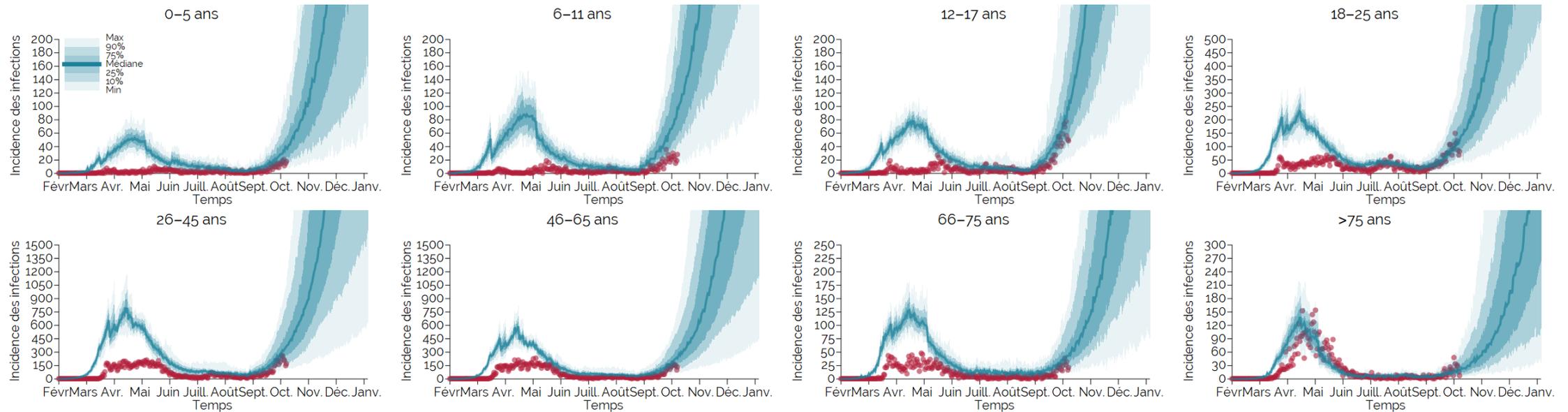


Points rouges, données INSPQ/MSSS. Les résultats représentent la médiane, min-max, et les 10^e, 25^e, 75^e et 90^e percentiles des prédictions du modèle.

Scénario 0 : Sans changement dans les contacts

Grand Montréal

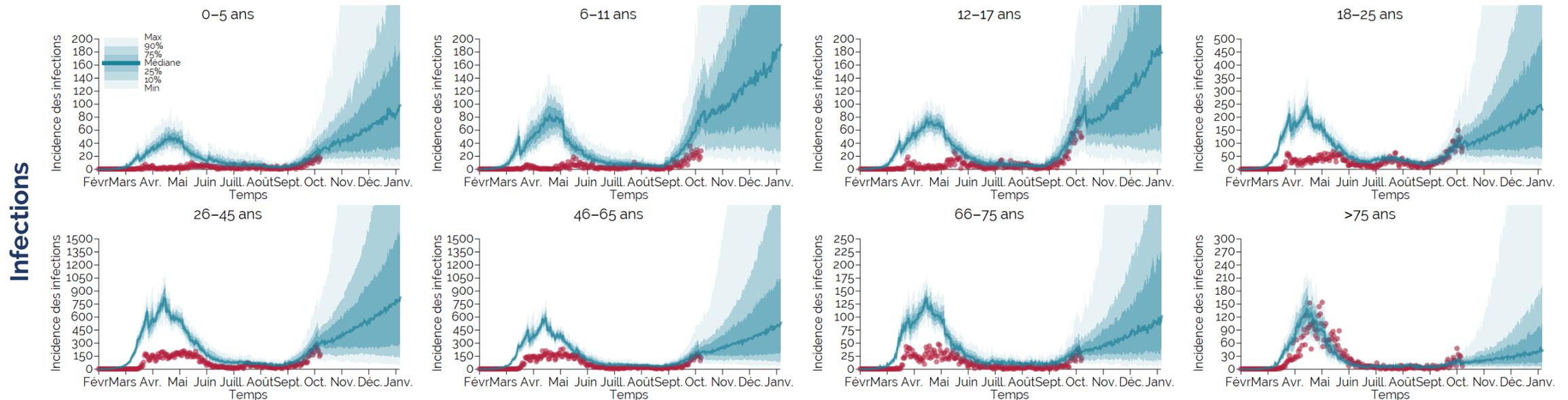
Infections



Points rouges, données INSPQ/MSSS. Les résultats représentent la médiane, min-max et les 10^e, 25^e, 75^e et 90^e percentiles des prédictions du modèle. noter : Ce sont les prédictions de **tous les cas (cliniques et sous-clinique)**; le nombre est plus élevé que les cas détectés et il y a un délai lié aux tests entre les cas infectieux et les cas détectés.

Scénario 1 : Mesures du 1^{er} octobre + écoles/loisirs

Grand Montréal

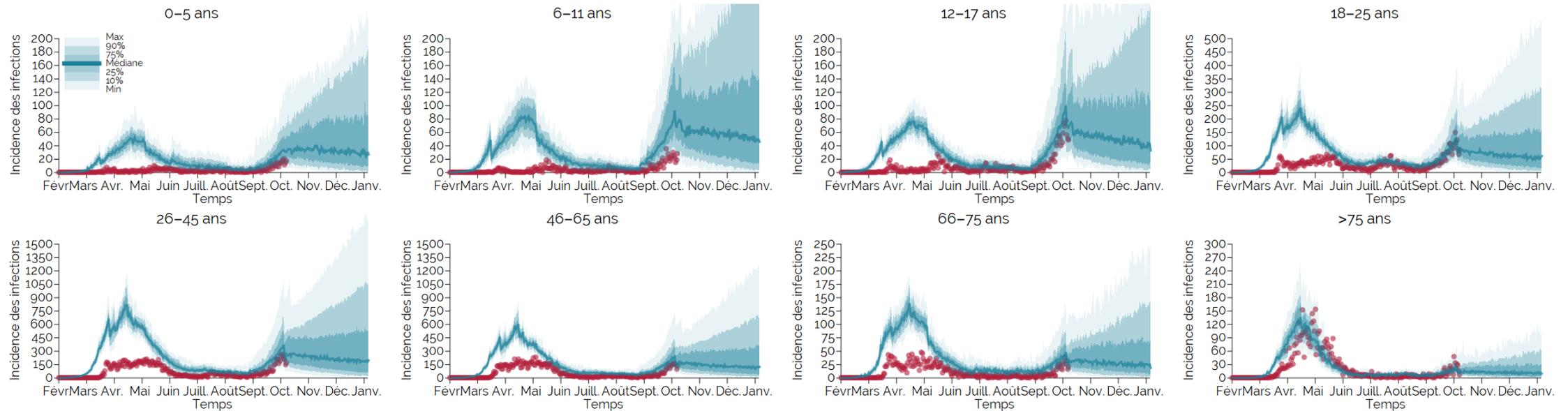


Points rouges, données INSPQ/MSSS. Les résultats représentent la médiane, min-max et les 10^e, 25^e, 75^e et 90^e percentiles des prédictions du modèle. noter : Ce sont les prédictions de **tous les cas (cliniques et sous-clinique)**; le nombre est plus élevé que les cas détectés et il y a un délai lié aux tests entre les cas infectieux et les cas détectés.

Scénario 2 : S1 + distanciation

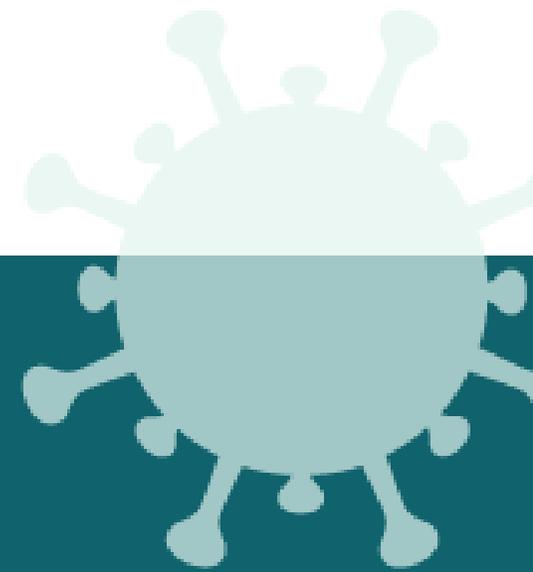
Grand Montréal

Infections



Points rouges, données INSPQ/MSSS. Les résultats représentent la médiane, min-max et les 10^e, 25^e, 75^e et 90^e percentiles des prédictions du modèle. noter : Ce sont les prédictions de **tous les cas (cliniques et sous-clinique)**; le nombre est plus élevé que les cas détectés et il y a un délai lié aux tests entre les cas infectieux et les cas détectés.

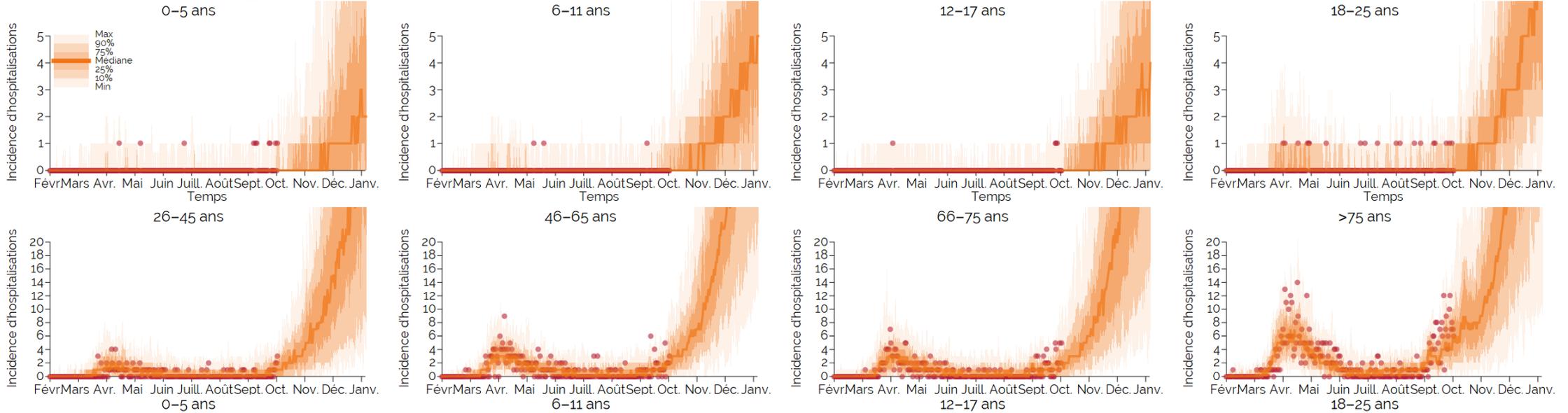
Autres Régions



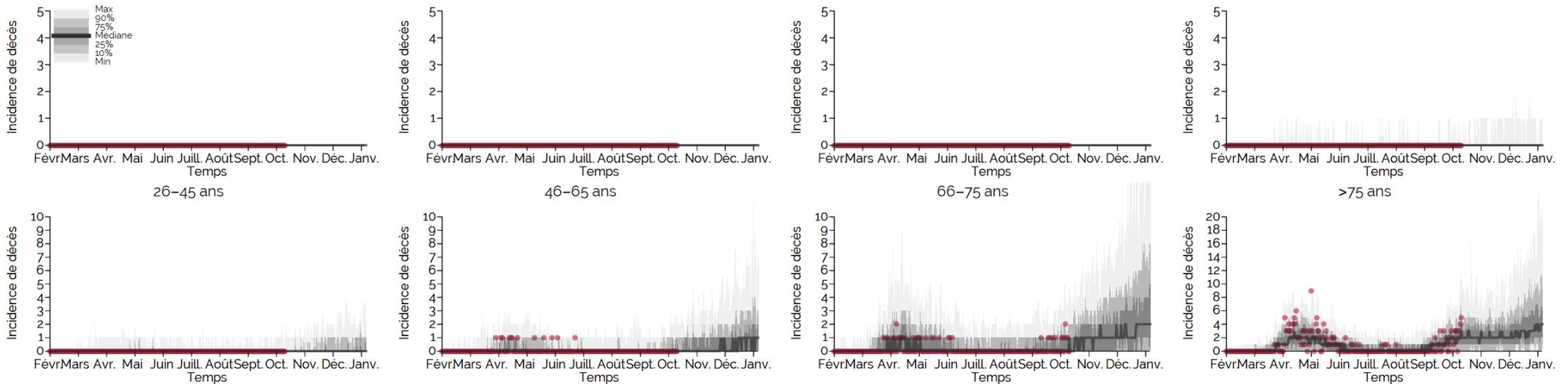
Scénario 0 : Sans changement dans les contacts

Autres Régions

Hospitalisations



Décès

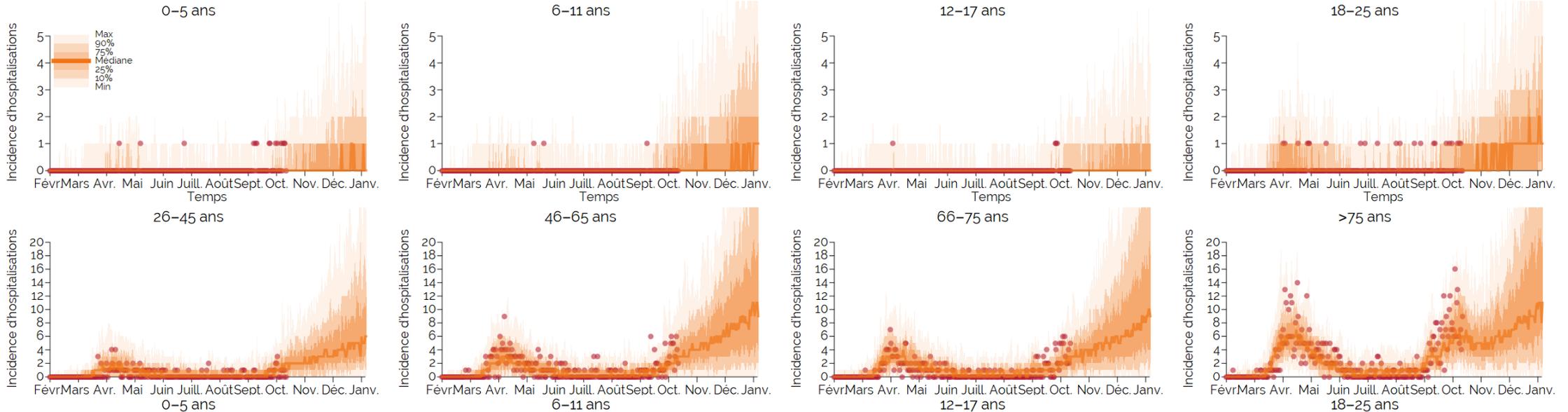


Points rouges, données INSPQ/MSSS. Les résultats représentent la médiane, min-max et les 10^e, 25^e, 75^e et 90^e percentiles des prédictions du modèle.

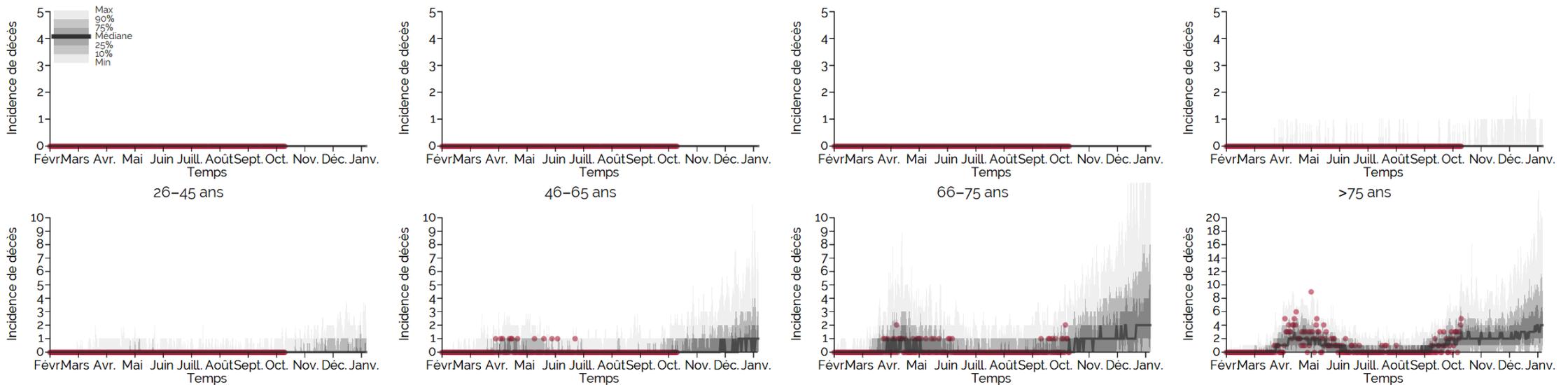
Scénario 1 : Mesures du 1^{er} octobre + écoles/loisirs

Autres Régions

Hospitalisations



Décès

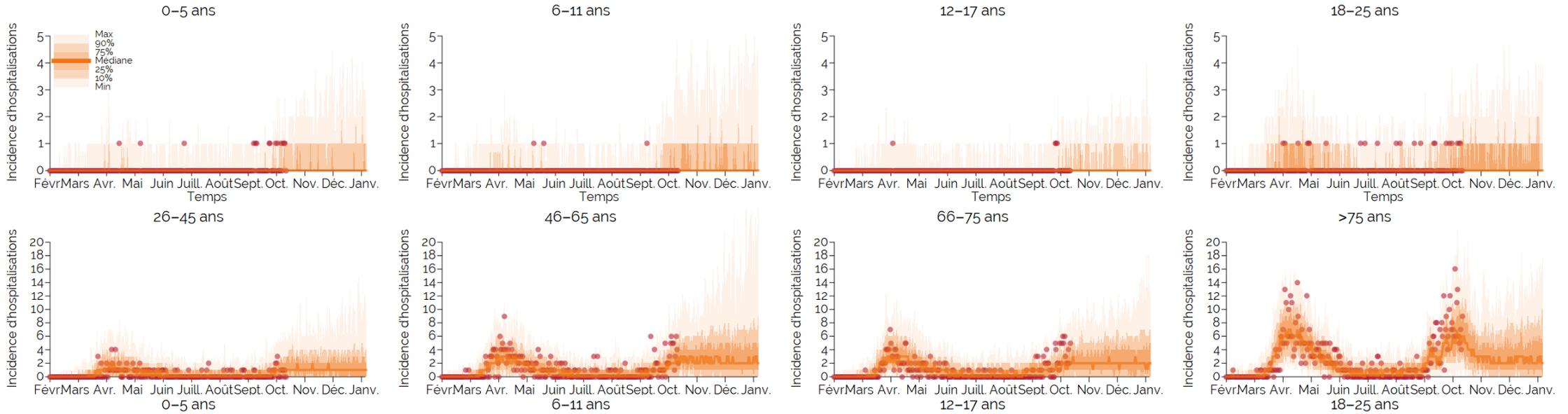


Points rouges, données INSPQ/MSSS. Les résultats représentent la médiane, min-max et les 10^e, 25^e, 75^e et 90^e percentiles des prédictions du modèle.

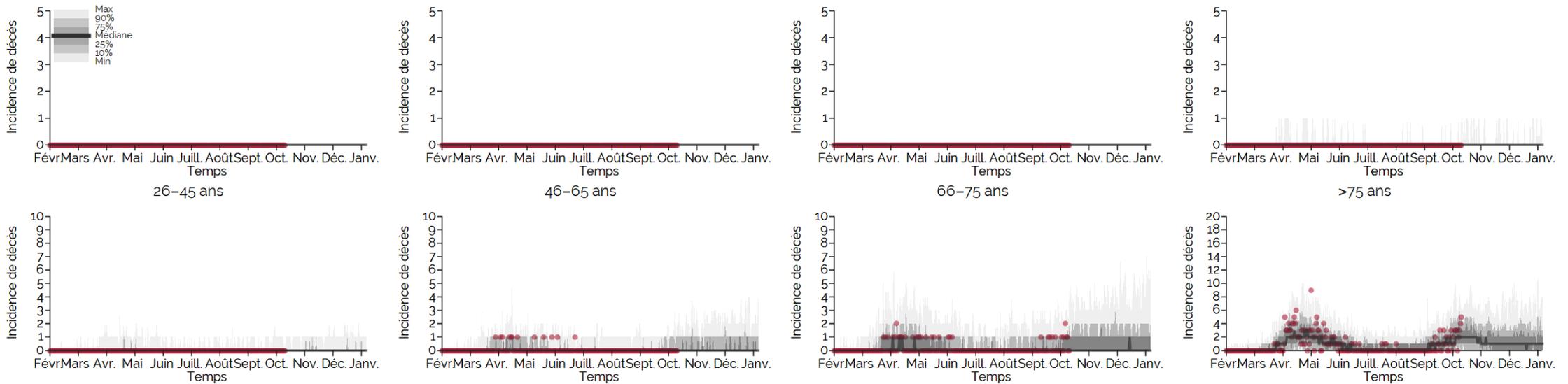
Scénario 2 : S1 + distanciation

Autres Régions

Hospitalisations



Décès

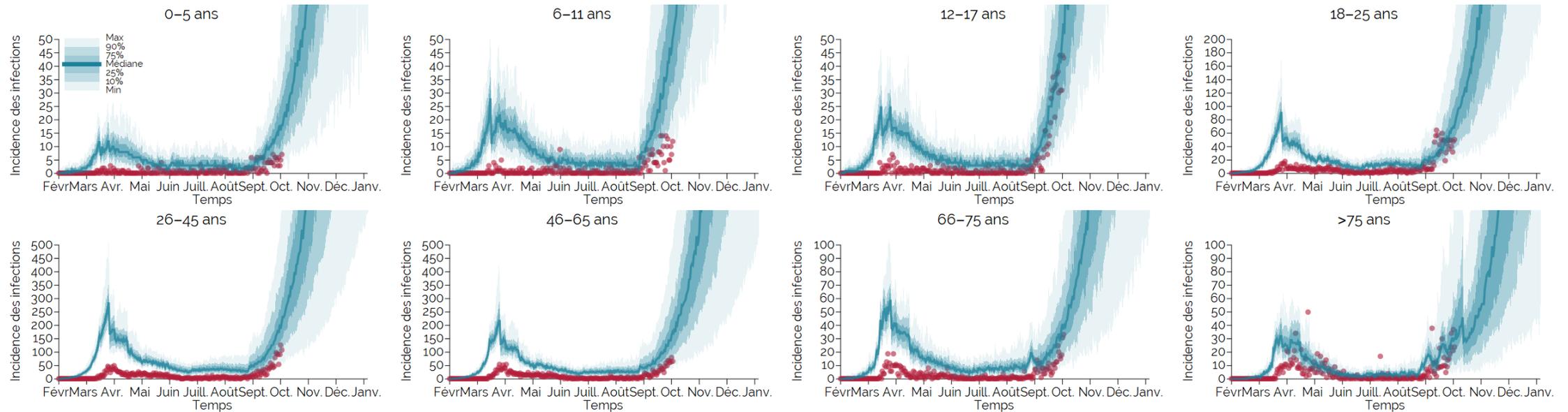


Points rouges, données INSPQ/MSSS. Les résultats représentent la médiane, min-max et les 10^e, 25^e, 75^e et 90^e percentiles des prédictions du modèle.

Scénario 0 : Sans changement dans les contacts

Autres Régions

Infections

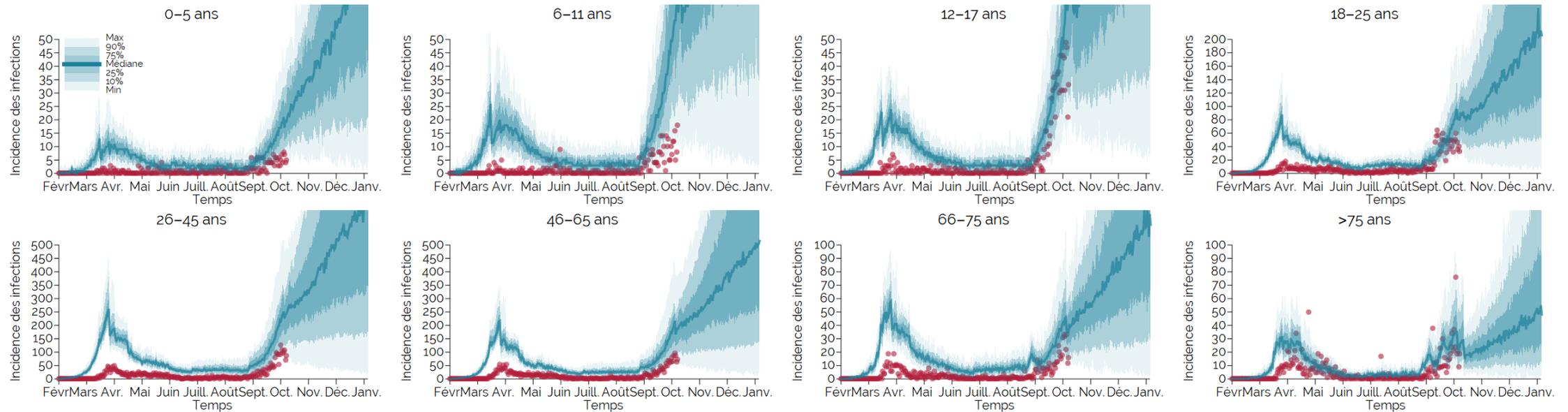


Points rouges, données INSPQ/MSSS. Les résultats représentent la médiane, min-max et les 10^e, 25^e, 75^e et 90^e percentiles des prédictions du modèle. noter : Ce sont les prédictions de **tous les cas (cliniques et sous-clinique)**; le nombre est plus élevé que les cas détectés et il y a un délai lié aux tests entre les cas infectieux et les cas détectés.

Scénario 1 : Mesures du 1^{er} octobre + écoles/loisirs

Autres Régions

Infections

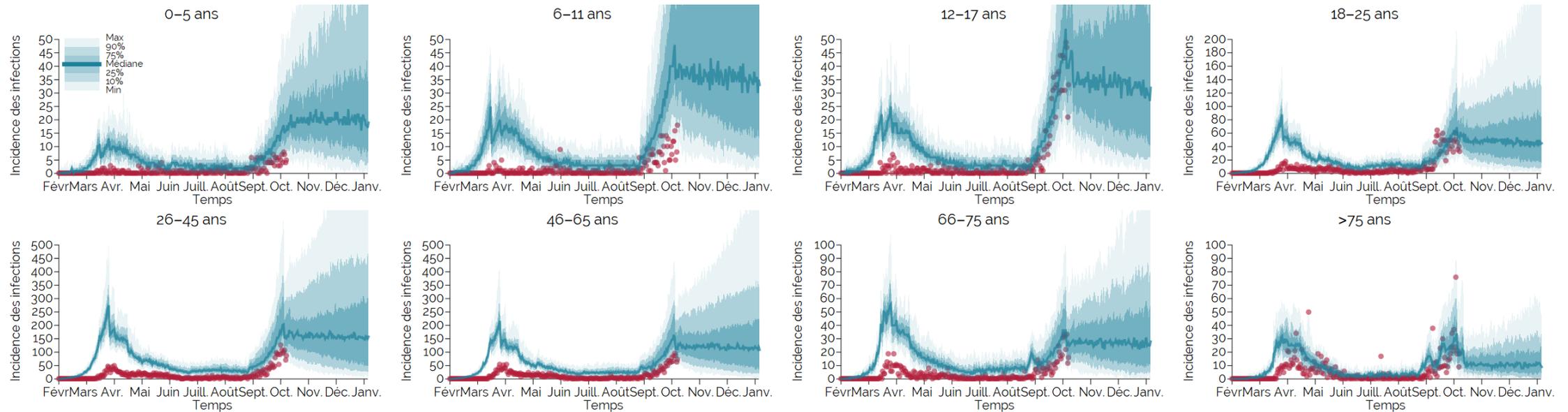


Points rouges, données INSPQ/MSSS. Les résultats représentent la médiane, min-max et les 10^e, 25^e, 75^e et 90^e percentiles des prédictions du modèle. noter : Ce sont les prédictions de **tous les cas (cliniques et sous-clinique)**; le nombre est plus élevé que les cas détectés et il y a un délai lié aux tests entre les cas infectieux et les cas détectés.

Scénario 2 : S1 + distanciation

Autres Régions

Infections



Points rouges, données INSPQ/MSSS. Les résultats représentent la médiane, min-max et les 10^e, 25^e, 75^e et 90^e percentiles des prédictions du modèle. noter : Ce sont les prédictions de **tous les cas (cliniques et sous-clinique)**; le nombre est plus élevé que les cas détectés et il y a un délai lié aux tests entre les cas infectieux et les cas détectés.