

Evolution possible du nombre de patients COVID-19 dans les services hospitaliers en France métropolitaine

25 septembre 2020

Modélisation Mathématique des Maladies Infectieuses, Institut Pasteur (Alessio Andronico, Cécile Tran Kiem, Juliette Paireau, Paolo Bosetti, Simon Cauchemez) ; Santé Publique France ;
Correspondance: simon.cauchemez@pasteur.fr

AVERTISSEMENTS: Ces scénarios sont faits 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 très rapidement.

Résumé

- Pour rappel, **il n'est pas possible de "prédire" la trajectoire de l'épidémie** dans la mesure où cette trajectoire dépend fortement de l'évolution des comportements individuels et des mesures de contrôle qui pourraient être mises en place. **On peut en revanche présenter des projections pour différents scénarios.** Par exemple, dans un scénario de base, on peut faire l'hypothèse que la dynamique de croissance des admissions à l'hôpital va rester inchangée. On peut également considérer des scénarios alternatifs, où le taux de transmission augmente ou diminue.
- Dans cette note, nous faisons une mise à jour des projections pour le scénario de base où l'on fait l'hypothèse que la dynamique de croissance des admissions à l'hôpital reste inchangée. On considère un scénario où la probabilité d'admission en réanimation se maintient à sa valeur actuelle (22%); et un autre où cette probabilité passe à 14% (valeur estimée durant la deuxième partie de la première vague). On fait l'hypothèse que la durée de séjour en hospitalisation réanimatoire est de 14 jours.
- Par rapport à notre dernière note, on observe de petits changements dans les estimations du nombre de reproduction dans les différentes régions. Dans certains cas, ces changements peuvent conduire à revoir fortement à la hausse ou à la baisse les projections pour certaines régions. Cela montre que, dans un contexte de croissance exponentielle, de petits changements dans la trajectoire observée actuellement peuvent avoir un effet important sur les projections pour le moyen-long terme. De ce fait, ces projections peuvent être amenées à changer rapidement et fortement au fur et à mesure que l'épidémie progresse.
- On note une augmentation récente des hospitalisations dans certaines régions comme la Normandie, avec des besoins prédits forts à courts termes. Etant donné le manque de recul, il faut rester prudent face à ces projections qui ne sont pas encore stabilisées.

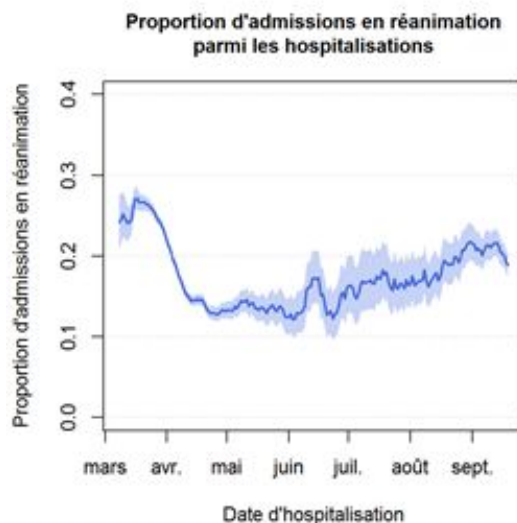
1. Méthode et hypothèses

Nous utilisons une version simplifiée du modèle mathématique détaillé dans la publication Salje et al, "Estimating the burden of SARS-CoV-2 in France", Science, 2020. Ce modèle décrit la propagation de SARS-CoV-2 dans la population française. Le modèle prend en compte la pyramide d'âge, la structure de contacts de la population française et le gradient de sévérité en fonction de l'âge. Le modèle est calibré sur les données d'hospitalisation SI-VIC. Les hypothèses et méthodes sont disponibles au lien suivant: <https://science.sciencemag.org/content/early/2020/05/12/science.abc3517>.

Ces analyses ont été mises à jour à partir de la base de données SIVIC du 24 septembre en retirant les trois derniers points non consolidés.¹

Nos hypothèses de travail sont:

- A la fin de la première vague pandémique, la probabilité d'admission en réanimation pour les personnes hospitalisées était de 14% au niveau national (données SIVIC ; Salje et al, Science 2020) mais avec des variations régionales (par exemple, 22% en Ile-de-France). Cette probabilité est actuellement de 22% (données SIVIC). Une question clé est de savoir si cette probabilité va se réduire dans les semaines qui viennent notamment lorsque les services de réanimation seront davantage sollicités. Il est probable que la probabilité d'admission en réanimation se maintienne à 22% dans certaines régions comme l'Ile de France mais qu'elle passe à 14% dans d'autres régions. Nous présentons donc les résultats pour ces deux scénarios.



¹ Dans nos analyses, nous considérons les patients en hospitalisation conventionnelle et en hospitalisation réanimatoire; mais, contrairement aux statistiques officielles, nous ne prenons pas en compte les patients en soins de suite et de réadaptation (SSR), en hospitalisation psychiatrique, ou en soins d'urgence. Par ailleurs, nous corrigeons l'effet des délais de notification. Pour ces raisons, le nombre de patients COVID-19 est légèrement différent dans nos analyses et dans les statistiques officielles.

- Les durées de séjour sont de 14 jours en réanimation et de 12 jours en hospitalisation conventionnelle.
- 2.9% des personnes infectées sont hospitalisées. Cette estimation faite dans Salje et al (Science 2020) a depuis été validée en analysant les résultats de plusieurs enquêtes de séroprévalence dont Carrat et al. (medRxiv).

Dans les notes précédentes, nous avons présenté des études de sensibilité montrant comment un changement dans ces hypothèses pouvait impacter les projections.

Etant donné le décalage entre infection et hospitalisation, les paramètres que nous estimons reflète la dynamique de transmission au moins 10 jours avant la date d'analyse. Nous estimons désormais pour chaque région 1) s'il y a une accélération ou une décélération de l'épidémie, 2) et si oui, à quelle date le taux de transmission a été modifié. Par ailleurs, pour éviter autant que possible de générer de "fausses alertes" (prévision d'une épidémie importante à partir de peu de données), nous n'essayons pas d'estimer des changements du taux de transmission qui auraient eu lieu moins d'un mois avant la date d'analyse. Cela peut toutefois conduire à minimiser l'impact de changements survenus récemment dans l'épidémie.

2. Calibration et adéquation du modèle aux données

2.1. Estimation de l'intensité de la reprise par région

Les paramètres décrivant l'intensité de la reprise épidémique sont:

- **Le nombre de reproduction de base R_0** , qui correspond au nombre moyen de personnes qui seraient infectées par un cas dans cette population, si personne n'était immunisé dans la population.
- **Le nombre de reproduction effectif R** , qui corrige du fait qu'une proportion de la population a été immunisée lors de la première vague et ne contribue donc plus à la transmission. De ce fait, $R \leq R_0$.
- **Le temps de doublement des hospitalisations**, c'est-à-dire le nombre de jours nécessaires pour observer un doublement du nombre d'hospitalisations.

Tableau 1: Evaluation de l'intensité de la reprise à partir des données d'hospitalisation.

Ces estimations s'appuient sur l'analyse des données d'hospitalisations SIVIC. Comme il existe un décalage entre l'infection d'un cas et son hospitalisation, ces paramètres décrivent l'intensité de la reprise au moins 10 jours avant la date d'analyse. Il est possible que la dynamique de transmission ait changé récemment, sans que l'effet sur les hospitalisations ne soit détecté pour l'instant. Lorsque le nombre de reproduction effectif est inférieur à 1, le temps de doublement n'est pas calculé (NA).

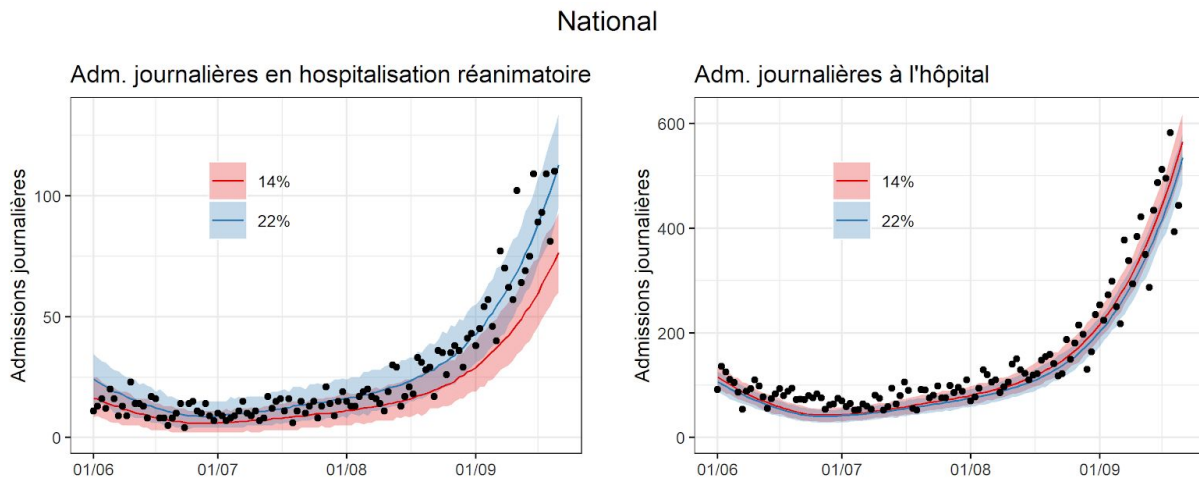
	Nombre de reproduction de base R_0 - s'il n'y avait aucune immunité dans la population	Nombre de reproduction effectif R - prenant en compte le niveau d'immunité dans la population	% Infectés - Immunisés	Temps de doublement (jours)
France métropolitaine	1.44 [1.42, 1.45]	1.35 [1.34, 1.37]	6.1 [6.0, 6.1]	16 [15, 16]
ARA	1.55 [1.51, 1.59]	1.47 [1.43, 1.51]	5.1 [5.0, 5.2]	12 [11, 13]
BFC	1.68 [1.53, 1.84]	1.58 [1.44, 1.73]	5.8 [5.7, 6.1]	10 [8, 13]
BRE	1.50 [1.38, 1.63]	1.47 [1.35, 1.61]	1.9 [1.8, 2.0]	12 [9, 15]
COR	1.62 [1.41, 1.86]	1.54 [1.34, 1.79]	4.5 [3.8, 5.2]	10 [7, 16]
CVL	1.30 [1.24, 1.36]	1.25 [1.19, 1.31]	3.9 [3.7, 4.0]	21 [17, 28]
GES	1.32 [1.28, 1.36]	1.19 [1.15, 1.23]	9.7 [9.6, 9.9]	28 [23, 35]
HDF	1.63 [1.53, 1.72]	1.54 [1.45, 1.63]	5.5 [5.4, 5.7]	11 [9, 12]
IDF	1.57 [1.53, 1.61]	1.39 [1.35, 1.43]	11.5 [11.4, 11.6]	14 [13, 15]
NAQ	1.52 [1.47, 1.58]	1.49 [1.43, 1.55]	2.1 [2.0, 2.2]	11 [10, 13]
NOR	1.76 [1.65, 1.88]	1.71 [1.60, 1.83]	2.9 [2.7, 3.1]	8 [7, 10]
OCC	1.30 [1.24, 1.37]	1.27 [1.20, 1.33]	2.8 [2.6, 2.9]	20 [16, 26]
PDL	1.33 [1.21, 1.45]	1.29 [1.18, 1.41]	2.7 [2.6, 2.9]	19 [14, 29]
PAC	1.30 [1.25, 1.35]	1.22 [1.17, 1.26]	6.5 [6.3, 6.7]	25 [20, 32]
GUA	1.33 [1.21, 1.45]	1.24 [1.12, 1.37]	6.3 [5.4, 7.3]	22 [15, 43]
MAR	1.25 [1.07, 1.42]	1.22 [1.05, 1.40]	1.8 [1.5, 2.1]	24 [14, 110]

RUN	1.12 [1.00, 1.25]	1.08 [0.96, 1.21]	3.7 [3.3, 4.2]	61 [25, NA]
-----	-------------------	-------------------	----------------	-------------

2.2. Adéquation aux données d'admission

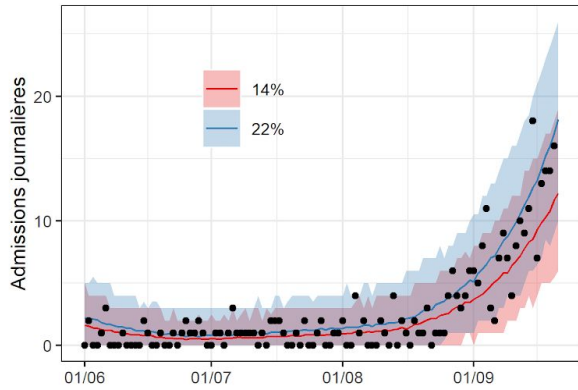
Le modèle reproduit bien les dynamiques d'admissions en hospitalisations conventionnelle et réanimatoire au niveau national et dans les régions, notamment si l'on fait l'hypothèse que 22% des personnes hospitalisées sont admises en réanimation (Figure 1).

Figure 1: Adéquation du modèle aux nombres journaliers d'admissions en hospitalisations conventionnelle et réanimatoire, en France métropolitaine et dans les régions sous l'hypothèse où la probabilité d'admission en réanimation est de 14% et 22%. Les cercles noirs représentent les données de la base SI-VIC corrigées des délais de notification.

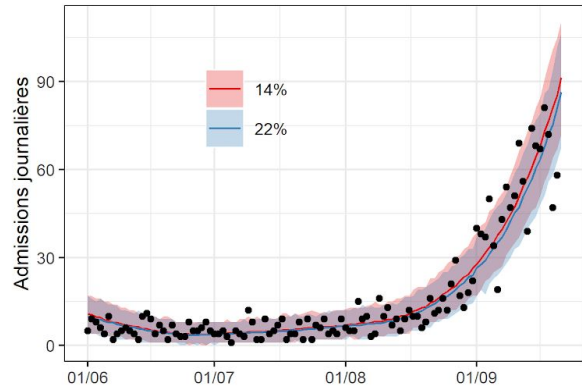


Auvergne-Rhône-Alpes

Adm. journalières en hospitalisation réanimatoire

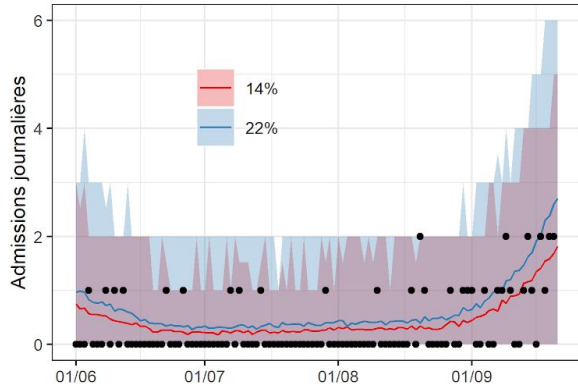


Adm. journalières à l'hôpital

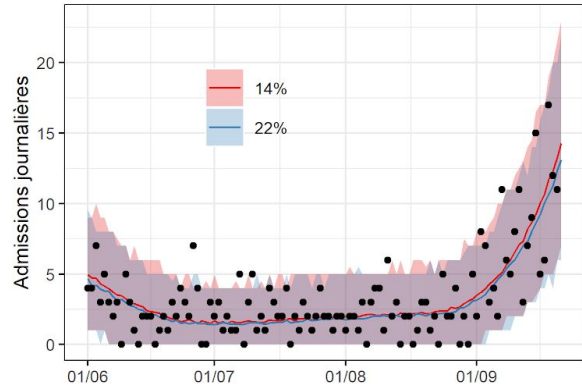


Bourgogne-Franche-Comté

Adm. journalières en hospitalisation réanimatoire

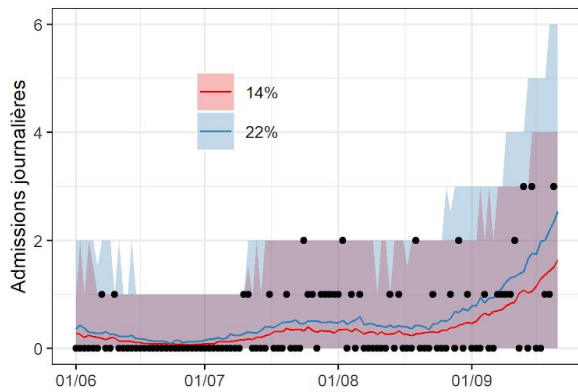


Adm. journalières à l'hôpital

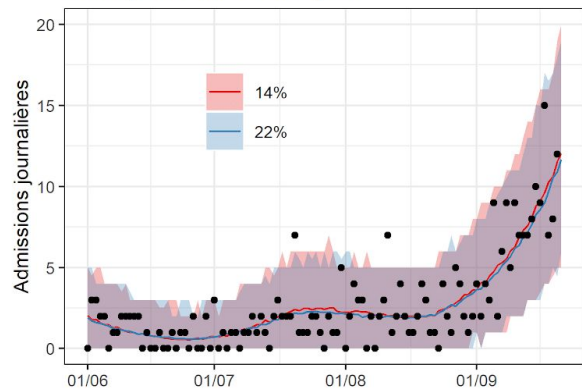


Bretagne

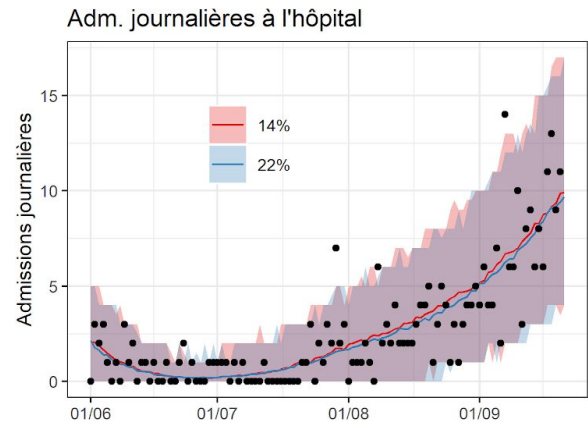
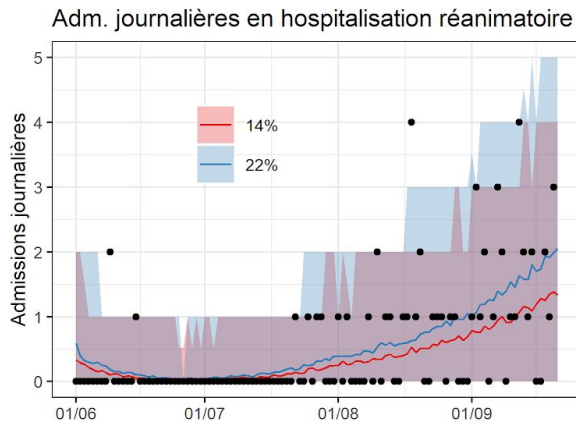
Adm. journalières en hospitalisation réanimatoire



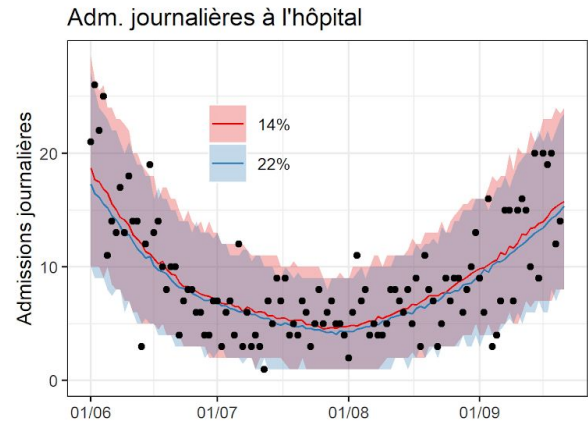
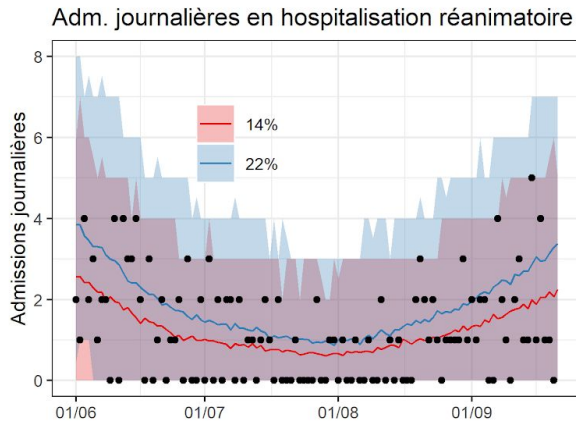
Adm. journalières à l'hôpital



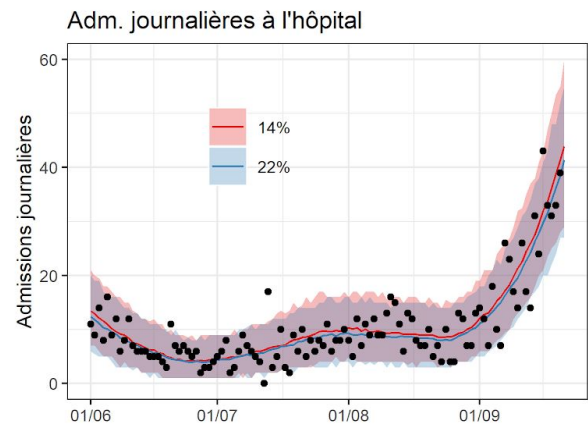
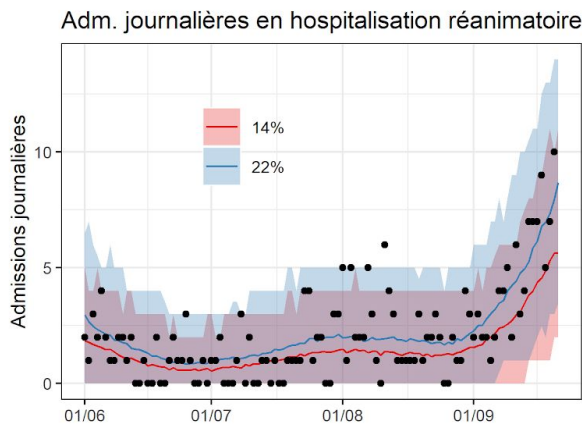
Centre-Val de Loire



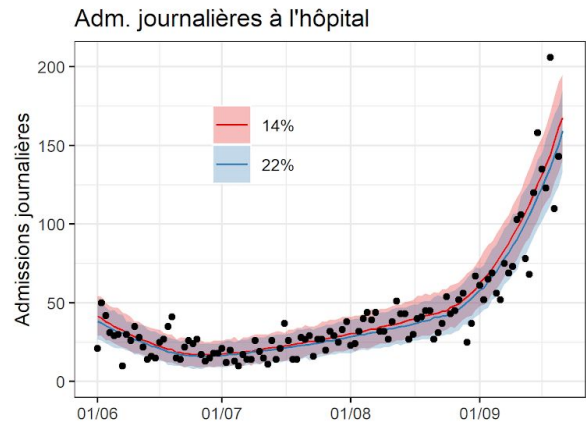
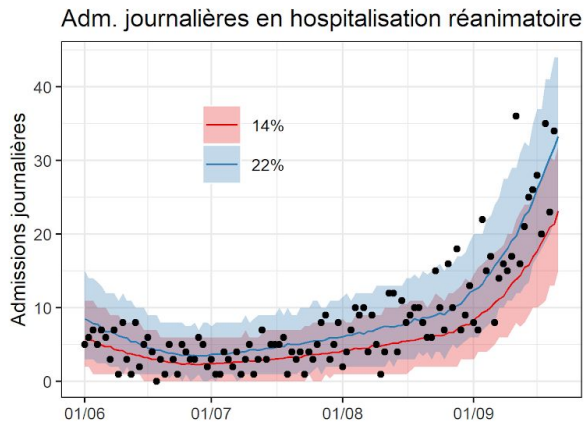
Grand Est



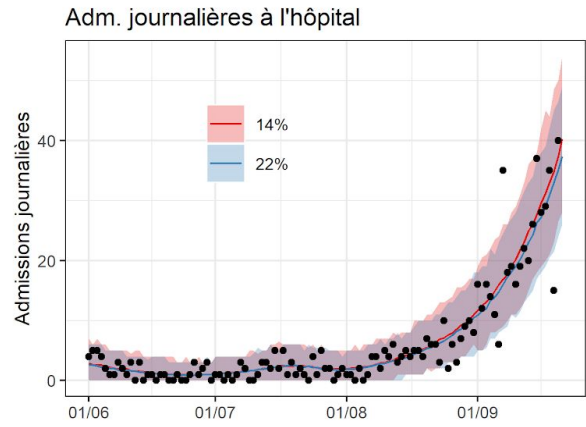
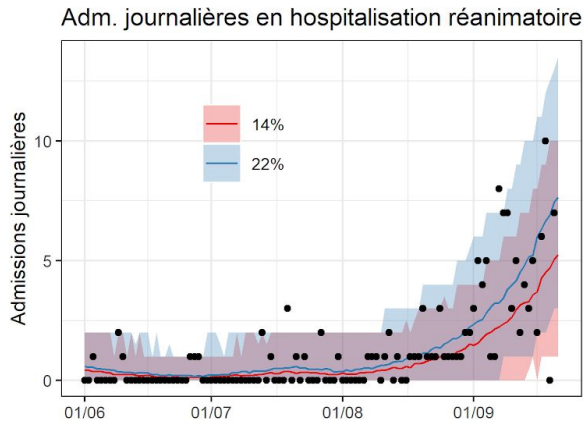
Hauts-de-France



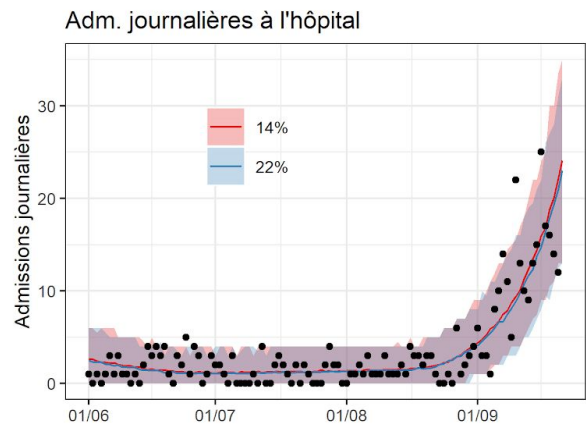
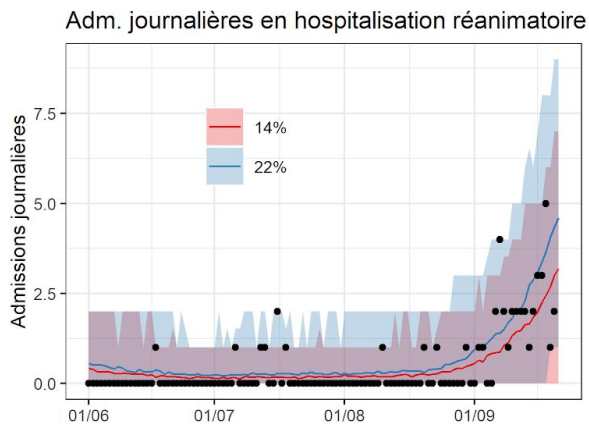
Île-de-France



Nouvelle-Aquitaine

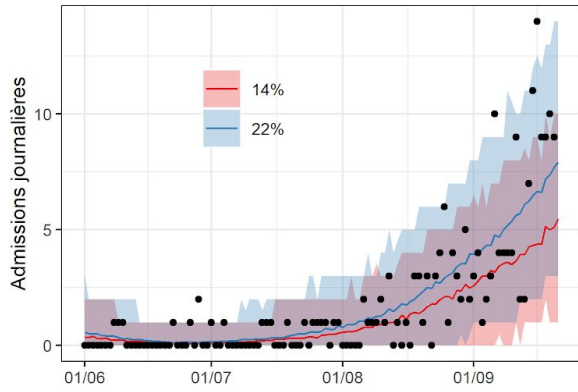


Normandie

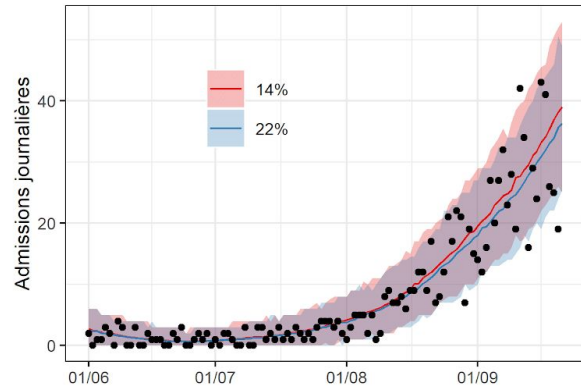


Occitanie

Adm. journalières en hospitalisation réanimatoire

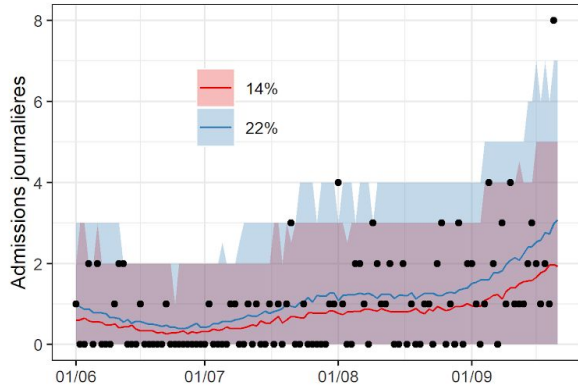


Adm. journalières à l'hôpital

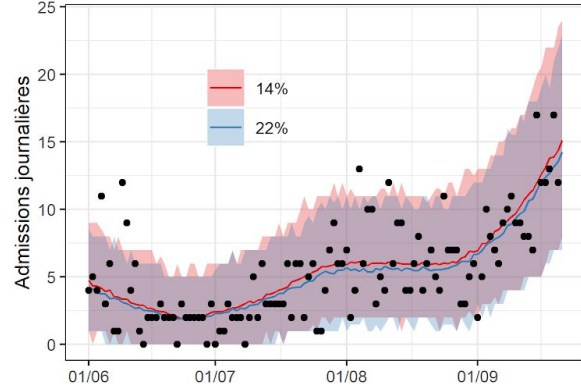


Pays de la Loire

Adm. journalières en hospitalisation réanimatoire

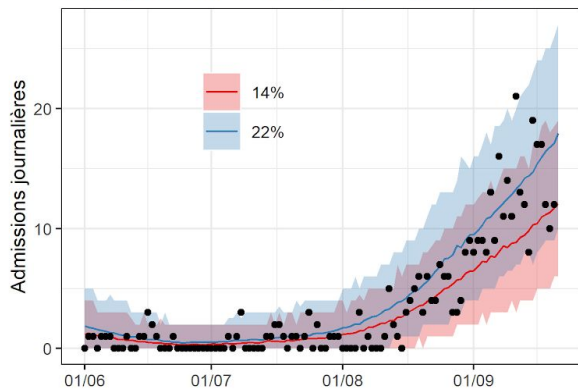


Adm. journalières à l'hôpital

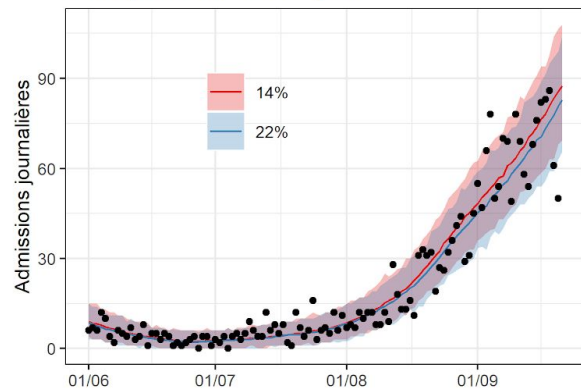


Provence-Alpes-Côte d'Azur

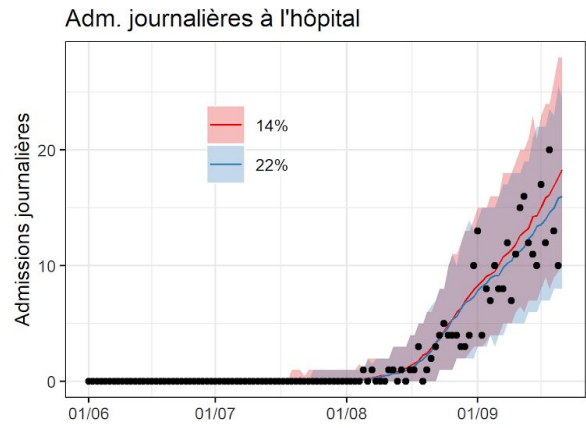
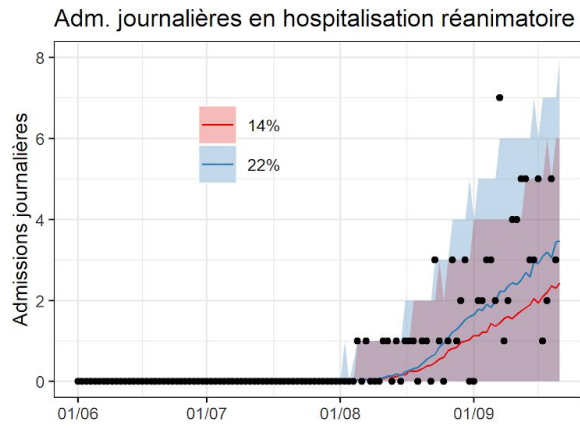
Adm. journalières en hospitalisation réanimatoire



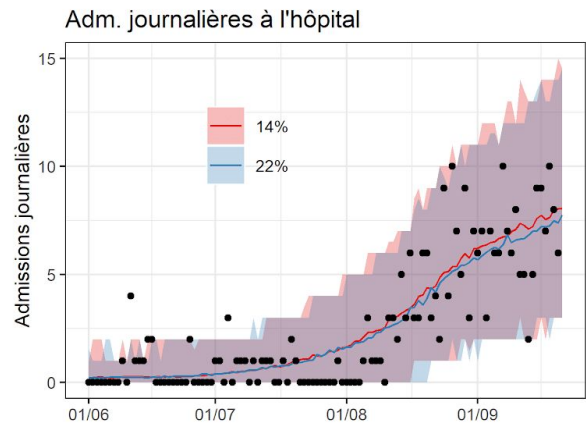
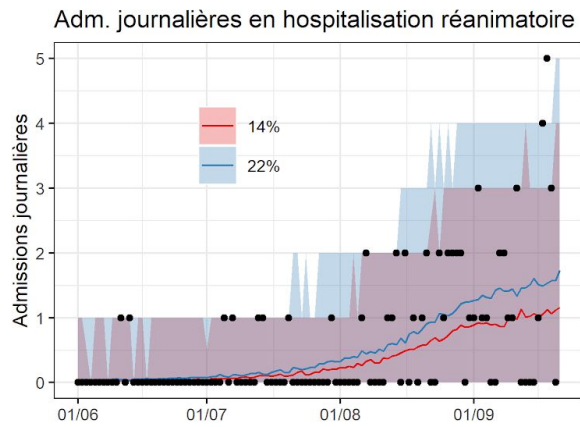
Adm. journalières à l'hôpital



Guadeloupe



La Réunion



Projections

La Figure et les Tableaux ci-dessous montrent les besoins en lits d'hospitalisation réanimatoire à différentes dates selon que la probabilité d'admission en réanimation se maintient à 22% (Tableau 2, Figure 2) ou qu'elle passe à 14% (Tableau 3, Figure 2). Il faut rester très prudent face aux projections de forte croissance dans des régions nouvellement affectées comme la Normandie, puisque ces projections ne sont pas encore stabilisés.

Tableau 2: projections du nombre de lits nécessaires en hospitalisation réanimatoire selon la région et pour trois dates dans le scénario de base où la dynamique de croissance des hospitalisations reste inchangée et sous l'hypothèse où la probabilité d'admission en hospitalisation réanimatoire est de 22%. Ces projections sont faites sous l'hypothèse que la durée de séjour en hospitalisation réanimatoire est de 14 jours.

	15 octobre	1 novembre	15 novembre
France métropolitaine	3676 [3347, 4019]	8799 [7772, 9997]	16614 [14319, 19170]
ARA	658 [563, 766]	1643 [1351, 1935]	3082 [2503, 3664]
BFC	128 [70, 197]	418 [161, 764]	972 [339, 1846]
BRE	91 [52, 144]	243 [120, 448]	525 [232, 1092]
CVL	51 [28, 76]	89 [50, 142]	138 [69, 232]
GES	70 [46, 97]	108 [74, 150]	152 [107, 215]
HDF	358 [255, 479]	1034 [668, 1506]	2189 [1257, 3313]
IDF	1051 [862, 1210]	2260 [1824, 2728]	3810 [2967, 4581]
NAQ	295 [228, 371]	784 [597, 1038]	1621 [1192, 2214]
NOR	268 [172, 377]	996 [564, 1550]	2299 [1252, 3460]
OCC	193 [137, 255]	337 [217, 488]	522 [316, 828]
PAC	392 [310, 480]	603 [450, 766]	819 [583, 1091]
PDL	80 [46, 130]	154 [72, 295]	262 [99, 563]
GUA	79 [46, 126]	117 [62, 202]	140 [73, 232]
RUN	29 [14, 49]	35 [14, 69]	41 [14, 87]

Tableau 3: projections du nombre de lits nécessaires en hospitalisation réanimatoire selon la région et pour trois dates dans le scénario de base où la dynamique de croissance des hospitalisations reste inchangée et sous l'hypothèse où la probabilité d'admission en hospitalisation réanimatoire est de 14%. Ces projections sont faites sous l'hypothèse que la durée de séjour en hospitalisation réanimatoire est de 14 jours.

	15 octobre	1 novembre	15 novembre
France métropolitaine	2474 [2261, 2670]	5869 [5299, 6511]	10970 [9560, 12218]
ARA	445 [372, 518]	1091 [885, 1273]	2020 [1682, 2376]
BFC	88 [48, 152]	281 [138, 593]	646 [282, 1387]
BRE	62 [35, 100]	169 [91, 319]	366 [185, 792]
CVL	33 [17, 49]	56 [30, 90]	86 [43, 138]
GES	46 [26, 68]	69 [44, 105]	97 [57, 147]
HDF	246 [169, 326]	707 [442, 996]	1480 [853, 2125]
IDF	703 [598, 810]	1489 [1220, 1742]	2468 [1990, 2957]
NAQ	201 [146, 257]	532 [366, 689]	1087 [705, 1483]
NOR	181 [111, 262]	671 [373, 1051]	1532 [847, 2234]
OCC	130 [90, 176]	229 [134, 341]	355 [195, 546]
PAC	264 [209, 330]	401 [293, 535]	539 [384, 756]
PDL	54 [29, 88]	103 [50, 201]	173 [71, 381]
GUA	61 [37, 92]	91 [49, 143]	108 [56, 166]
RUN	19 [8, 35]	23 [8, 46]	25 [7, 55]

Figure 2: Trajectoire attendue du nombre de lits nécessaires en hospitalisation réanimatoire dans le scénario où l'augmentation des hospitalisations se poursuit au rythme actuel et pour une probabilité d'admission en réanimation de 14% et 22%. Ces projections sont faites sous l'hypothèse que la durée de séjour en hospitalisation réanimatoire est de 14 jours.

