

# Mise à jour des scénarios de levée des mesures de freinage

21 mai 2021

Alessio Andronico, Cécile Tran Kiem, Paolo Bosetti, Simon Cauchemez

Unité de Modélisation Mathématique des Maladies Infectieuses, Institut Pasteur

Correspondance: [simon.cauchemez@pasteur.fr](mailto:simon.cauchemez@pasteur.fr)

**AVERTISSEMENTS:** Nous présentons des scénarios concernant l'évolution possible de l'épidémie de SARS-CoV-2 selon différentes hypothèses. Ces scénarios ne sont pas des prévisions. Les trajectoires décrites dépendent des hypothèses faites; si les hypothèses ne se réalisent pas, la dynamique observée pourra être différente des projections.

## Résumé des hypothèses, des résultats principaux et des limites

- **Objectif:** Nous effectuons une mise à jour des scénarios de levée des mesures de freinage. Cette mise à jour intègre l'accélération de la décroissance de l'épidémie et de la vaccination observées ces dernières semaines ainsi que le calendrier d'ouverture décidé par le gouvernement.
- **Méthode:** A l'aide de modèles mathématiques, nous construisons des scénarios décrivant l'évolution possible de l'épidémie jusqu'à l'été en considérant différentes hypothèses sur l'intensité de transmission virale dans les semaines qui viennent et sur le rythme de vaccination. Ces projections prennent en compte l'augmentation de la transmissibilité et du risque d'hospitalisation liée au variant B.1.1.7 ainsi que l'effet du climat sur la transmission. Nous définissons un scénario réaliste de levée partielle des mesures de contrôle dans un contexte estival en nous appuyant sur ce qui a été observé durant l'été 2020.
- **Résultats:**
  - Si l'on réussit à maintenir le rythme actuel de décrue des infections et hospitalisations jusqu'au 9 juin tout en maintenant ou augmentant le rythme de vaccination, on ne s'attend pas à observer cet été de reprise importante de l'épidémie liée au variant B.1.1.7 sous les conditions de contrôle qui avaient été mises en oeuvre durant l'été 2020.
  - Si la décrue s'arrête suite à la deuxième étape du calendrier de réouverture le 19 mai et que les taux de transmission repartent à la hausse dès cette date, la situation épidémiologique durant l'été est plus incertaine. Dans ce scénario, un rebond épidémique cet été ne pourrait être exclu. La taille de ce rebond dépendrait notamment des taux de transmission sur la deuxième moitié de mai et en juin, du rythme de vaccination et des hypothèses sur l'augmentation de transmission du variant B.1.1.7. Dans tous les scénarios explorés, ce rebond resterait plus petit que la 3ème vague.
- **Conclusion:** L'accélération de la décrue de l'épidémie et de la vaccination observée ces dernières semaines nous place dans des conditions favorables pour l'été. Pour éviter un risque de rebond épidémique cet été, il est préférable que la décrue actuelle des infections et hospitalisations soit maintenue pendant encore quelques semaines et que le rythme actuel de vaccination soit maintenu ou augmenté. Sous ces conditions, un niveau bas d'infections au démarrage de l'été permettrait d'absorber une hausse possible des

infections durant l'été; le relâchement se ferait à un moment où une plus grande proportion de Français auraient été vaccinés. Dans tous les scénarios explorés, s'il y a un rebond lié au variant B.1.1.7 durant l'été, on s'attend à ce qu'il soit plus petit que la 3ème vague de la pandémie.

- **Discussion et limites:**

- Nous faisons l'hypothèse que le rythme actuel de vaccination pourra être maintenu voire augmenté dans les semaines et mois qui viennent. Les projections seront dégradées si nous ne réussissons pas à atteindre ces objectifs, par exemple du fait de l'hésitation vaccinale ou du sentiment erroné que la vaccination n'est plus nécessaire car la situation épidémiologique s'améliore.
- L'automne et l'hiver sont plus propices à la transmission de SARS-CoV-2 que l'été. Le fait que le virus circule peu durant l'été n'écarte donc pas le risque de reprise cet automne. Pour limiter ce risque, il est important de maintenir l'effort de vaccination cet été et s'assurer qu'on atteigne un [niveau de couverture vaccinale élevé](#) à la rentrée.
- Le modèle est construit en prenant en compte les caractéristiques du variant B.1.1.7 actuellement dominant. Il ne prend pas en compte l'émergence de variants qui pourraient partiellement échapper à la protection conférée par l'infection naturelle ou la vaccination ou pourraient être plus transmissibles que B.1.1.7. La présence de tels variants sur le territoire français pourrait compliquer la situation.
- Nous faisons l'hypothèse que les personnes infectées par SARS-CoV-2 sont protégées contre la réinfection. Les projections seront dégradées si une proportion de ces personnes perd leur immunité.
- Il est difficile de quantifier l'impact du climat sur la transmission. Dans ce contexte, nous avons utilisé les conditions de contrôle de l'épidémie durant l'été 2020 pour définir un scénario réaliste de levée partielle des mesures de contrôle dans un contexte estival. Il est probable que les conditions de transmission en mai-juin soient à mi-chemin entre celles de l'hiver et celles de l'été (du fait de facteurs climatiques ou en termes d'interactions sociales). Les projections faites sous l'hypothèse que les conditions de contrôle de l'été 2020 seront mises en œuvre en mai-juin 2021 pourraient donc être trop optimistes. On note toutefois que, durant l'été 2020, le port du masque n'était pas systématique et qu'un nombre plus limité de tests étaient réalisés. Si le relâchement est plus important durant l'été 2021 que durant l'été 2020, la croissance des hospitalisations durant l'été pourrait être plus importante que celle anticipée.
- Nous avons présenté des projections pour la France métropolitaine. La dynamique de l'épidémie peut varier de façon importante d'une région à l'autre. Certaines régions comme l'Ile-de-France ont [une proportion plus importante de leur population qui a été infectée](#) (Hozé et al. 2021), ce qui pourrait en partie les protéger. Cependant, il est probable que ces régions ont été plus impactées car on y trouve des conditions plus propices à la transmission (par exemple densité de population plus élevée). Ces résultats ne s'appliquent pas à la Guyane, où les dynamiques de circulation virale et de vaccination sont différentes.

# Modèle et construction des scénarios

## Modèle

Nous utilisons un modèle mathématique qui décrit la dynamique de transmission de SARS-CoV-2 dans les différents groupes d'âge de la population française (Salje et al. 2020). Il a été amélioré pour prendre en compte l'effet de la vaccination et du variant B.1.1.7 sur l'épidémie (Bosetti et al. 2021; Tran Kiem et al. 2021). Ce modèle est utilisé pour informer la définition de la stratégie vaccinale de la Haute Autorité de Santé et la réflexion stratégique du Conseil Scientifique sur la course entre variants et vaccins.

## Hypothèses et scénarios

- **Caractéristiques du variant dominant B.1.1.7:** Dans notre scénario de référence, nous faisons l'hypothèse que le variant B.1.1.7 est 60% plus transmissible que le virus historique, en accord avec les estimations faites en France et à l'étranger (Gaymard et al. 2021; Volz et al. 2021; Davies et al. 2021). On ne peut exclure que cet écart soit modifié lorsque les conditions de contrôle de l'épidémie ou le climat changent. Nous explorons donc également un scénario où la transmissibilité du variant B.1.1.7 serait 40% plus élevée que celle du virus historique dans les mois qui viennent.<sup>1</sup> Par ailleurs, nous faisons l'hypothèse que la probabilité d'hospitalisation augmente de 64% lorsqu'on est infecté par B.1.1.7 (Bager et al. 2021).
- **Levée partielle des mesures de freinage et impact du climat sur la transmission:**
  - *L'été 2020 comme scénario de levée partielle des mesures de contrôle dans un contexte estival:* Le climat a un impact sur le taux de transmission du virus SARS-CoV-2 qui reste difficile à quantifier. Afin de construire des scénarios aussi réalistes que possible de circulation du virus dans un contexte de levée partielle des mesures de contrôle et de températures estivales, nous considérons les conditions de contrôle de l'épidémie durant l'été 2020 comme scénario de référence. L'analyse de la dynamique des hospitalisations indique qu'à l'époque, le nombre de reproduction de base (c'est-à-dire, le nombre moyen de personnes infectées par un cas s'il n'y a pas d'immunité dans la population) du virus historique était proche de  $R_{0\text{-hist}}=1.3$ .
  - *Impact de la levée partielle des mesures de freinage du 19 mai et du 9 juin:*
    - Scénario d'un impact sur la transmission le 9 juin: Dans un premier scénario, nous faisons l'hypothèse que la dynamique de décroissance de l'épidémie observée actuellement va se poursuivre jusqu'au [9 juin \(troisième étape de la stratégie de réouverture\)](#). A cette date, nous faisons l'hypothèse que le nombre de reproduction de base du virus historique va augmenter pour prendre une valeur comprise entre  $R_{0\text{-hist}}=1.0$  et  $R_{0\text{-hist}}=1.3$ , cette dernière valeur correspondant au niveau mesuré durant l'été 2020 (voir ci-dessus).

---

<sup>1</sup> La relation entre le nombre de reproduction de base du variant B.1.1.7 et du virus historique est donc  $R_{0\text{-B.1.1.7}}=1.6 \times R_{0\text{-hist}}$  ou  $R_{0\text{-B.1.1.7}}=1.4 \times R_{0\text{-hist}}$  selon le scénario.

- Scénario d'un impact sur la transmission dès le 19 mai: Dans un deuxième scénario, nous faisons l'hypothèse que le taux de transmission va augmenter dès le [19 mai \(deuxième étape de la stratégie de réouverture\)](#), pour prendre une valeur comprise entre  $R_{0-hist}=1.0$  et  $R_{0-hist}=1.3$ .
- Dans tous les scénarios, à compter du 1er juillet 2021, le contrôle de l'épidémie est similaire à ce qu'il était durant l'été 2020 ( $R_{0-hist}=1.3$ ).
- **Stratégie de vaccination:** Dans le cadre de cette analyse, nous prenons en compte le rythme journalier de distribution des doses de vaccin dans les différents groupes d'âge depuis le début de la campagne de vaccination. Pour les mois à venir, nous étudions l'impact qu'une vaccination priorisée par ordre décroissant d'âge pourrait avoir sur le nombre d'admissions journalières à l'hôpital ainsi que le nombre de lits occupés en hospitalisation conventionnelle et en soins critiques. Nous prenons en compte les contraintes imposées par le délai entre les doses (à partir de mi-avril, 6 semaines pour les vaccins à ARNm, 12 semaines pour le vaccin AstraZeneca et schéma à une dose pour le vaccin Janssen), le rythme de vaccination et le nombre de doses prévues dans le calendrier de livraison. Nous ne considérons que les vaccins disposant d'une autorisation de mise sur le marché (Pfizer/BioNTech, Moderna, AstraZeneca et Janssen). Nous faisons l'hypothèse que la distribution des vaccins AstraZeneca et Janssen est restreinte aux individus âgés de plus de 55 ans. Le calendrier de livraison (en millions de doses) utilisé est détaillé dans le tableau suivant:

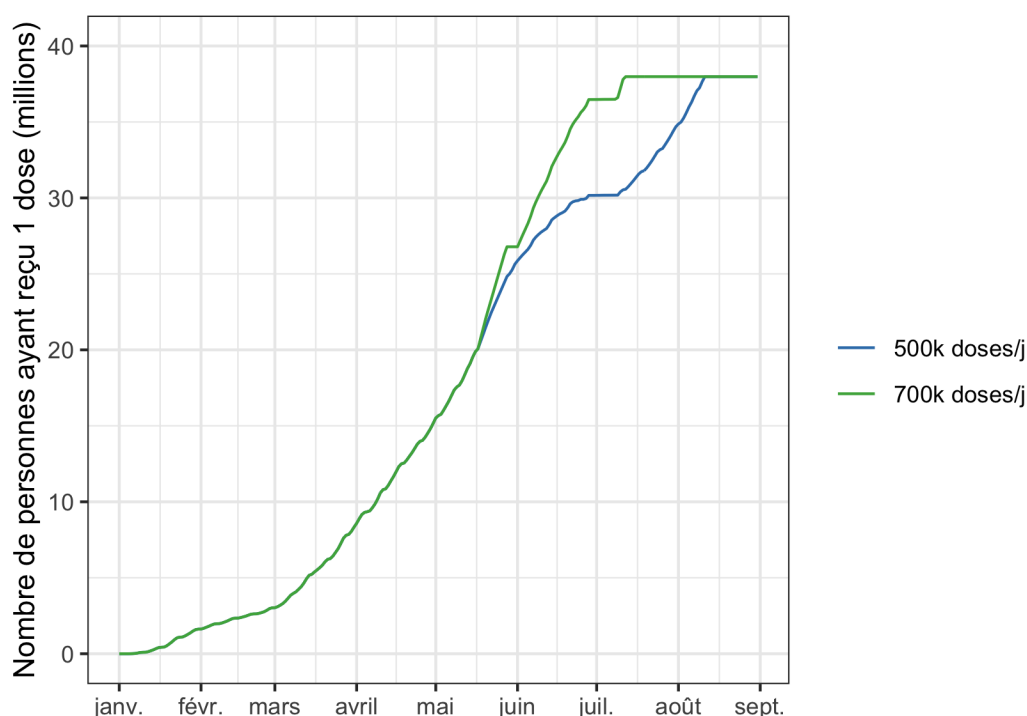
Mois	Mai	Juin	Juillet	Août
Pfizer/BioNTech	10.1	19.8	10.0	10.0
Moderna	1.8	2.4	3.8	5.7
AstraZeneca	2.9	4.4	4.8	4.8
Janssen	1.4	5.7	5.9	5.9

Nous faisons l'hypothèse d'un taux de perte de 5% par rapport au calendrier détaillé ci-dessus. Cela signifie que 95% des doses livrées peuvent être distribuées. Nous fixons le taux d'adhésion à la vaccination à 85% pour les individus de plus de 65 ans et à 70% pour les 18-64 ans.

Nous faisons l'hypothèse que tous les vaccins ont une efficacité de 90% sur le risque de développement de formes sévères de COVID-19 et de 80% sur le risque d'infection. Ces hypothèses sont cohérentes avec les premières évaluations de l'efficacité des vaccins dans des conditions d'utilisation réelle. Nous faisons l'hypothèse que l'efficacité vaccinale est atteinte 15 jours après la distribution de la première dose.

Nous explorons plusieurs scénarios concernant le rythme de distribution des doses de vaccin, qu'il s'agisse d'une première ou d'une deuxième dose: (i) un scénario 500 000 doses par jour (400 000 pour les vaccins à ARNm, 50 000 pour le vaccin AstraZeneca et

50 000 pour le vaccin Janssen ; proche du rythme de distribution actuel), (ii) un scénario de 700 000 doses par jour (600 000 pour les vaccins à ARNm, 50 000 pour le vaccin AstraZeneca et 50 000 pour le vaccin Janssen). A titre de comparaison, 496 000 doses ont été distribuées en moyenne au cours de la semaine du 10 Mai 2021. En raison de la restriction de la distribution des vaccins AstraZeneca et Janssen aux plus de 55 ans seulement, le rythme de distribution des doses sera plus lent lorsque la couverture vaccinale cible sera atteinte dans ce groupe (400 000 doses par jour pour le premier scénario et 600 000 doses pour le deuxième). Les courbes ci-dessous montre le nombre de personnes ayant reçu une première dose de vaccin anticipé par le modèle selon le rythme de vaccination:



## Résultats

La Figure 1 ci-dessous présente la dynamique des hospitalisations anticipée par le modèle s'il y a une reprise de l'épidémie le 19 mai, date de la deuxième étape de la stratégie d'ouverture (colonne de gauche) ou le 9 juin, date de la troisième étape de la stratégie d'ouverture (colonne de droite). Des scénarios sont présentés pour différents rythmes de distribution des vaccins (500 000 ou 700 000 doses par jour) ainsi que différentes hypothèses sur l'augmentation de la transmissibilité du variant B.1.1.7 par rapport au virus historique (scénario de référence à 60%; scénario plus optimiste à 40%). Les lignes de couleurs montrent des scénarios où l'intensité de la transmission est plus ou moins importante entre la date de la reprise de l'épidémie et le 1er

juillet ( $R_{0\text{-hist}}$  compris entre 1.0 et 1.3; 1.3 correspondant à ce qui a été mesuré durant l'été 2020; voir méthodes). Dans tous les scénarios, à compter du 1er juillet 2021, le contrôle de l'épidémie est similaire à ce qu'il était durant l'été 2020 ( $R_{0\text{-hist}}=1.3$ ; voir méthodes).

Si l'on réussit à maintenir le rythme actuel de décrue des infections et des hospitalisations jusqu'au 9 juin (colonne de droite), dans tous les scénarios explorés, on ne s'attend pas à observer de rebond important de l'épidémie durant l'été sous les conditions de contrôle qui avaient été mises en oeuvre durant l'été 2020 (colonne de droite de la Figure 1, Figures 1E-H).

Si la décrue s'arrête suite à la deuxième étape du calendrier de réouverture le 19 mai et que les taux de transmission repartent à la hausse dès cette date, la situation épidémiologique durant l'été est plus incertaine (colonne de gauche de la Figure 1). Dans le scénario de référence où le variant B.1.1.7 est 60% plus transmissible que le virus historique (Figures 1A-B), on pourrait s'attendre à une remontée substantielle des hospitalisations si on revenait dès le 19 mai aux conditions de transmission mesurées durant l'été 2020 (courbe rouge). Des taux de transmission plus faibles (lignes violettes et bleues) permettraient de décaler la reprise à un moment où la campagne de vaccination aura progressé, diminuant d'autant l'intensité de cette reprise. Le passage du rythme de 500 000 doses (Figure 1A) à 700 000 doses distribuées par jour (Figure 1B) pourrait réduire de façon importante l'intensité de la reprise. Dans le scénario plus optimiste où le variant B.1.1.7 est 40% plus transmissible que le virus historique dans les mois qui viennent (figures du bas), on ne s'attendrait pas à observer de rebond important. Dans tous les scénarios explorés, ce rebond resterait plus petit que la 3ème vague de la pandémie.

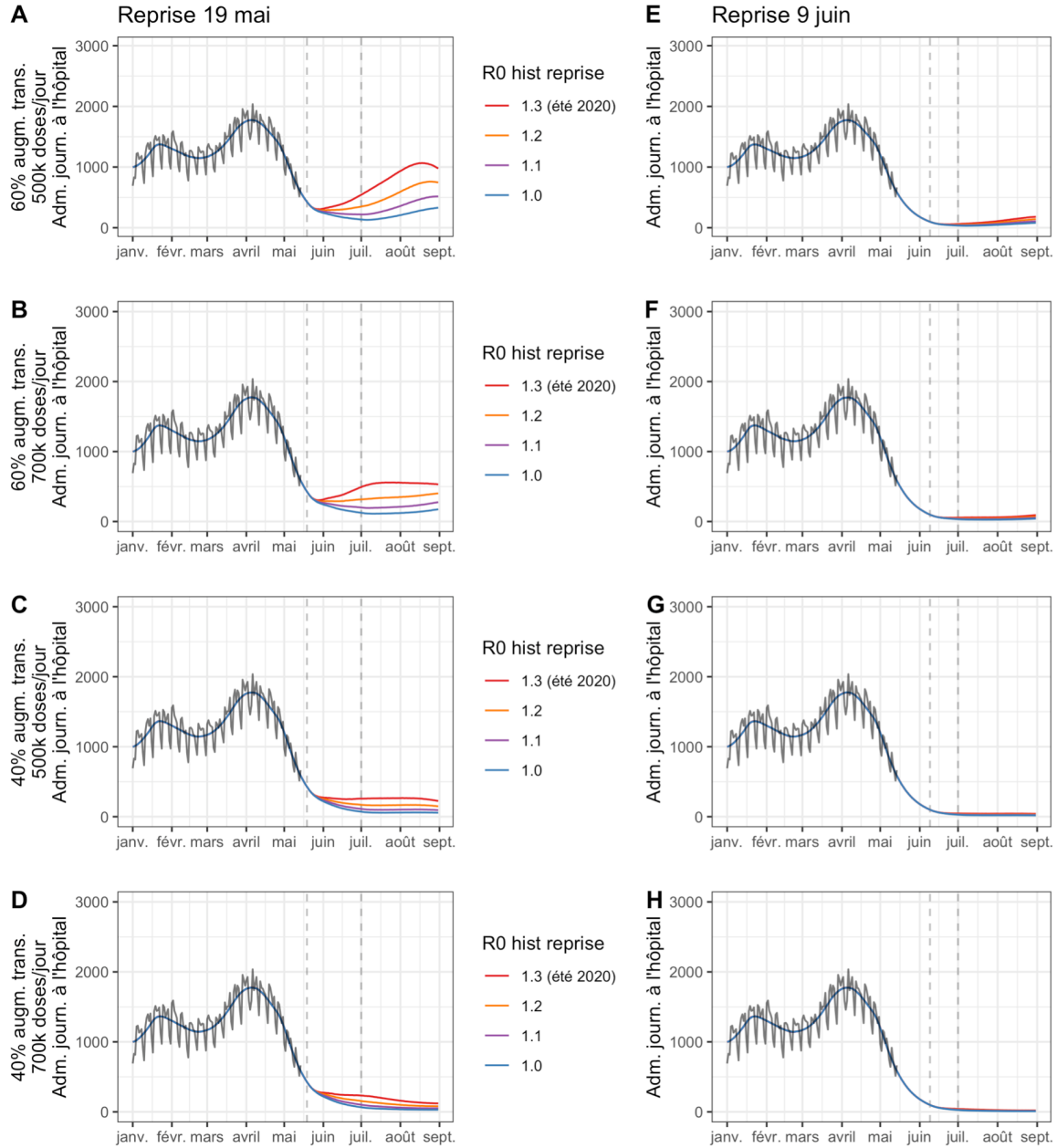
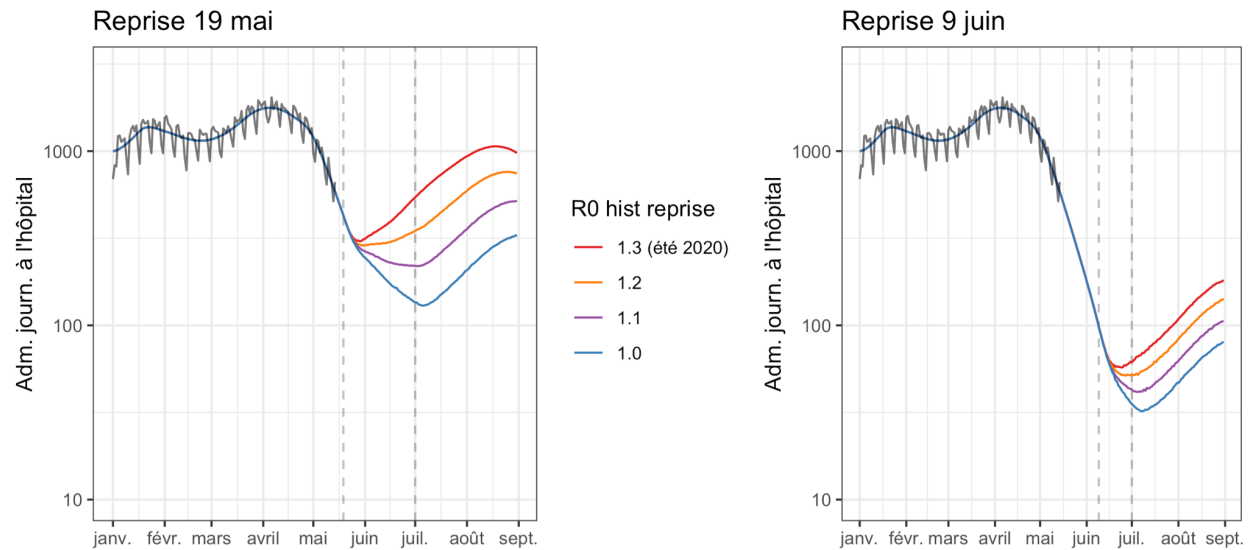


Figure 1: Admissions journalières à l'hôpital anticipées par le modèle en fonction des hypothèses faites sur la date de reprise de l'épidémie (19 mai: colonne de gauche; 9 juin: colonne de droite), sur le rythme de distribution des vaccins (500k doses/jour ou 700k doses/jour) et sur l'augmentation de la transmissibilité du variant B.1.1.7 par rapport au virus historique (scénario de référence à 60%; figures du bas: scénario plus optimiste à 40%). Les lignes de couleurs montrent des scénarios où l'intensité de la transmission est plus ou moins importante entre la date de la reprise de l'épidémie et le 1er juillet ( $R_{0-hist}$  compris entre 1.0 et 1.3; la valeur  $R_{0-hist}=1.3$  correspond aux conditions observées durant l'été 2020; voir méthodes). Dans tous les scénarios, à compter du 1er juillet 2021, le contrôle de l'épidémie est similaire à ce qu'il était durant l'été 2020 ( $R_{0-hist}=1.3$ ; voir méthodes).

Pour mieux comprendre la différence entre les scénarios où la reprise a lieu le 19 mai et ceux où elle a lieu le 9 juin, il est utile de considérer les courbes des Figures 1A et 1E à l'échelle logarithmique:



On observe que, dans tous les scénarios, la croissance des hospitalisations se fait au même rythme durant l'été. La différence entre scénarios tient au nombre d'admissions hospitalières au début de l'été. Dans les scénarios où la reprise a lieu le 9 juin, on part d'un niveau d'hospitalisation très bas qui nous permet d'absorber une augmentation durant l'été.

Les Figures 2 et 3 présentent la dynamique des lits en hospitalisation conventionnelle (Figure 2) et des lits de soins critiques (Figure 3). L'organisation des panneaux est la même que celle de la Figure 1.



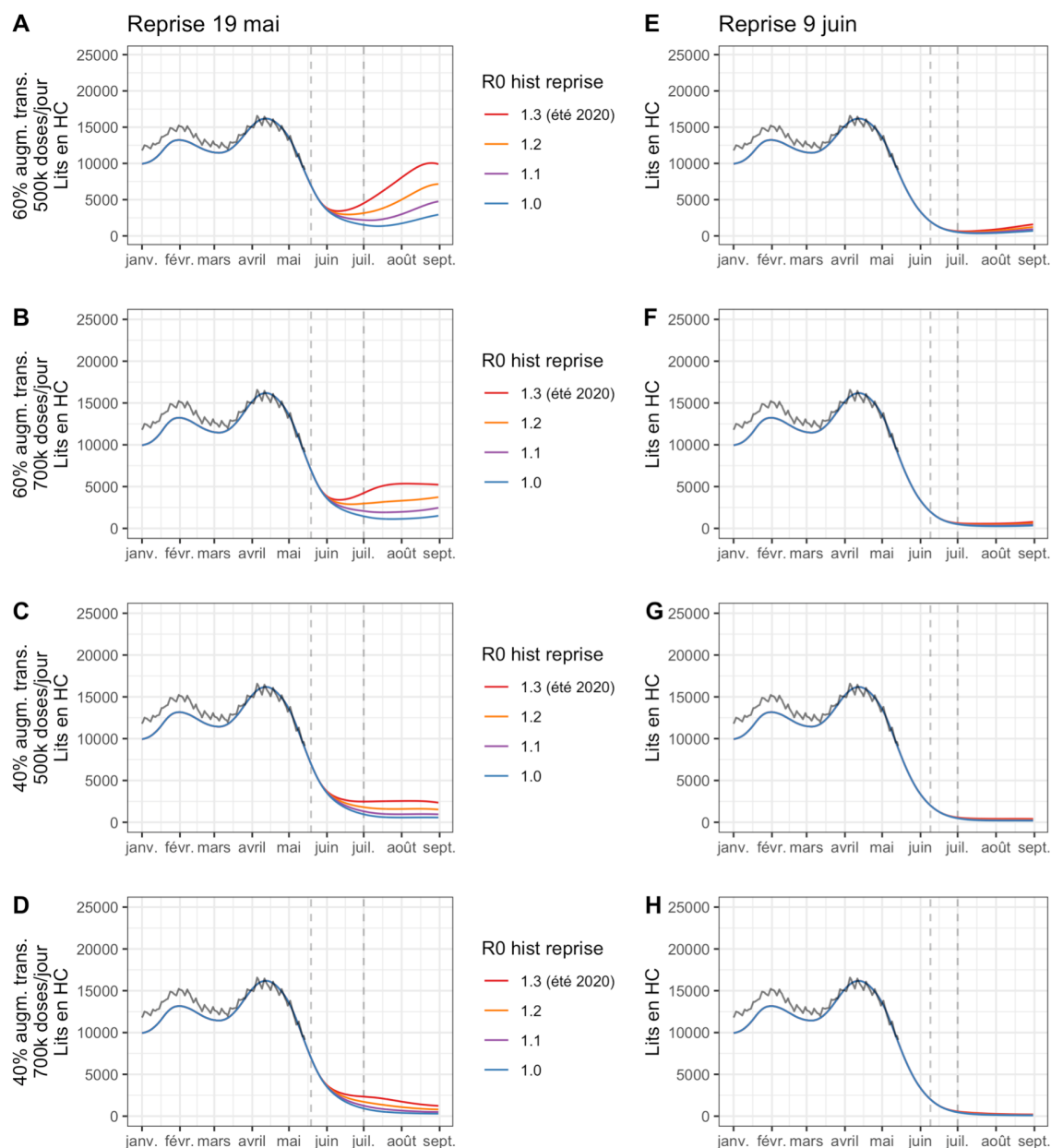


Figure 2: Nombre de lits en hospitalisation conventionnelle anticipés par le modèle en fonction des hypothèses faites sur la date de reprise de l'épidémie (19 mai: colonne de gauche; 9 juin: colonne de droite), sur le rythme de distribution des vaccins (500k doses/jour ou 700k doses/jour) et sur l'augmentation de la transmissibilité du variant B.1.1.7 par rapport au virus historique (scénario de référence à 60%; figures du bas: scénario plus optimiste à 40%). Les lignes de couleurs montrent des scénarios où l'intensité de la transmission est plus ou moins importante entre la date de la reprise de l'épidémie et le 1er juillet ( $R_{0-hist}$  compris entre 1.0 et 1.3; la valeur  $R_{0-hist}=1.3$  correspond aux conditions observées durant l'été 2020; voir méthodes). Dans tous les scénarios, à compter du 1er juillet 2021, le contrôle de l'épidémie est similaire à ce qu'il était durant l'été 2020 ( $R_{0-hist}=1.3$ ; voir méthodes).

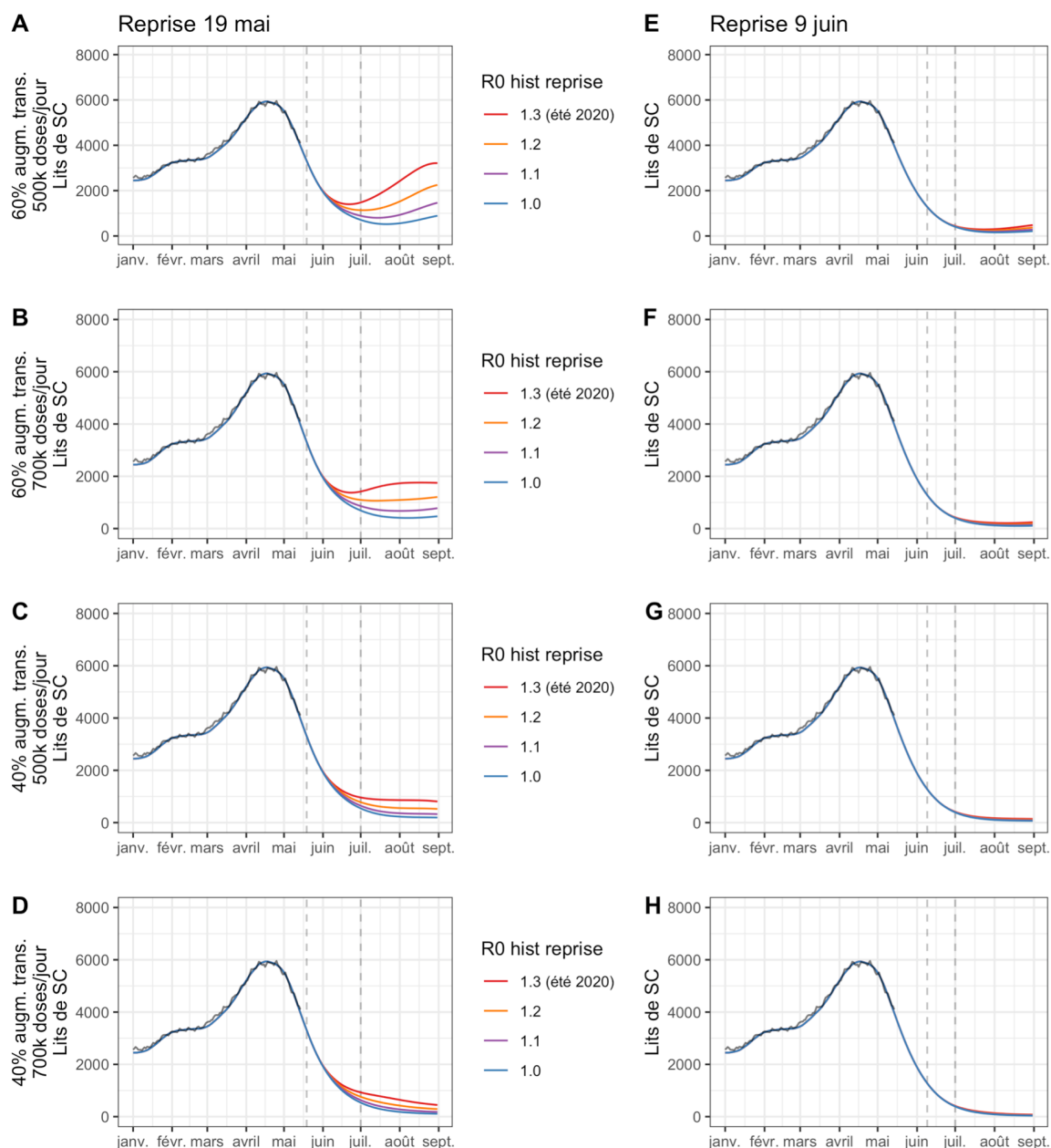


Figure 3: Nombre de lits de soins critiques anticipés par le modèle en fonction des hypothèses faites sur la date de reprise de l'épidémie (19 mai: colonne de gauche; 9 juin: colonne de droite), sur le rythme de distribution des vaccins (500k doses/jour ou 700k doses/jour) et sur l'augmentation de la transmissibilité du variant B.1.1.7 par rapport au virus historique (scénario de référence à 60%; figures du bas: scénario plus optimiste à 40%). Les lignes de couleurs montrent des scénarios où l'intensité de la transmission est plus ou moins importante entre la date de la reprise de l'épidémie et le 1er juillet ( $R_{0-hist}$  compris entre 1.0 et 1.3; la valeur  $R_{0-hist}=1.3$  correspond aux conditions observées durant l'été 2020; voir méthodes). Dans tous les scénarios, à compter du 1er juillet 2021, le contrôle de l'épidémie est similaire à ce qu'il était durant l'été 2020 ( $R_{0-hist}=1.3$ ; voir méthodes).

## Discussion et limites

- **Conclusion:** L'accélération de la décrue de l'épidémie et de la vaccination observée ces dernières semaines nous place dans des conditions favorables pour l'été. Pour éviter un risque de rebond épidémique cet été, il est préférable que la décrue actuelle des infections et hospitalisations soit maintenue pendant encore quelques semaines et que le rythme actuel de vaccination soit maintenu ou augmenté. Sous ces conditions, un niveau bas d'infections au démarrage de l'été permettrait d'absorber une hausse possible des infections durant l'été; le relâchement se ferait à un moment où une plus grande proportion de Français auraient été vaccinés. Dans tous les scénarios explorés, s'il y a un rebond lié au variant B.1.1.7 durant l'été, on s'attend à ce qu'il soit plus petit que la 3ème vague de la pandémie.
- **Discussion et limites:**
  - Nous faisons l'hypothèse que le rythme actuel de vaccination pourra être maintenu voire augmenté dans les semaines et mois qui viennent. Les projections seront dégradées si nous ne réussissons pas à atteindre ces objectifs, par exemple du fait de l'hésitation vaccinale ou du sentiment erroné que la vaccination n'est plus nécessaire car la situation épidémiologique s'améliore.
  - L'automne et l'hiver sont plus propices à la transmission de SARS-CoV-2 que l'été. Le fait que le virus circule peu durant l'été n'écarte donc pas le risque de reprise cet automne. Pour limiter ce risque, il est important de maintenir l'effort de vaccination cet été et s'assurer qu'on atteigne un [niveau de couverture vaccinale élevé](#) à la rentrée.
  - Le modèle est construit en prenant en compte les caractéristiques du variant B.1.1.7 actuellement dominant. Il ne prend pas en compte l'émergence de variants qui pourraient partiellement échapper à la protection conférée par l'infection naturelle ou la vaccination ou pourraient être plus transmissibles que B.1.1.7. La présence de tels variants sur le territoire français pourrait compliquer la situation.
  - Nous faisons l'hypothèse que les personnes infectées par SARS-CoV-2 sont protégées contre la réinfection. Les projections seront dégradées si une proportion de ces personnes perd leur immunité.
  - Il est difficile de quantifier l'impact du climat sur la transmission. Dans ce contexte, nous avons utilisé les conditions de contrôle de l'épidémie durant l'été 2020 pour définir un scénario réaliste de levée partielle des mesures de contrôle dans un contexte estival. Il est probable que les conditions de transmission en mai-juin soient à mi-chemin entre celles de l'hiver et celles de l'été (du fait de facteurs climatiques ou en termes d'interactions sociales). Les projections faites sous l'hypothèse que les conditions de contrôle de l'été 2020 seront mises en œuvre en mai-juin 2021 pourraient donc être trop optimistes. On note toutefois que, durant l'été 2020, le port du masque n'était pas systématique et qu'un nombre plus limité de tests étaient réalisés. Si le relâchement est plus important durant l'été 2021 que durant l'été 2020, la croissance des hospitalisations durant l'été pourrait être plus importante que celle anticipée.
  - Nous avons présenté des projections pour la France métropolitaine. La dynamique de l'épidémie peut varier de façon importante d'une région à l'autre. Certaines régions comme l'Ile-de-France ont [une proportion plus importante de leur population qui a été](#)

[infectée](#) (Hozé et al. 2021), ce qui pourrait en partie les protéger. Cependant, il est probable que ces régions ont été plus impactées car on y trouve des conditions plus propices à la transmission (par exemple densité de population plus élevée). Ces résultats ne s'appliquent pas à la Guyane, où les dynamiques de circulation virale et de vaccination sont différentes.

## Références

- Bager, Peter, Jan Wohlfahrt, Jannik Fonager, Mads Albertsen, Thomas Yssing Michaelsen, Camilla Holten Møller, Steen Ethelberg, et al. 2021. "Increased Risk of Hospitalisation Associated with Infection with SARS-CoV-2 Lineage B.1.1.7 in Denmark." *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3792894>.
- Bosetti, Paolo, Cécile Tran Kiem, Alessio Andronico, Juliette Paireau, Daniel Levy Bruhl, Bruno Lina, Yazdan Yazdanpanah, et al. 2021. "A Race between SARS-CoV-2 Variants and Vaccination: The Case of the B.1.1.7 Variant in France," February. <https://hal-pasteur.archives-ouvertes.fr/pasteur-03149525/document>.
- Davies, Nicholas G., Sam Abbott, Rosanna C. Barnard, Christopher I. Jarvis, Adam J. Kucharski, James D. Munday, Carl A. B. Pearson, et al. 2021. "Estimated Transmissibility and Impact of SARS-CoV-2 Lineage B.1.1.7 in England." *Science* 372 (6538). <https://doi.org/10.1126/science.abg3055>.
- Gaymard, Alexandre, Paolo Bosetti, Adeline Feri, Gregory Destras, Vincent Enouf, Alessio Andronico, Sonia Burrel, et al. 2021. "Early Assessment of Diffusion and Possible Expansion of SARS-CoV-2 Lineage 20I/501Y.V1 (B.1.1.7, Variant of Concern 202012/01) in France, January to March 2021." *Euro Surveillance: Bulletin Européen Sur Les Maladies Transmissibles = European Communicable Disease Bulletin* 26 (9). <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2021.26.9.2100133>.
- Hozé, Nathanaël, Juliette Paireau, Nathanaël Lapidus, Cécile Tran Kiem, Henrik Salje, Gianluca Severi, Mathilde Touvier, et al. 2021. "Monitoring the Proportion of the Population Infected by SARS-CoV-2 Using Age-Stratified Hospitalisation and Serological Data: A Modelling Study." *The Lancet. Public Health*, April. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(21\)00064-5](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(21)00064-5).
- Salje, Henrik, Cécile Tran Kiem, Noémie Lefrancq, Noémie Courtejoie, Paolo Bosetti, Juliette Paireau, Alessio Andronico, et al. 2020. "Estimating the Burden of SARS-CoV-2 in France." *Science* 369 (6500): 208–11.
- Tran Kiem, Cécile, Clément Massonnaud, Daniel Levy-Bruhl, Chiara Poletto, Vittoria Colizza, Paolo Bosetti, Arnaud Fontanet, et al. 2021. "Short and Medium-Term Challenges for COVID-19 Vaccination: From Prioritisation to the Relaxation of Measures," April. <https://hal-pasteur.archives-ouvertes.fr/pasteur-03190243/document>.
- Volz, Erik, Swapnil Mishra, Meera Chand, Jeffrey C. Barrett, Robert Johnson, Lily Geidelberg, Wes R. Hinsley, et al. 2021. "Assessing Transmissibility of SARS-CoV-2 Lineage B.1.1.7 in England." *Nature*, March. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03470-x>.