



## Délai d'immunisation par le vaccin, détermination simplifiée du « vrai » $R_0$ et données hospitalières

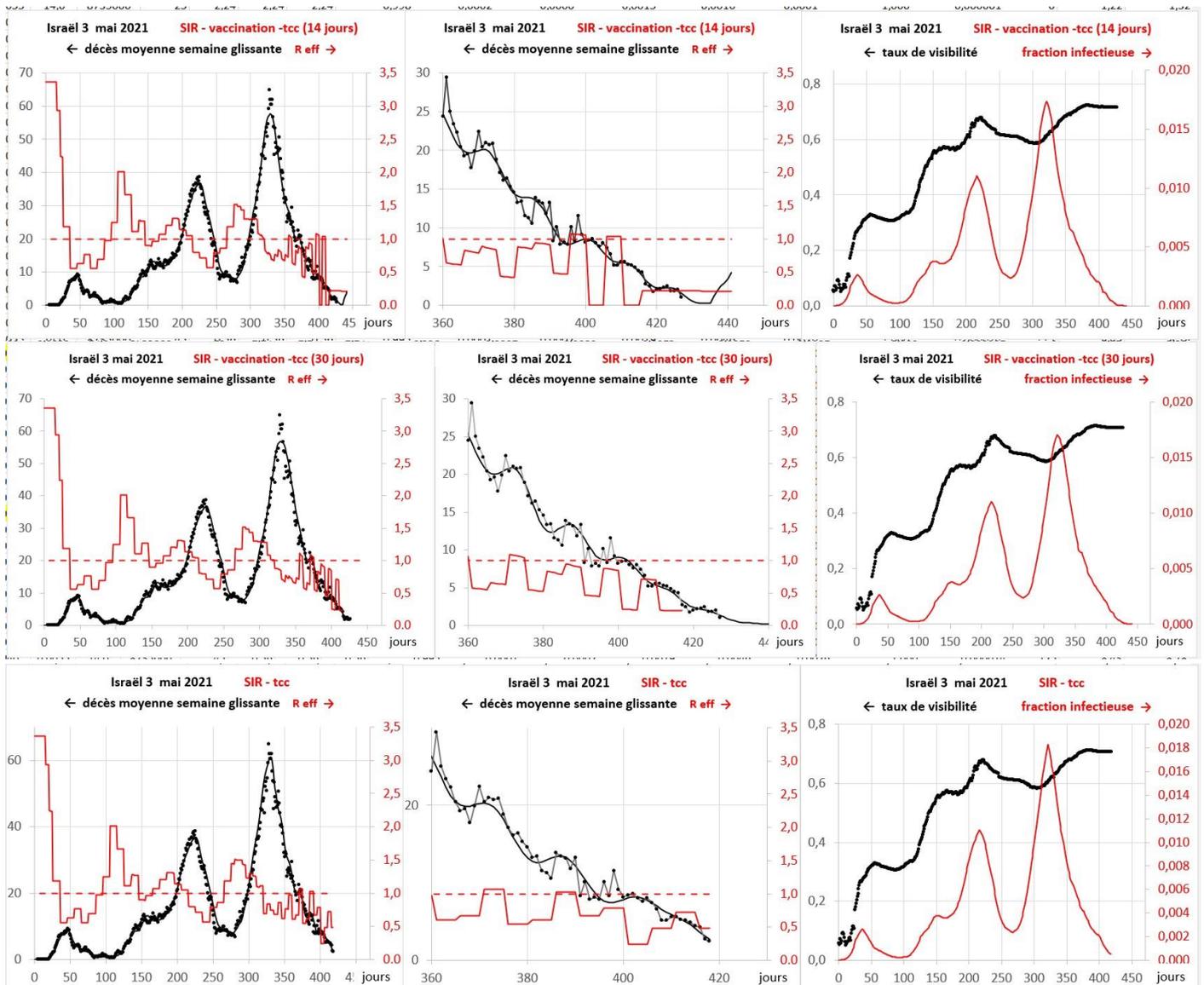
<https://corona-circule.github.io/lettres/>

Bonjour, ou bonsoir, si vous êtes à l'autre bout du monde.

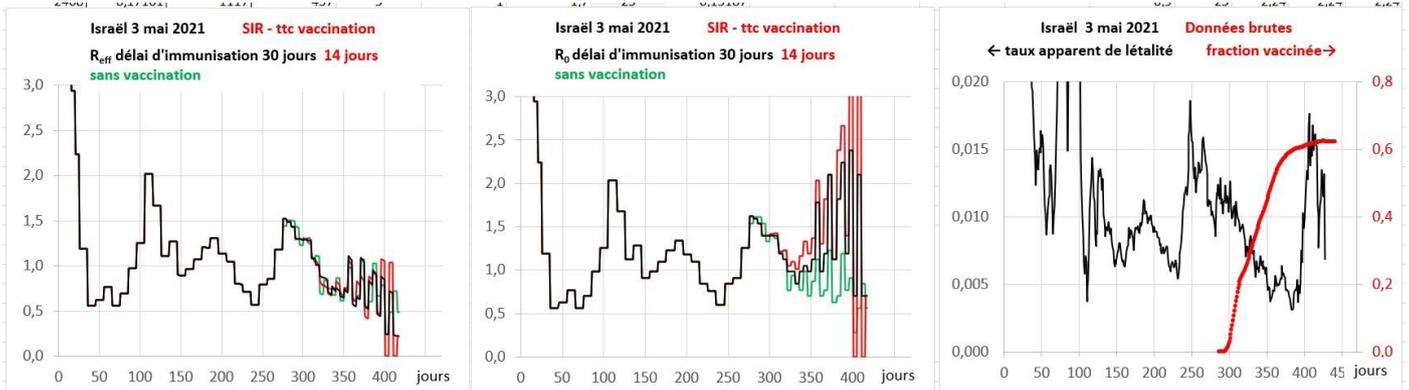
Nous donnons suite à la remarque en page 3 de la précédente lettre, concernant la valeur donnée au délai séparant l'injection du vaccin et son effet d'immunisation, que dorénavant nous appellerons délai d'immunisation :

« Nous avons trouvé bon de porter ce dernier à 30 jours ; le choix du délai plus long que le précédent (14 jours) ne modifie pas  $R_{eff}(t)$ , mais augmente  $S(t)$  et réduit le rapport  $R_0/R_{eff}$ . »

Nous prenons l'exemple d'Israël dont la campagne de vaccination semble quasiment achevée. L'analyse de la dynamique, basée sur les données de décès, a été conduite avec le modèle SIR-tcc-vaccination, délai d'immunisation 14 ou 30 jours, et pour comparaison, avec le modèle SIR-tcc sans vaccination.

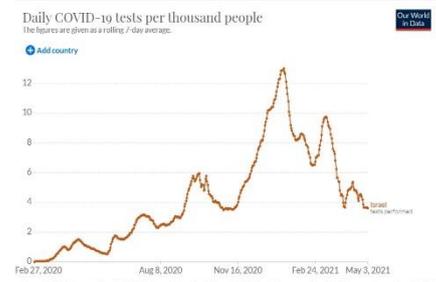


Et voici la comparaison de ces trois analyses indépendantes :

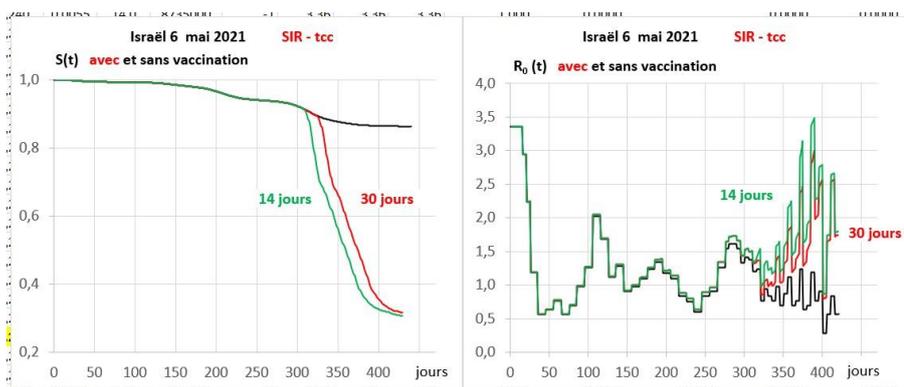


La figure de gauche semble confirmer, sur le terrain, que la trajectoire de  $R_{eff}$  est identique dans les trois modèles, aux fluctuations près. Cette propriété, **très utile**, est confirmée par une étude sur des données non bruitées, présentée à la page suivante.

La figure centrale confirme que la trajectoire de  $R_0$  est sensiblement affectée par l'effet de la vaccination ; l'effet du temps d'immunisation n'apparaît pas clairement en raison des très importantes fluctuations, qui sont différentes sur les trois affinements. La figure de droite montre que le taux apparent de létalité des dernières personnes contaminées a beaucoup varié au cours des dernières semaines ; est-ce l'effet d'un nouveau variant ? l'indication de comportements différents de cette dernière tranche de la population ? ou plutôt le contre-coup du ralentissement par à-coups de la campagne de tests, que montre la figure ci-contre ? L'explication n'est pas encore claire, mais ce phénomène semble partagé par d'autres pays, y compris le nôtre.



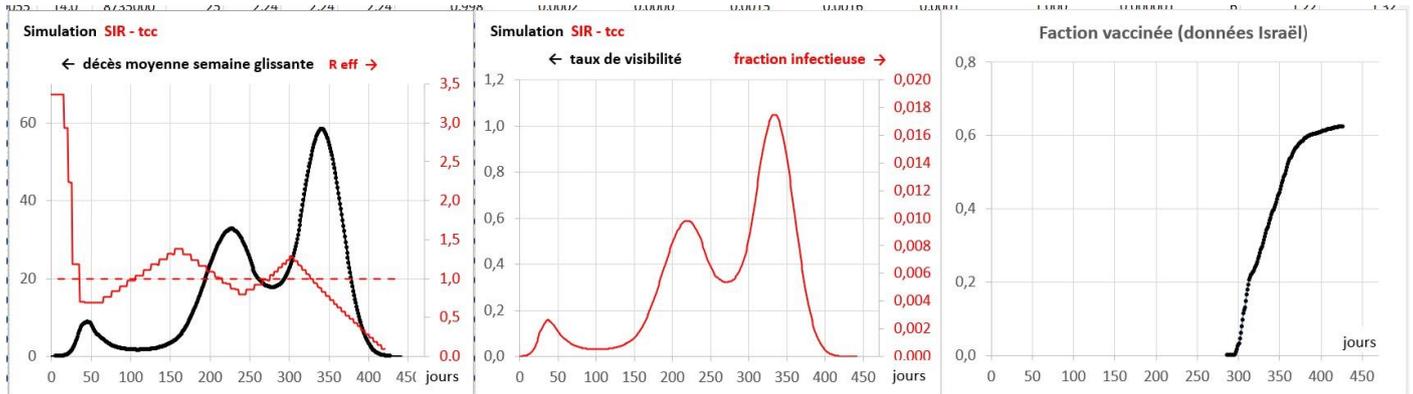
Utilisons maintenant la propriété que la trajectoire de  $R_{eff}$  est déterminée aussi bien par les deux modèles, et prenons par simplicité celle donnée par le modèle sans vaccination. Le calcul de  $R_0(t)$  peut se faire par l'intermédiaire de la fraction  $S(t)$  corrigée par l'effet de vaccination = calculée comme la fraction  $S$  au jour  $J$  de l'analyse sans effet de vaccination, diminuée de la fraction totale vaccinée au jour  $J-14$  ou  $J-30$  (multipliée par le taux d'efficacité du vaccin).



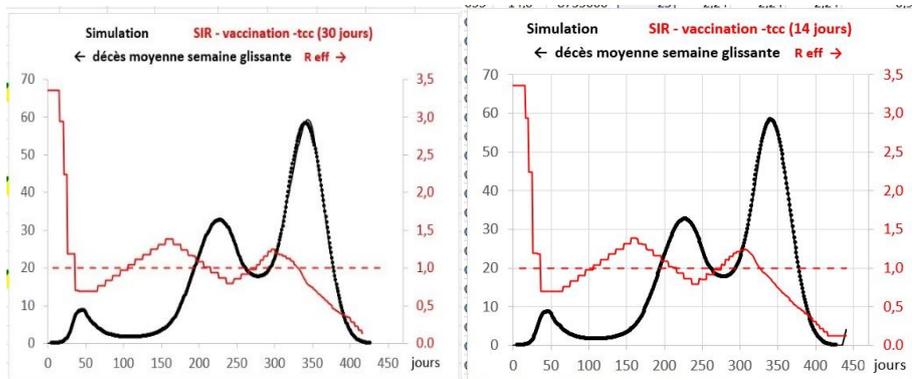
Les trajectoires de  $S(t)$  et  $R_0(t) = R_{eff}(t) / S(t)$ , calculées dans les trois hypothèses, sont présentées ci-contre. L'allongement du délai d'immunisation a clairement réduit les valeurs de  $R_0$  ; cet effet cependant n'est pas considérable, sauf au tout début de la campagne de vaccination.

## Analyse de données non bruitées

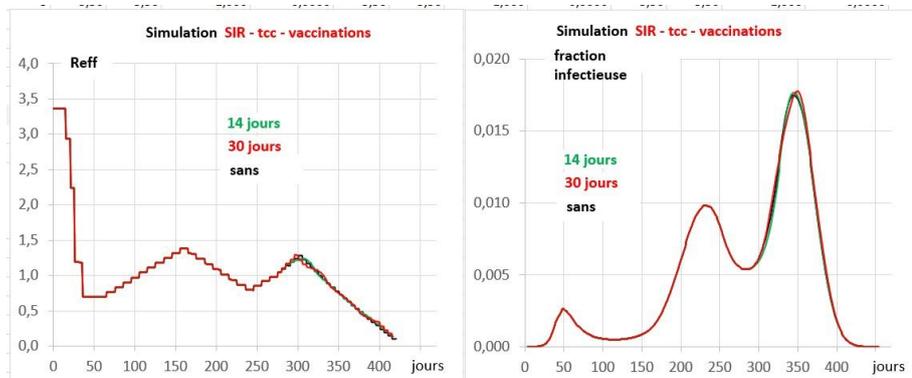
Nous avons engendré des données non bruitées (avec le programme SIR-tcc sans vaccination, pour être précis), puis nous en avons fait l'analyse avec les mêmes trois options que dans les pages précédentes. Les données de vaccination sont, par commodité, celles d'Israël.



L'affinement par la version sans vaccination, ci-dessus, reproduit évidemment la trajectoire en marches d'escalier utilisée pour la simulation. Les affinements par les versions avec vaccination (14 ou 30 jours) ont été, comme d'habitude,

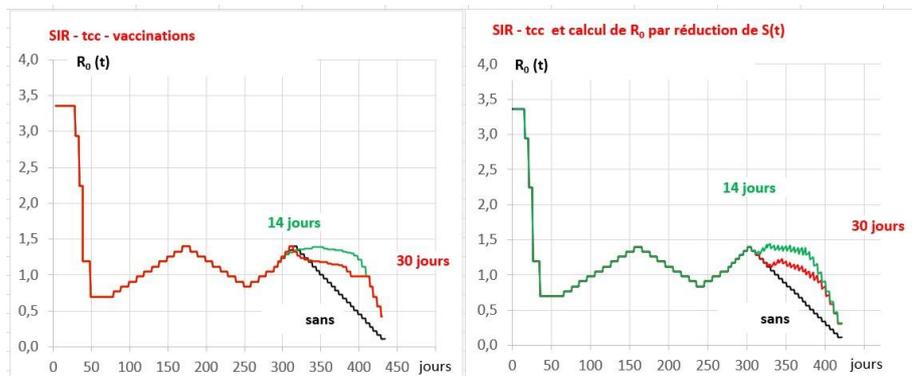


laborieux car le paramètre d'entrée n'est pas  $R_{eff}$  mais  $\beta = R_0(t) / \text{temps de contagiosité}$ . Il faut donc reprendre la suite des valeurs de  $\beta(t)$ , et l'adapter à la réduction de  $S(t)$  induite par la vaccination. Ces affinements comportent une certaine imprécision due à notre procédure manuelle par essais-erreurs, dont le degré d'aboutissement est sujet à l'appréciation et l'humeur de son auteur.



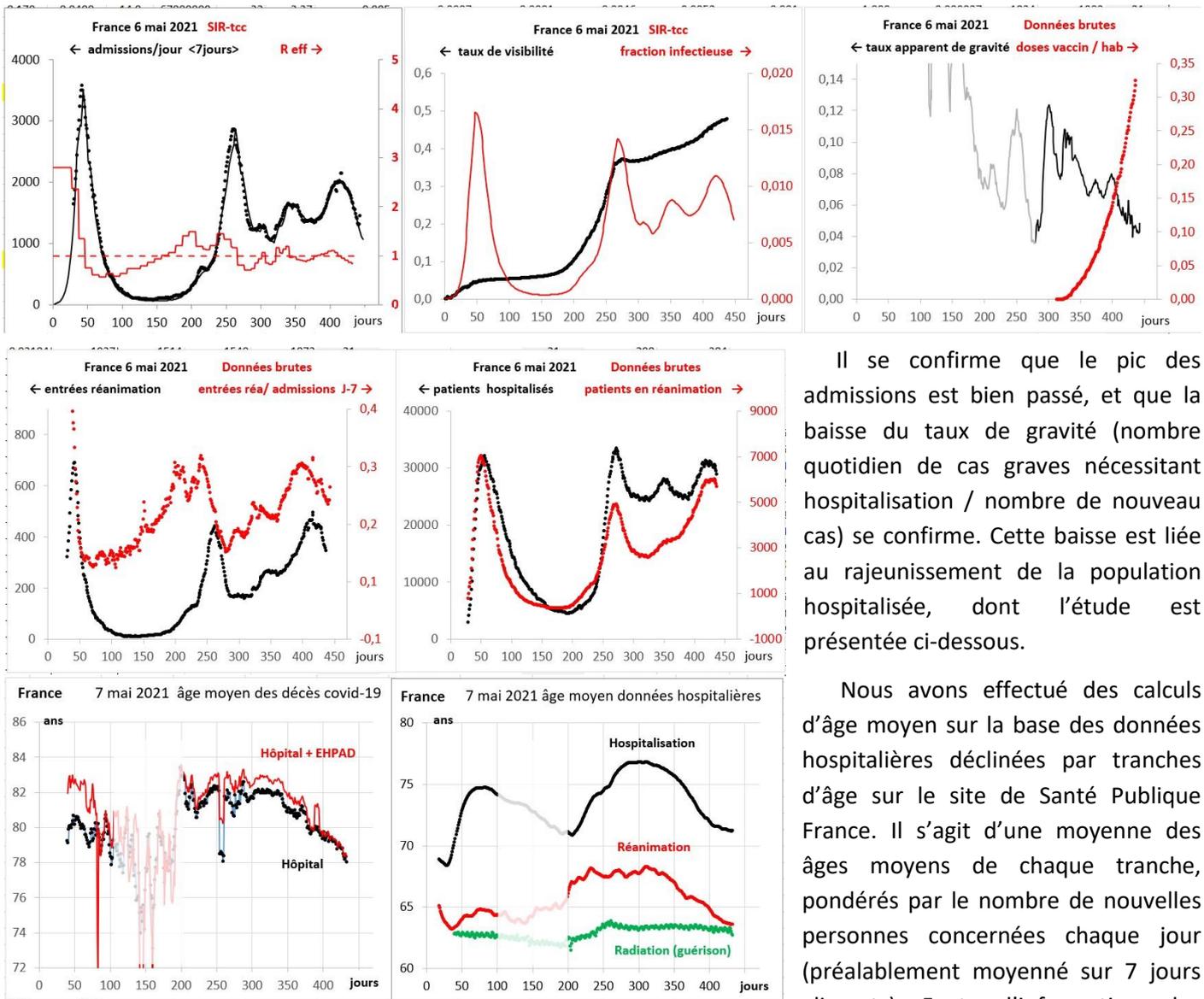
Les trajectoires de  $R_{eff}$  ainsi que celles de la fraction infectieuse sont identiques, à la précision de notre analyse manuelle. On peut donc déterminer les trajectoires de  $R_0(t)$  **sans passer par la version « vaccination » du programme.**

Ayant déterminé  $R_{eff}(t)$  avec le modèle sans vaccination, il suffit de prendre  $S(t)$  obtenu par l'affinement, et le réduire de la fraction totale immunisée par vaccination le jour  $J - 30$  (ou - 14), avant de calculer  $R_0(t) = R_{eff}(t)/S(t)$ .



Nous présentons ci-contre les trajectoires de  $R_0$  obtenues, soit par les versions « vaccination » du programme, voir figure de gauche, soit par la méthode de réduction de  $S(t)$  que nous venons d'indiquer, voir figure de droite. Les résultats sont assez comparables, mais montrent cependant la sensibilité des calculs aux petites différences – indésirables – survenues dans les affinements de  $R_{eff}$ .

## Situation hospitalière en France (suite de la lettre 32 du 21 avril)



Il se confirme que le pic des admissions est bien passé, et que la baisse du taux de gravité (nombre quotidien de cas graves nécessitant hospitalisation / nombre de nouveau cas) se confirme. Cette baisse est liée au rajeunissement de la population hospitalisée, dont l'étude est présentée ci-dessous.

Nous avons effectué des calculs d'âge moyen sur la base des données hospitalières déclinées par tranches d'âge sur le site de Santé Publique France. Il s'agit d'une moyenne des âges moyens de chaque tranche, pondérés par le nombre de nouvelles personnes concernées chaque jour (préalablement moyenné sur 7 jours glissants). Faute d'information plus

précise, nous avons pris un âge moyen de 92 ans pour la tranche 90 et plus, et de 85 ans pour les EHPAD. Ces données seraient facilement réajustées en cas d'information mieux fondée, et affectent peu les variations relatives observées.

N'oublions pas que ces résultats sont moins précis quand les données journalières sont faibles, ce qui est le cas de la période calme qui a précédé la seconde vague (jours 100 à 200) et que nous avons estompée sur ces deux figures. Dans tous les cas la baisse de l'âge moyen au cours des derniers mois est importante, surtout pour les admissions à l'hôpital, et résulte indiscutablement de la priorité donnée à la vaccination des plus âgés. L'âge moyen au moment de la guérison a peu évolué, la proportion de réanimations réussies augmente donc fortement dans cette population plus jeune.

Portez-vous bien, faites-vous vacciner et restez vigilants.

François VARRET, Physicien Professeur Emérite à l'Université de Versailles Saint-Quentin

Mathilde VARRET, Chargée de Recherche INSERM (Génétique, Biologie) Hôpital Bichat.

**Une vidéo très pédagogique** de présentation du modèle SIR à temps de contagiosité constant, par son créateur :

<https://youtu.be/qOd-MeUpK30>, vous pouvez commencer à 6 mn 24 s et arrêter à 48 mn 29 s