

# **Impact de différents types de confinements et stratégies de sortie sur l'épidémie de COVID-19 dans le contexte d'émergence du variant VOC et de la vaccination en France**

8 février 2021

Paolo Bosetti, Alessio Andronico, Cécile Tran Kiem, Simon Cauchemez  
Unité de Modélisation Mathématique des Maladies Infectieuses, Institut Pasteur  
Correspondance: [simon.cauchemez@pasteur.fr](mailto:simon.cauchemez@pasteur.fr)

**AVERTISSEMENTS: Ces scénarios sont faits dans l'urgence sur la base de données incomplètes et d'hypothèses incertaines. La propagation du virus SARS-CoV-2 reste difficile à anticiper; et la dynamique de l'épidémie peut changer rapidement. L'émergence du variant VOC augmente encore les incertitudes.**

## **Objectifs**

Nous faisons une mise à jour de nos scénarios en y intégrant l'impact attendu de la vaccination sur l'épidémie COVID-19. Nous présentons des scénarios de trajectoire pour le nombre de cas et les hospitalisations COVID-19, pour différents types de confinements, stratégies de sortie du confinement et stratégies vaccinales, dans le contexte d'émergence du variant VOC en France métropolitaine.

## **Résumé des principaux résultats**

- Le variant VOC devrait devenir dominant début mars, entraînant une augmentation du taux de transmission des virus SARS-CoV-2 et une dégradation de la situation épidémiologique.
- L'impact de la campagne de vaccination sur la courbe des hospitalisations devrait se faire sentir dès le mois de mars, conduisant à un ralentissement de la dynamique des hospitalisations par rapport à ce qui serait attendu sans vaccin.
- Cependant, dans un scénario où le couvre-feu serait maintenu sans renforcement des mesures de contrôle, l'impact de la vaccination ne serait pas suffisant pour contrer l'impact du variant VOC et l'on pourrait s'attendre à ce que les hospitalisations dépassent début avril 2021 les niveaux observés au pic de la deuxième vague.
- Un confinement allégé de 6 semaines aurait un impact relativement similaire à un confinement strict de 4 semaines, qu'on considère le nombre total d'hospitalisations prédites sur la période étudiée ou la trajectoire en sortie du confinement.
- Par ailleurs, un confinement strict d'une durée de 6 semaines serait susceptible de repousser la reprise de l'épidémie à la sortie du confinement à un moment où une proportion plus importante de la population aura été vaccinée. Dans ce cas, la croissance des hospitalisations serait plus faible que dans les autres scénarios.
- Ces résultats sont sensibles aux hypothèses faites notamment sur le taux de transmission durant le couvre-feu, l'augmentation du taux de transmission associée au variant VOC, l'efficacité du vaccin, le calendrier de vaccination et les populations cibles, l'efficacité du Tester-Tracer-Isoler, l'intensité de la reprise à la sortie du confinement, et

l'impact du climat sur la transmission. Le modèle ne prend en compte l'émergence de variants pour lesquels l'efficacité du vaccin est limitée, comme les variants Sud Africain et Brésilien.

## Construction des scénarios

### Modèle

Nous utilisons un modèle mathématique développé pour décrire l'impact de stratégies vaccinales sur la trajectoire de l'épidémie COVID-19 et le système de santé. Une description détaillée du modèle est fournie dans (Tran Kiem et al. 2020) et (Salje et al. 2020). En bref, le modèle décrit la dynamique de transmission de SARS-CoV-2 dans les différents groupes d'âge et de comorbidités de la population française. Il est utilisé par la Haute Autorité de Santé pour informer la définition de stratégies de vaccination optimales. Le modèle a été adapté pour prendre en compte l'émergence du variant VOC en France.

### Hypothèses et scénarios

- **Stratégie de vaccination:** Dans le cadre de cette analyse, nous étudions l'impact qu'une vaccination priorisée par ordre décroissant d'âge pourrait avoir sur le système de santé et le nombre de cas. Nous prenons en compte les contraintes imposées par le délai entre les doses (21 jours pour les vaccins à ARNm et 42 jours pour le vaccin AstraZeneca), 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). Conformément aux recommandations de la Haute Autorité de Santé, nous considérons que le vaccin AstraZeneca est distribué prioritairement aux moins de 65 ans. Le calendrier de livraison (en millions de doses) utilisé est détaillé dans le tableau suivant :

Mois	Février	Mars	Avril	Mai
Pfizer/BioNTech	2.5	4	10.3	10.3
Moderna	0.5	0.8	1.7	1.7
AstraZeneca	2.5	3.3	4.2	4.2

Nous faisons l'hypothèse d'un taux de perte de 5% par rapport au calendrier détaillé ci-dessus. Nous fixons le taux d'adhésion à 70% pour tous les groupes d'âge.

- **Hypothèses concernant l'efficacité du vaccin:** Dans notre scénario de référence, 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 30% sur la transmission. Nous

présentons également un scénario où les vaccins n'ont pas d'effet sur la transmission et réduisent uniquement le risque de formes sévères de 90% chez les personnes vaccinées. Dans tous nos scénarios, l'efficacité vaccinale est atteinte 15 jours après la distribution de la première dose.

- *Hypothèses concernant le rythme de distribution des doses:* Nous explorons plusieurs scénarios concernant le rythme de distribution des doses de vaccin. Les scénarios prennent en compte une montée en charge du rythme de distribution des doses de vaccin à ARNm à partir du mois d'Avril, lorsque davantage de doses seront disponibles. Les valeurs utilisées dans le scénario de référence et dans un scénario moins optimiste concernant le rythme de distribution sont détaillées dans le tableau suivant.

	Vaccins à ARNm		Vaccin AstraZeneca
	Jusque début avril	Après début avril	
Scénario de référence	100,000 doses / jour	400,000 doses / jour	125,000 doses / jour
Scénario avec un rythme de distribution plus faible (LP2)	100,000 doses / jour	200,000 doses / jour	100,000 doses / jour
Scénario avec un rythme de distribution beaucoup plus faible (LP1)	100,000 doses / jour	100,000 doses / jour	100,000 doses / jour

Nos 3 scénarios conduisent à atteindre une couverture vaccinale de 60% chez les plus de 75 ans le 23 Mars 2021, ce qui est légèrement plus favorable que les projections du Ministère (60% des plus de 75 ans ayant reçu une première dose la semaine du 5 avril). Ceci s'explique par le fait que nous considérons une stratégie de vaccination fondée uniquement sur l'âge ne priorisant pas les individus plus à risques (en population générale ou parmi les personnels de santé). Nous réservons 1.6 millions de doses des vaccins à ARNm pour les personnels de santé. En pratique, l'impact de la vaccination, notamment durant les premiers mois de la campagne, est donc susceptible d'être plus faible si la vitesse de vaccination des groupes les plus à risques est plus lente que dans nos scénarios.

	Date à laquelle 60% des plus de 75 ans a reçu une première dose	Date à laquelle 70% des plus de 75 ans a reçu une première dose
Scénario de référence	23 Mars 2021	1 Avril 2021
Scénario avec un rythme de distribution plus faible (LP1)	23 Mars 2021	2 Avril 2021
Scénario avec un rythme de distribution beaucoup plus faible (LP2)	23 Mars 2021	19 Avril 2021

- **Dynamique actuelle du virus historique (non-VOC):** Dans notre scénario de référence, nous faisons l'hypothèse que le nombre de reproduction effectif pour le virus historique est actuellement égal à 0.95. Nous présentons également des scénarios pour 0.9 et 1.0.
- **Prévalence et dynamique du variant VOC:** Nous faisons l'hypothèse que la prévalence de VOC parmi les cas était de 3.3% le 8 janvier comme estimé dans l'enquête Flash 1 et que le taux de transmission du variant VOC est 50% supérieur à celui du virus historique, en accord avec les données anglaises (Volz et al. 2021). Cela donne une prévalence de VOC le 27 janvier de 13%, ce qui est proche des estimations préliminaires fournies par l'enquête Flash 2. Nous explorons également des scénarios où le taux de transmission du variant VOC est 40% et 70% supérieur à celui du virus historique.
- **Scénarios de confinement:** Nous considérons des confinements d'une durée de 4 ou 6 semaines, commençant le 15 février ou le 1er mars. Nous considérons plusieurs types de mesures:
  - **Absence de confinement:** Le couvre-feu est maintenu en l'état jusqu'au 15 mars ou le 29 mars. Par ailleurs, nous faisons l'hypothèse que les vacances et les mesures décidées le 29 janvier n'impactent pas la dynamique épidémique.
  - **Confinement strict** conduisant à un taux de transmission similaire à celui mesuré durant le confinement de mars-avril 2020 (voir Annexes).
  - **Confinement allégé** conduisant à un taux de transmission similaire à celui mesuré durant le confinement de novembre 2020 (voir Annexes).
- **Scénarios de sortie de confinement/couvre-feu:** Nous explorons l'impact de 2 scénarios de sortie de confinement ou de couvre-feu:
  - **Intensité de la reprise à la sortie du confinement - légère:** A la sortie du confinement, nous faisons l'hypothèse que l'assouplissement des mesures de contrôle conduit à une augmentation de 16% du taux de transmission du virus historique par rapport à sa valeur durant le couvre-feu ( $R_{\text{eff-non-VOC}}=1.1$  au lieu de 0.95) (scénario de référence).
  - **Intensité de la reprise à la sortie du confinement - intermédiaire:** A la sortie du confinement, nous faisons l'hypothèse que l'assouplissement des mesures de contrôle conduit à une augmentation de 26% du taux de transmission du virus historique par rapport à sa valeur durant le couvre-feu ( $R_{\text{eff-non-VOC}}=1.2$  au lieu de 0.95) .

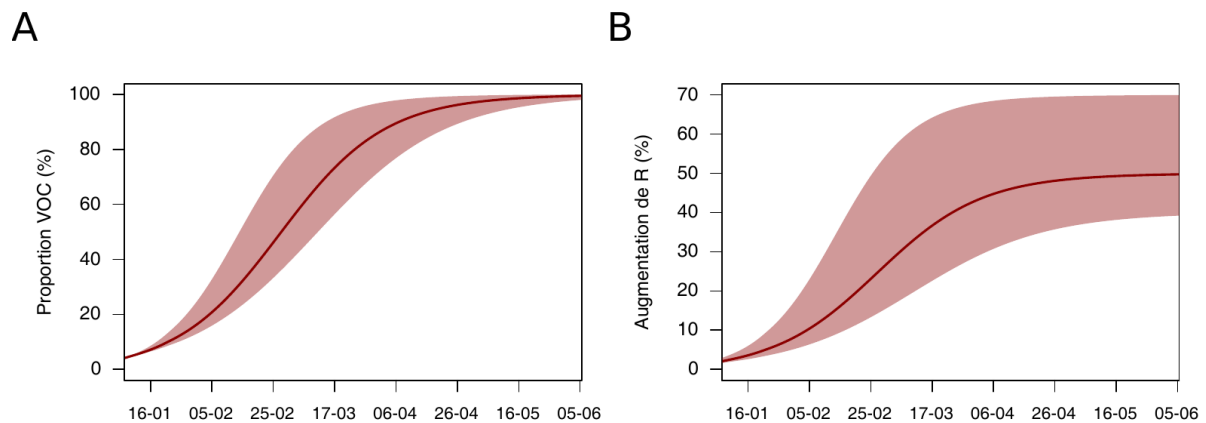
- **Amélioration du Tester-Tracer-Isoler:** Dans notre scénario de référence, nous ne prenons pas en compte l'impact d'une amélioration possible du Tester-Tracer-Isoler. Dans une étude de sensibilité, nous montrons comment les trajectoires peuvent être modifiées si l'on réussit à réduire le taux de transmission de 20% grâce à un renforcement du Tester-Tracer-Isoler. Nous faisons l'hypothèse que ce renforcement se fait au démarrage du confinement.

En résumé, notre scénario de référence est défini par les hypothèses suivantes: la dynamique actuelle de l'épidémie est caractérisée par un nombre de reproduction effectif pour le virus historique égal à 0.95; le variant VOC est 50% plus transmissible que le variant historique avec une prévalence de 3.3% le 7 janvier; un confinement strict de 4 semaines est mis en place le 1er mars; à la sortie du confinement, l'intensité de la reprise est légère, avec une augmentation de 16% du taux de transmission du virus historique par rapport à sa valeur durant le couvre-feu; l'amélioration du Tester-Tracer-Isoler ne conduit pas à une réduction notable du taux de transmission; les vaccins ont une efficacité de 90% contre les formes graves et 30% contre la transmission. Nous faisons ensuite varier ces hypothèses.

## Résultats

### *Dynamique du variant VOC*

On s'attend à ce que la prévalence du variant parmi les cas augmente progressivement pour atteindre 52% (38%, 77%) le 1er mars et 87% (72%, 97%) le 1 avril (Figure 1A), selon que l'augmentation du taux de transmission liée à VOC est de 50% (40%, 70%). Comme ce variant est plus transmissible que le virus historique, ce phénomène de pénétration du variant est accompagné par une hausse du taux de transmission global des virus SARS-CoV-2: le taux de transmission des virus SARS-CoV-2 devrait être 26% (15%, 54%) et 43% (29%, 68%) plus élevés le 1er mars et 1er avril que ce qu'il aurait été en l'absence de VOC (Figure 1B).



*Figure 1: Proportion de VOC parmi les cas (A) et augmentation du taux de transmission des virus SARS-CoV-2 du fait de l'augmentation de la prévalence de VOC, par rapport à une situation où VOC ne circulerait pas (B). Ces projections sont présentées sous l'hypothèse que le taux de transmission de VOC est 50% (trait gras, scénario de référence), 40% (borne inférieure) et 70% (borne supérieure) supérieur à celui du variant historique.*

### **Une course entre le variant VOC et la vaccination**

La Figure 2 compare la trajectoire attendue de l'épidémie avec et sans vaccin dans un scénario où le couvre-feu est maintenu jusqu'à la fin mars et dans un scénario où un confinement strict d'un mois est mis en œuvre le 1er mars. Du fait de la faible proportion de vaccinés au début de la campagne, la trajectoire du nombre de cas durant le printemps est peu impactée par la vaccination (Figure 2B). En revanche, les hospitalisations sont fortement réduites car les doses sont distribuées en priorité aux populations fragiles qui contribuent de façon disproportionnée aux hospitalisations (Figure 2A).

Pour rappel, nous considérons une stratégie de vaccination fondée uniquement sur l'âge et ne prenant pas en compte la vaccination de personnes plus jeunes à risques durant les premiers mois de la campagne. En outre, nous considérons un taux d'adhésion de la population de 70%, ce qui reste une hypothèse optimiste en se référant aux dernières enquêtes d'opinion. Ces trajectoires représentent donc un scénario favorable concernant l'impact de la campagne de vaccination sur le système de santé. En pratique, l'impact de la campagne actuelle est susceptible d'être intermédiaire entre les scénarios avec et sans vaccination présentés en Figure 2.

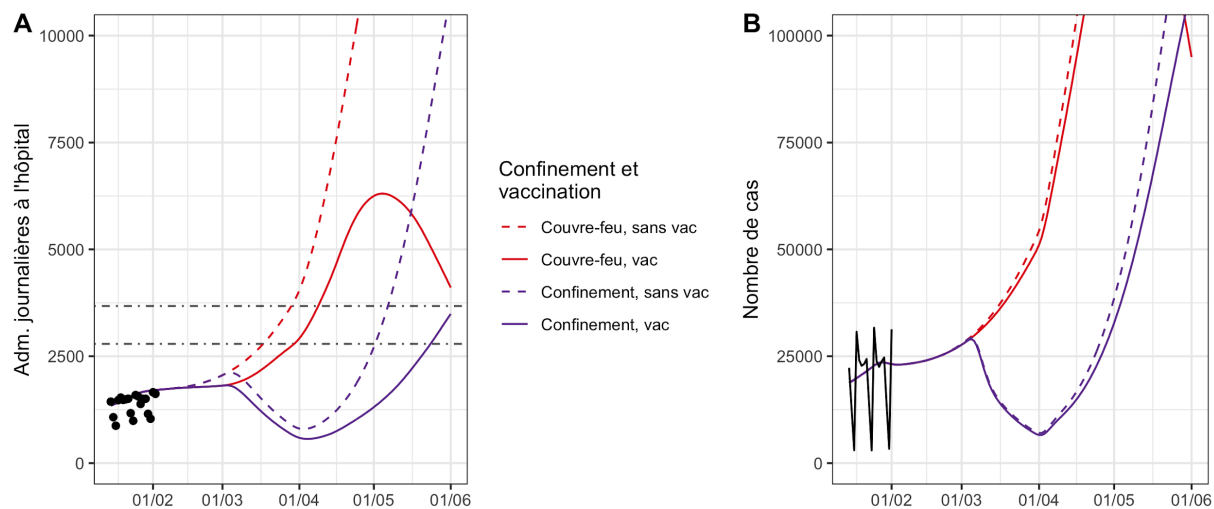


Figure 2: Comparaison des dynamiques épidémiques avec et sans vaccination, pour i) un scénario où un confinement strict de 4 semaines est mis en œuvre le 1er mars (courbes violettes) et i) un scénario où le couvre-feu est maintenu jusqu'au 29 mars (courbes rouges). A la sortie du confinement et du couvre-feu, nous faisons l'hypothèse que l'assouplissement des mesures de contrôle conduit à une augmentation de 16% du taux de transmission du virus historique par rapport à sa valeur durant le couvre-feu. Les traits pointillés dans le panneau A correspondent aux niveaux d'hospitalisations observés aux pics de la première (haut) et de la deuxième (bas) vague.

### Scénarios avec différents types de confinement

La Figure 3 montre comment des confinements de différents types (stricts ou allégés), durées (4 ou 6 semaines) et dates de démarrage (15 février ou le 1er mars) peuvent impacter la trajectoire de l'épidémie.

Pour une même durée d'implémentation, le confinement strict fait descendre le nombre d'hospitalisations à un niveau substantiellement plus bas que le confinement allégé (Figure 3). En conséquence, lorsque l'épidémie reprend en sortie, il faut davantage de temps pour que le nombre d'hospitalisations atteigne le niveau qui a été observé au pic de la deuxième vague (décalage de 3 semaines dans le scénario d'un confinement de 4 semaines démarrant le 15 février). Par ailleurs, le nombre total d'hospitalisations sur la période d'étude est substantiellement plus faible avec un confinement strict qu'un confinement allégé (Table 1).

Un confinement allégé de 6 semaines a un impact relativement similaire à un confinement strict de 4 semaines, qu'on considère la trajectoire en sortie du confinement (Figure 3) ou le nombre total d'hospitalisations prédites sur la période étudiée (Table 1).

Par ailleurs, un confinement strict d'une durée de 6 semaines est susceptible de repousser la reprise de l'épidémie à un moment où une proportion plus importante de la population aura été vaccinée, si bien que la croissance des hospitalisations sera plus faible que dans les autres scénarios (Figure 3).

La trajectoire de l'épidémie est nettement plus défavorable en l'absence de confinement (courbes rouges dans la Figure 3 et Table 1).

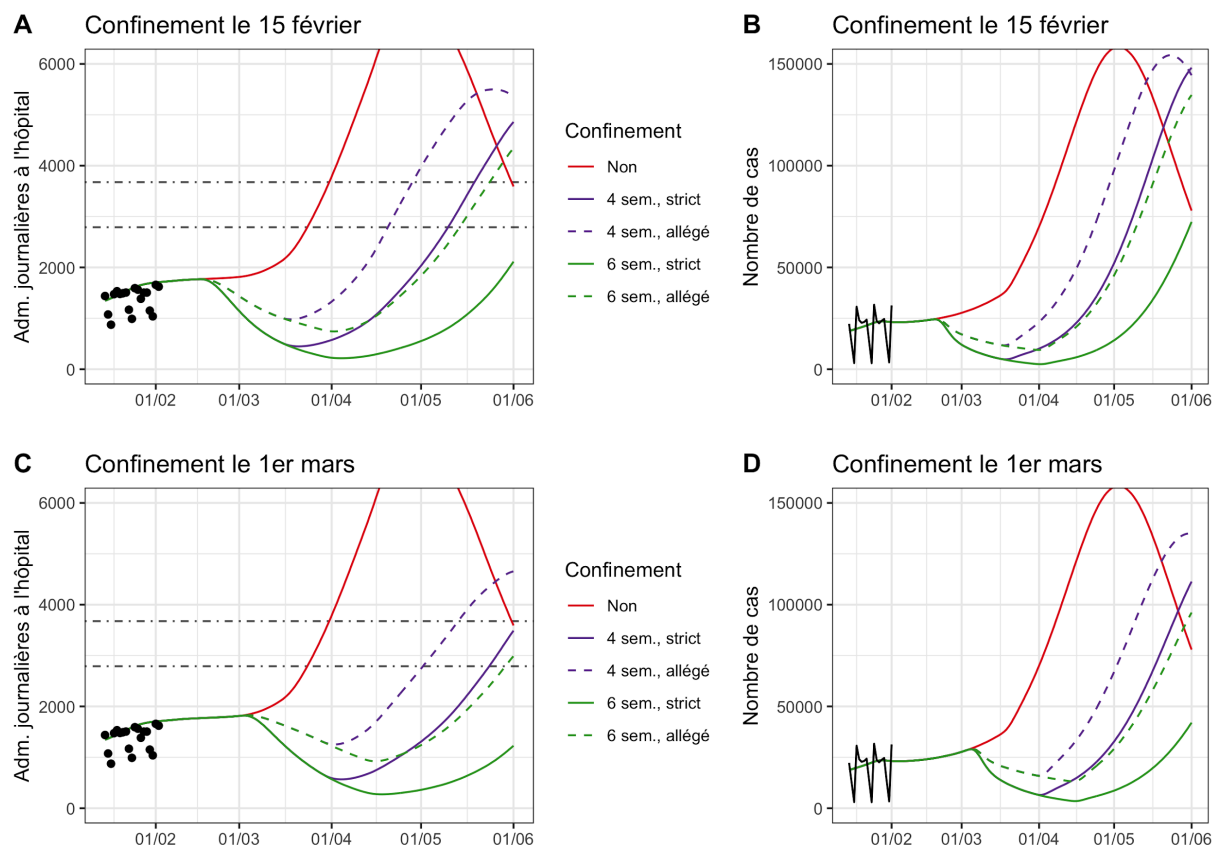


Figure 3: Nombre de cas et d'hospitalisations pour des confinements stricts ou allégés, pour une durée de 4 ou 6 semaines, mis en place le 15 février (panneaux A, B) ou le 1er mars (panneaux C, D). La courbe rouge montre la trajectoire si le couvre-feu est maintenu jusqu'au 15 mars. A la sortie du confinement et du couvre-feu, nous faisons l'hypothèse que l'assouplissement des mesures de contrôle conduit à une augmentation de 16% du taux de transmission du virus historique par rapport à sa valeur durant le couvre-feu. Les traits pointillés dans les panneaux A et C correspondent aux niveaux d'hospitalisations observés aux pics de la première (haut) et de la deuxième (bas) vague.



*Table 1: Nombre total d'hospitalisations du 15 janvier au 1er juin selon le type d'intervention mise en place.*

		Nombre cumulé d'hospitalisations du 15 janvier au 1er juin (en milliers)	
	Durée	Confinement strict	Confinement allégé
Démarrage le 15 février	4 semaines	236	344
	6 semaines	137	237
Démarrage le 1er mars	4 semaines	212	301
	6 semaines	147	221
Couvre-feu	Maintenu jusqu'au 15 mars	510	

### **Hypothèses sur l'intensité de la reprise en sortie de confinement, sur l'impact du Tester-Tracer-Isoler et sur la dynamique actuelle de l'épidémie**

De façon générale, les résultats des modèles sont très sensibles aux hypothèses faites sur la valeur du taux de transmission durant le couvre-feu, le confinement ou la sortie du confinement.

Par exemple, dans notre scénario de référence, nous faisons l'hypothèse qu'à la sortie du confinement, le taux de transmission du virus historique serait 16% supérieur à sa valeur pendant le couvre-feu ( $R_{eff}=1.1$  au lieu de 0.95). Pour cela, les mesures de contrôle en sortie de confinement devraient rester fortes. Si ces mesures étaient davantage relâchées, conduisant à un taux de transmission pour le virus historique 26% plus élevé à la sortie du confinement que pendant le couvre-feu ( $R_{eff}=1.2$  au lieu de 0.95), la situation épidémique en sortie de confinement serait dégradée (Figure 4). Cela souligne que les marges de manœuvre pour relâcher les mesures de contrôle restent limitées.

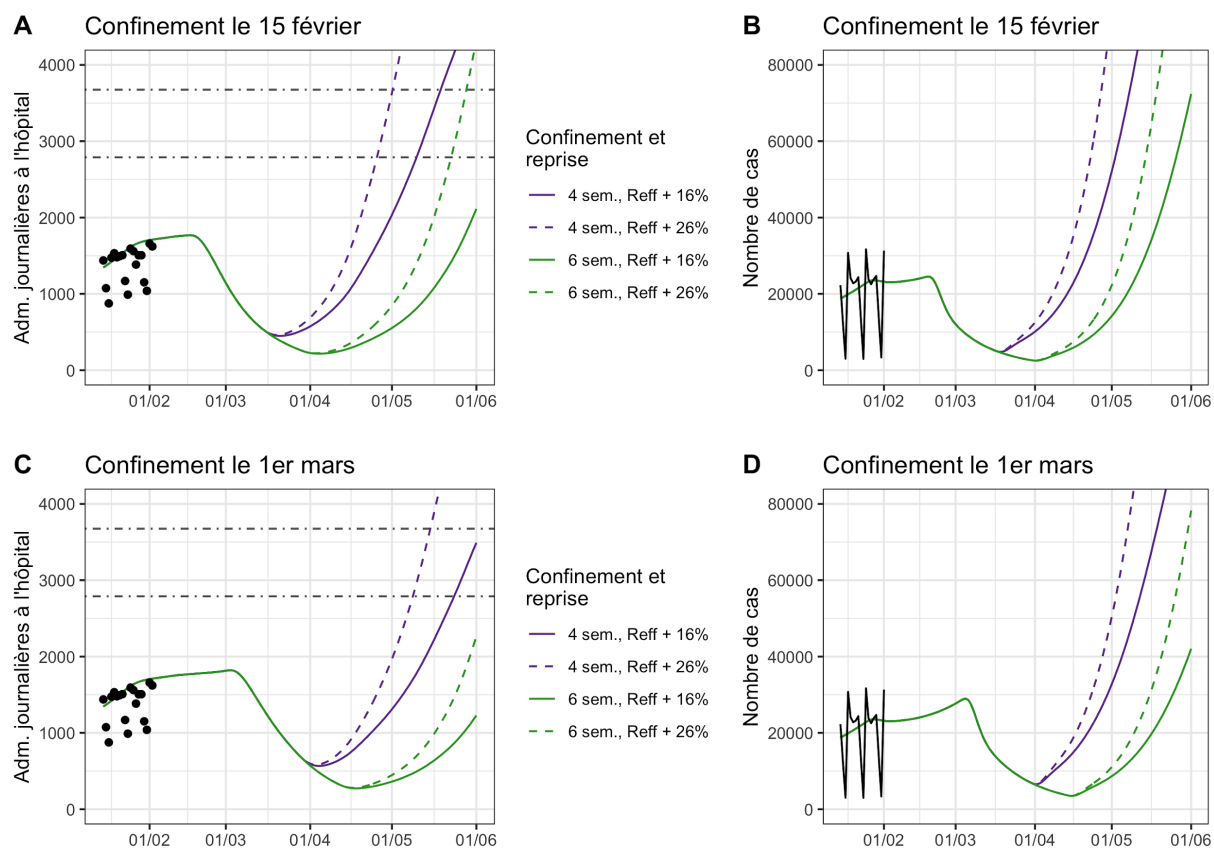


Figure 4: Trajectoire de l'épidémie selon l'intensité de la reprise de l'épidémie à la sortie du confinement, pour un confinement strict de 4 ou 6 semaines démarrant le 15 février (panneaux A, B) ou le 1er mars (panneaux C, D). A la sortie du confinement, nous faisons l'hypothèse que l'assouplissement des mesures de contrôle conduit à une augmentation de 16% ou 26% du taux de transmission du virus historique par rapport à sa valeur durant le couvre-feu. Les traits pointillés dans les panneaux A et C correspondent aux niveaux d'hospitalisations observés aux pics de la première (haut) et de la deuxième (bas) vague.

Si l'amélioration du Test-Tracer-Isoler pouvait réduire de 20% le taux de transmission du virus dès la mise en œuvre du confinement, cela conduirait à un meilleur contrôle de la reprise de l'épidémie, permettant un relâchement plus important des mesures de contrôle en sortie de confinement (Figure 5).

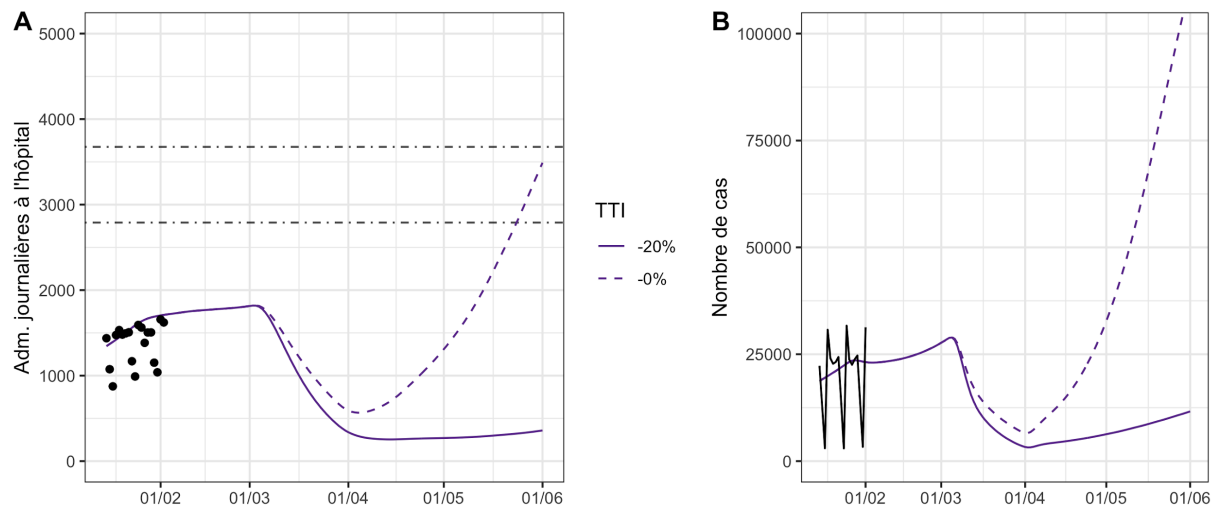


Figure 5: Impact d'une réduction de 20% du taux de transmission sur la trajectoire de l'épidémie grâce à une amélioration du Tester-Tracer-Isoler (TTI), pour un confinement strict de 4 semaines démarrant le 1er mars. Les traits pointillés dans le panneau A correspondent aux niveaux d'hospitalisations observés aux pics de la première (haut) et de la deuxième (bas) vague.

La Figure 6 montre comment de petites variations du taux de transmission durant le couvre-feu peuvent impacter les projections. Si le taux de transmission durant le couvre-feu est légèrement supérieur à l'hypothèse dans notre scénario de référence, la nécessité d'un confinement sera encore plus importante.

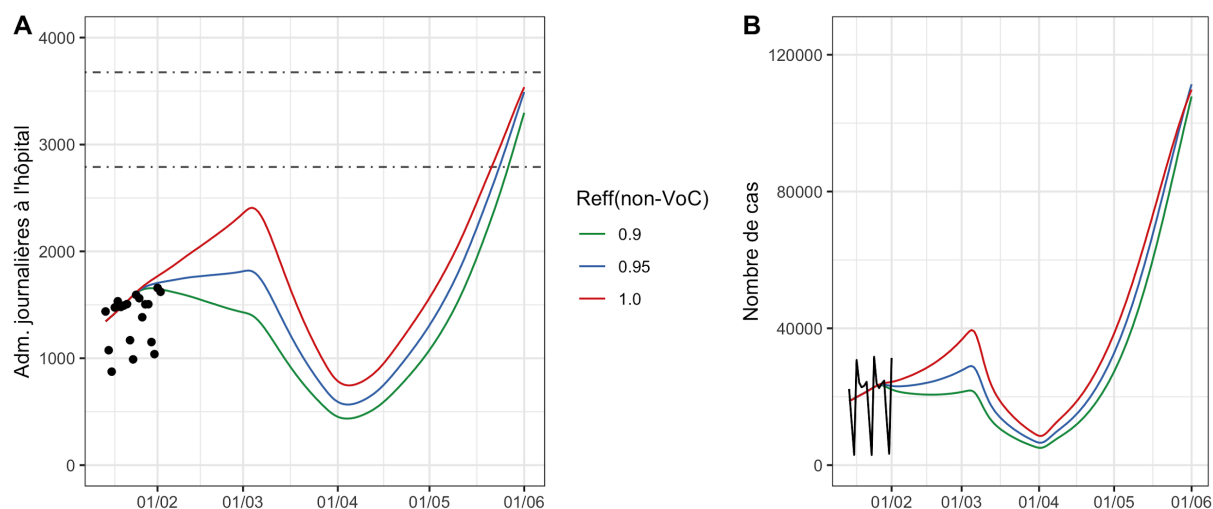
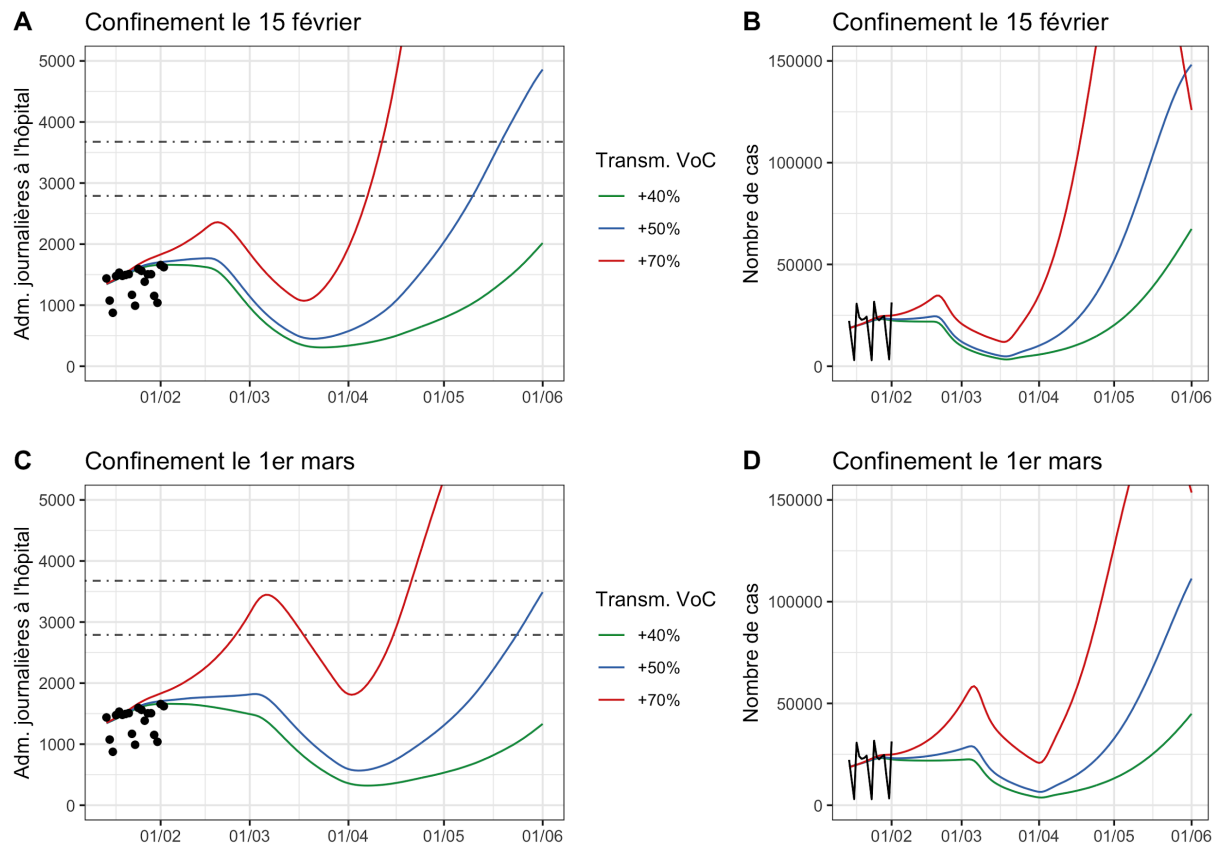


Figure 6: Trajectoires de l'épidémie sous l'hypothèse que la valeur du nombre de reproduction du virus historique durant le couvre-feu est 0.95 (scénario de référence), 0.9 et 1.0, pour un confinement strict de 4 semaines démarrant le 1er mars. Les traits pointillés dans le panneau A correspondent aux niveaux d'hospitalisations observés aux pics de la première (haut) et de la deuxième (bas) vague.

### Hypothèses sur l'augmentation de la transmission liée au variant VOC

Dans notre scénario de référence, nous faisons l'hypothèse que le variant VOC est 50% plus transmissible que le virus historique mais des valeurs comprises entre 40% et 70% sont possibles. Les projections sont plus défavorables dans le scénario d'une augmentation de 70% même si l'on note qu'une re-calibration du modèle serait nécessaire pour reproduire correctement la situation actuelle (ce que nous n'avons pas pu faire dans le temps imparti) (Figure 7). Dans ce dernier scénario, l'impact du confinement le 15 février est nettement plus important que celui d'un confinement le 1<sup>er</sup> mars.



*Figure 7: Trajectoires de l'épidémie dans des scénarios où le variant VOC augmente le taux de transmission de 50% (référence), 40% ou 70%, pour un confinement strict de 4 semaines démarrant le 15 février ou le 1er mars. Les traits pointillés dans le panneau A correspondent aux niveaux d'hospitalisations observés aux pics de la première (haut) et de la deuxième (bas) vague.*

### Impact du rythme de vaccination

Nous anticipons une accélération du rythme de la vaccination courant avril. Si cette accélération est moins importante que prévue, la situation sera dégradée.

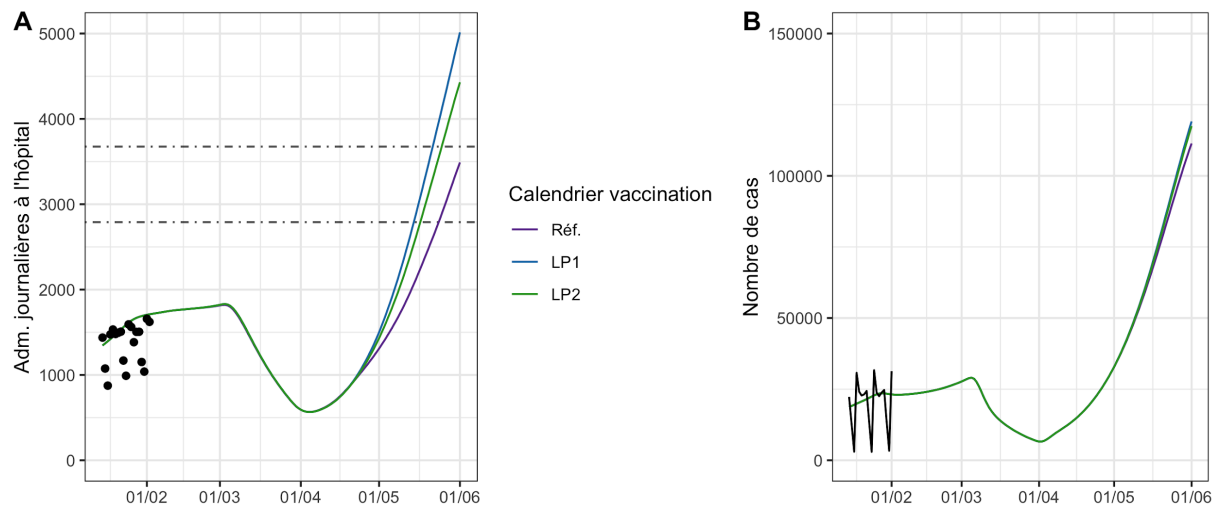


Figure 8: Trajectoires de l'épidémie i) lorsque le rythme de vaccination s'accélère comme prévu en Avril (Réf) et dans des scénarios où ii) il n'y a pas d'accélération (LP1) et où iii) l'on passe à 200,000 doses par jour pour les vaccins ARNm sans changements pour Astra Zeneca (LP2), pour un confinement strict de 4 semaines démarrant le 1er mars. Les traits pointillés dans le panneau A correspondent aux niveaux d'hospitalisations observés aux pics de la première (haut) et de la deuxième (bas) vague.

## Impact du vaccin sur la transmission

A ce stade de la campagne de vaccination, l'impact du vaccin est de protéger les fragiles plutôt que de réduire le niveau de circulation dans la population. En conséquence, les résultats sont peu impactés lorsqu'on fait l'hypothèse que le vaccin ne réduit pas le risque de transmission (Figure 9).

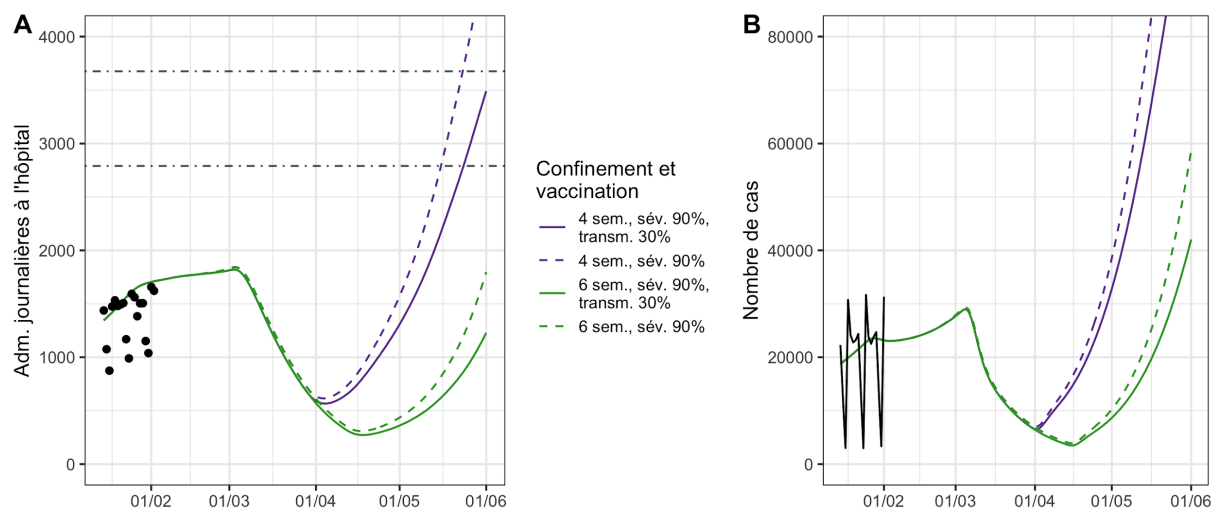


Figure 9: Comparaison des trajectoires lorsqu'on fait l'hypothèse que i) le vaccin réduit uniquement le risque de survenue de formes graves de 90% sans impacter la transmission; et dans un scénario où il réduit également le risque de transmission de 30% (sév.90%, transm. 30%; scénario de référence). Nous considérons un confinement strict de 4 semaines démarrant le 1er mars. A la sortie du confinement, nous faisons l'hypothèse que l'assouplissement des mesures de contrôle conduit à une augmentation de 16% du taux de transmission du virus historique par rapport à sa valeur durant le couvre-feu. Les traits pointillés dans le panneau A correspondent aux niveaux d'hospitalisations observés aux pics de la première (haut) et de la deuxième (bas) vague.

## Limites

- Impact de la vaccination:** Nous considérons une stratégie de vaccination fondée uniquement sur l'âge et ne prenant pas en compte la vaccination de personnes plus jeunes à risques durant les premiers mois de la campagne. En outre, nous considérons un taux d'adhésion de la population de 70%, ce qui reste une hypothèse optimiste en se référant aux dernières enquêtes d'opinion. Ces trajectoires représentent donc un scénario favorable concernant l'impact de la campagne de vaccination sur le système de santé. Par ailleurs

nous ne prenons pas en compte l'émergence possible de variants contre lesquels l'efficacité du vaccin serait plus faible.

- **Variant VOC:** Il continue à y avoir des incertitudes importantes sur le variant VOC. Nous ne prenons pas en compte le fait que la distribution du variant sur le territoire est hétérogène. Nous ne prenons pas en compte une possible augmentation de la sévérité associée au variant.
- **Impact des vacances, des nouvelles mesures annoncées:** Nos modèles ne prennent pas en compte l'effet possible des vacances de février ou des mesures annoncées le 29 janvier sur le taux de transmission de SARS-CoV-2. Nous faisons l'hypothèse que le taux de transmission du virus historique va rester stable pendant toute la période du couvre-feu.
- **Impact des différents types de confinements:** Nous faisons l'hypothèse que la mise en œuvre des mêmes mesures produira les mêmes effets sur la transmission des variants historiques. Mais l'impact d'un confinement identique à celui de mars 2020 pourrait être moindre si les Français y adhèrent moins. Par ailleurs, nous avons paramétré l'impact des différents types de confinements en utilisant les estimations du taux de transmission en mars et en novembre 2020. Nous n'évaluons pas ici quelle combinaison de mesures permettraient d'atteindre ce type de réductions (par exemple s'il est nécessaire de fermer les écoles ou pas).
- **Impact du climat:** Nous ignorons l'impact possible du réchauffement des températures pendant le printemps, qui pourrait contribuer à un ralentissement de l'épidémie à cette période.

## Références

- 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, Amélie Gabet, et al. 2020. "Evaluation des stratégies vaccinales COVID-19 avec un modèle mathématique populationnel." <https://hal-pasteur.archives-ouvertes.fr/pasteur-03087143>.
- Volz, Erik, Swapnil Mishra, Meera Chand, Jeffrey C. Barrett, Robert Johnson, Lily Geidelberg, Wes R. Hinsley, et al. 2021. "Transmission of SARS-CoV-2 Lineage B.1.1.7 in England: Insights from Linking Epidemiological and Genetic Data." *medRxiv*, January, 2020.12.30.20249034.



## Annexes

Deux paramètres peuvent être utilisés pour décrire la dynamique de croissance et de décroissance de l'épidémie:

- *Le nombre de reproduction de base  $R_0$*  correspond au nombre moyen de personnes qui seraient infectées par un cas si personne n'était immunisé dans la population.
- *Le nombre de reproduction effectif  $R_{eff}$* , qui corrige du fait qu'une proportion de la population a été immunisée et ne contribue donc plus à la transmission. De ce fait,  $R_{eff} \leq R_0$ .

Nous utilisons le nombre de reproduction de base  $R_0$  pour définir l'intensité du confinement. Cela permet de prendre en compte le fait qu'il y a aujourd'hui davantage de personnes immunisées qu'en mars 2020. Nous considérons plusieurs types de confinements:

- *Confinement strict équivalent à celui de mars 2020*: En mars 2020, on estime que  $R_0$  était égal à 0.6-0.7 pour les variants historiques. Notre scénario de confinement strict est donc basé sur l'hypothèse  $R_{0-non-VOC}=0.6-0.7$ .
- *Confinement allégé équivalent à celui de novembre 2020*: En novembre 2020, on estime que  $R_0$  était égal à 0.8-0.9 pour les variants historiques. Notre scénario de confinement strict est donc basé sur l'hypothèse  $R_{0-non-VOC}=0.8-0.9$ .