

Supériorité de la modélisation par percolation pour la prise de décision en période d'épidémie de COVID-19

J.-F. Mathiot^{1,3}, L. Gerbaud^{2,3}, V. Breton^{1,3}

¹ *Laboratoire de Physique de Clermont*

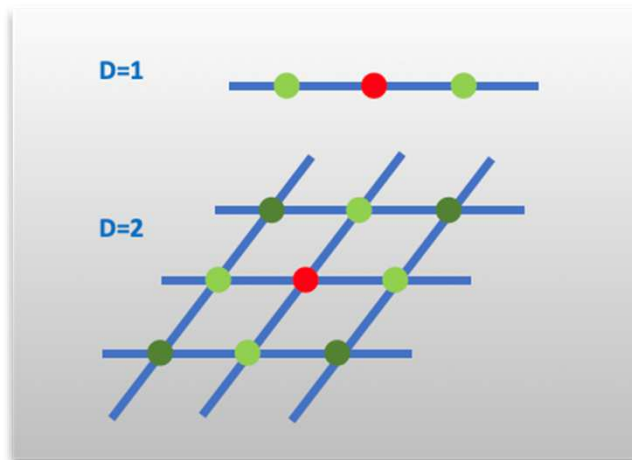
² *Institut Pascal – CHU Gabriel Montpied*

³ *Université Clermont-Auvergne*

PERCOVID

❑ *Modèle de percolation : propagation de proche en proche sur un réseau à D dimensions*

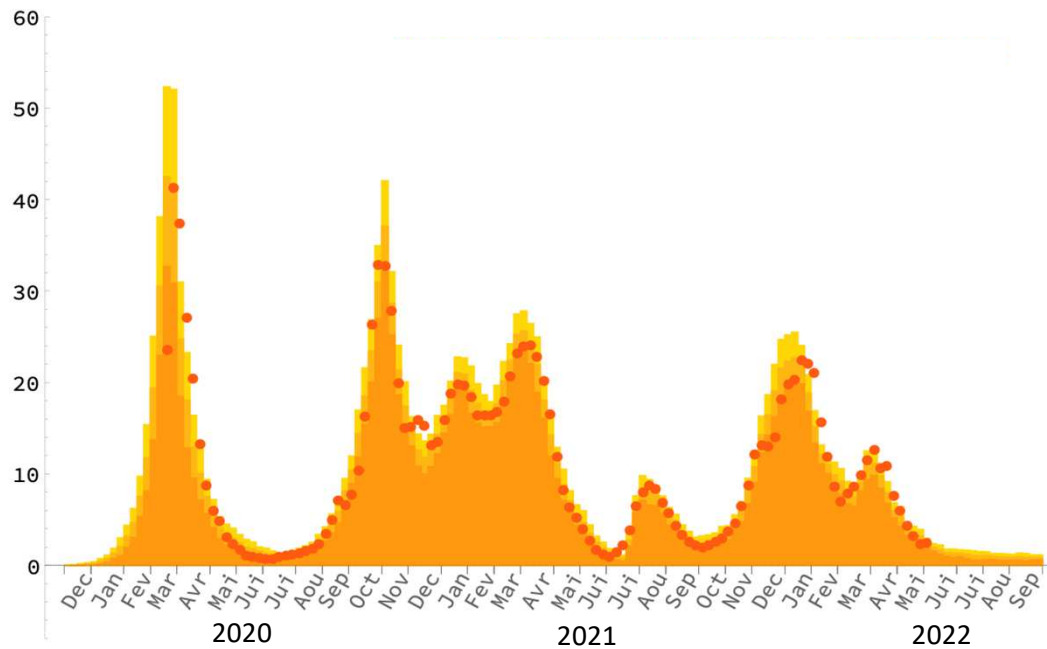
- Adapté à la **propagation par voies respiratoires**: rôle prépondérant des relations sociales
- Quatre paramètres fondamentaux



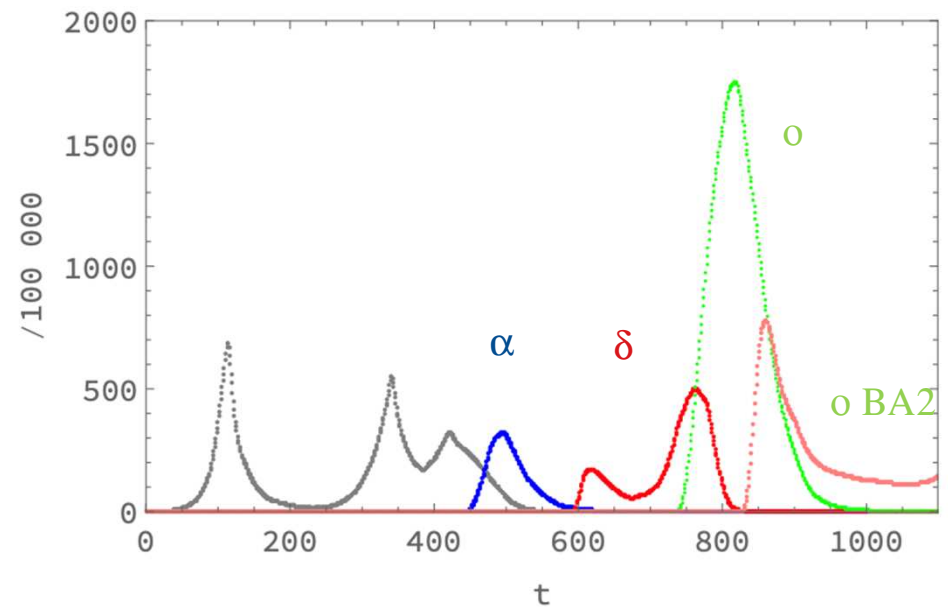
- ✓ **D : variété des relations sociales**
- ✓ **p : densité des relations sociales** avec un cercle de **relations essentielles** et un cercle de **relations moins essentielles**
- ✓ **q : intensité des relations sociales** selon les **pratiques sociologiques** du territoire et les **gestes barrières**
- ✓ **r : infectiosité intrinsèque du virus**

Scientific Reports, 11:24326 (2021)

QUELQUES RÉSULTATS



*Taux de nouvelles hospitalisations hebdomadaires
pour 100.000 habitants*

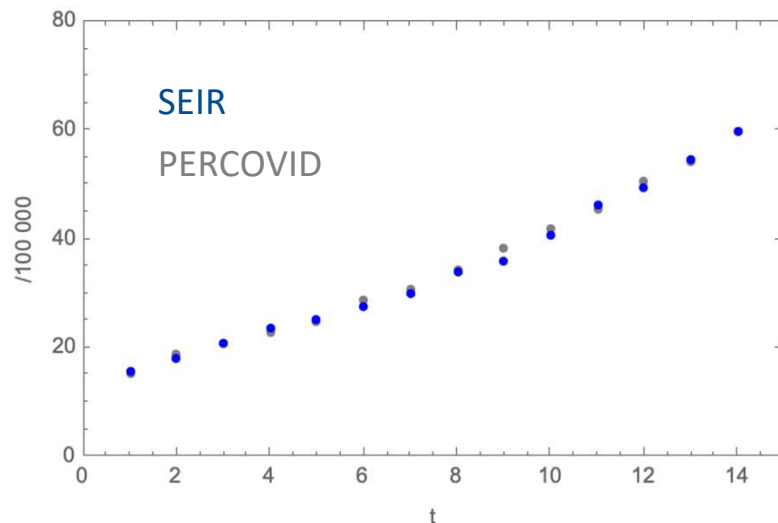


Taux d'incidence pour 100.000 habitants

COMPARAISON PERCOVID-SEIR

- ❑ **Modèle de type SEIR:** remplissage/vidage de compartiments (Susceptible, Exposé, Infecté, Rétabli) **indépendamment de liens de proximité sociale** ou géographique
- ❑ **Comparaison PERCOVID-SEIR**
 - Propagation de **proche en proche** dans PERCOVID ou **aléatoirement sur tout le réseau** dans le cas de SEIR
 - Pour un **même nombre de relations sociales journalières**, les mêmes gestes barrières, et une même composition des foyers
 - Pour une **même répartition de personnes** susceptibles, exposées, infectées, rétablies ou vaccinées

❑ Étude de 5 périodes typiques de 10 semaines durant l'épidémie de COVID-19

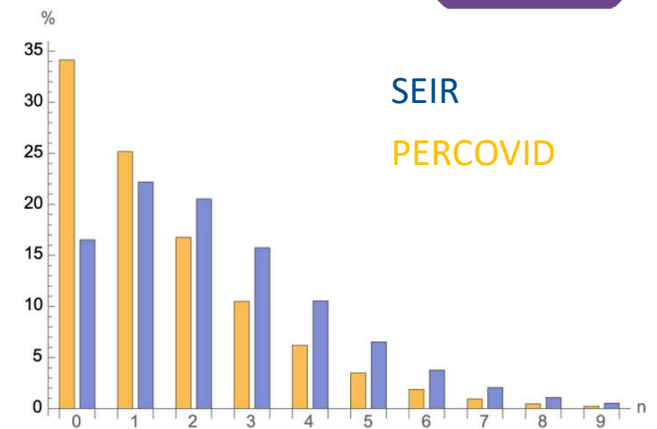
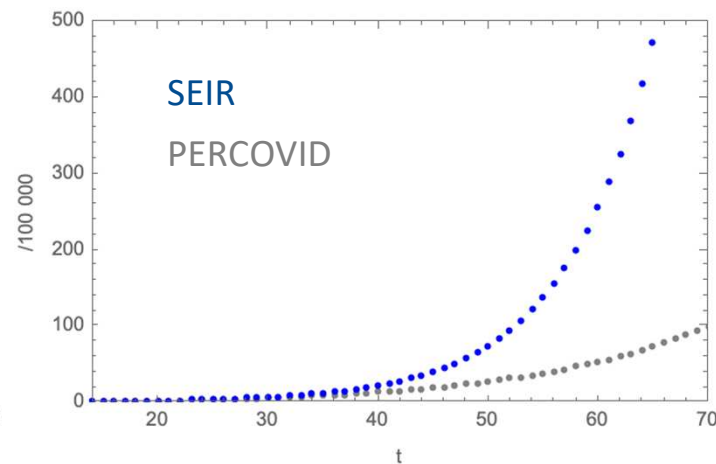
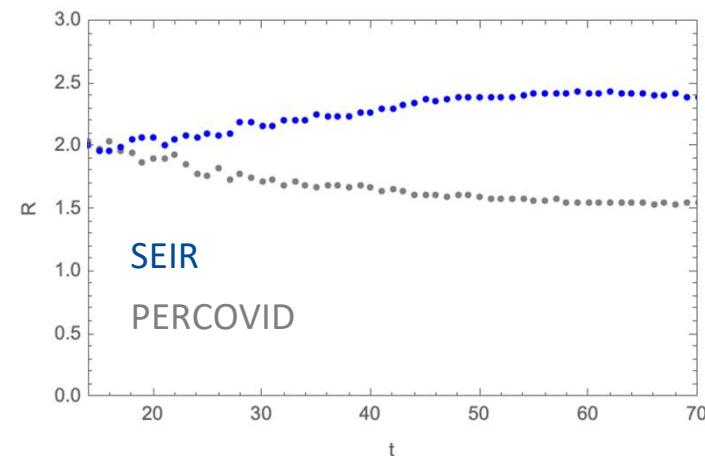


- Infectiosité intrinsèque r de la modélisation SEIR ajustée sur les deux premières semaines pour avoir le même taux de reproduction que la modélisation PERCOVID
- Simulation pour un même taux d'incidence au début de la période

- Étude de la propagation du virus sur les huit semaines suivantes
 - ✓ Taux d'incidence hebdomadaire
 - ✓ Taux de reproduction R
 - ✓ Nombre moyen de secondes infections

PÉRIODE 1: PROPAGATION INVISIBLE

□ Période de mi-décembre 2019 à mi-février 2020



➤ Infectiosité intrinsèque

✓ PERCOVID: $r_0 = 0.14$

✓ SEIR: $r_{seir} = 0.053$

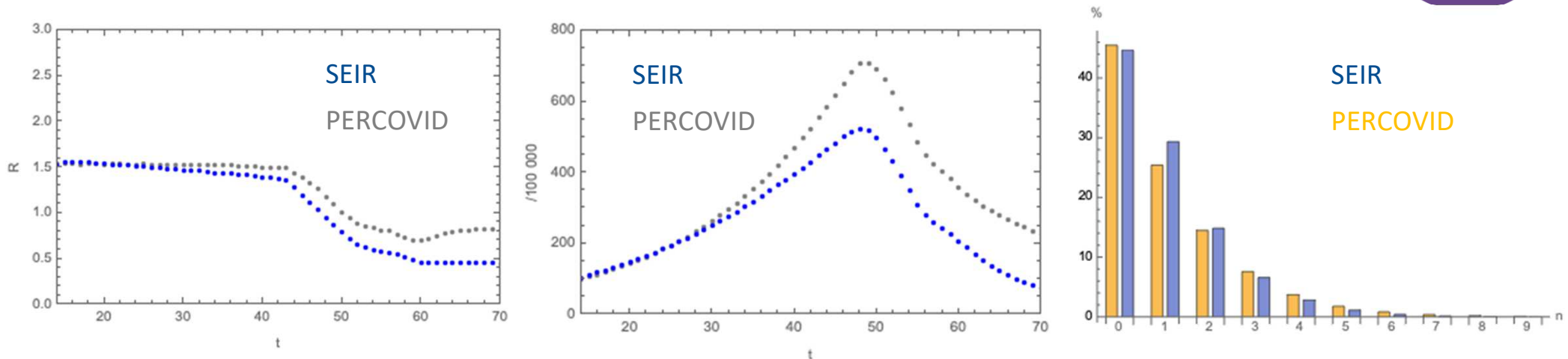
réduction de 62%

➤ Incapacité de SEIR de comprendre la propagation latente de l'épidémie, malgré une infectiosité intrinsèque très réduite: surestimation dramatique des infections

➤ Très grand nombre d'infections secondaires

PÉRIODE 2: EXPLOSION ÉPIDÉMIQUE ET CONFINEMENT

□ Période de mi-février à mi-avril 2020



➤ Infectiosité intrinsèque

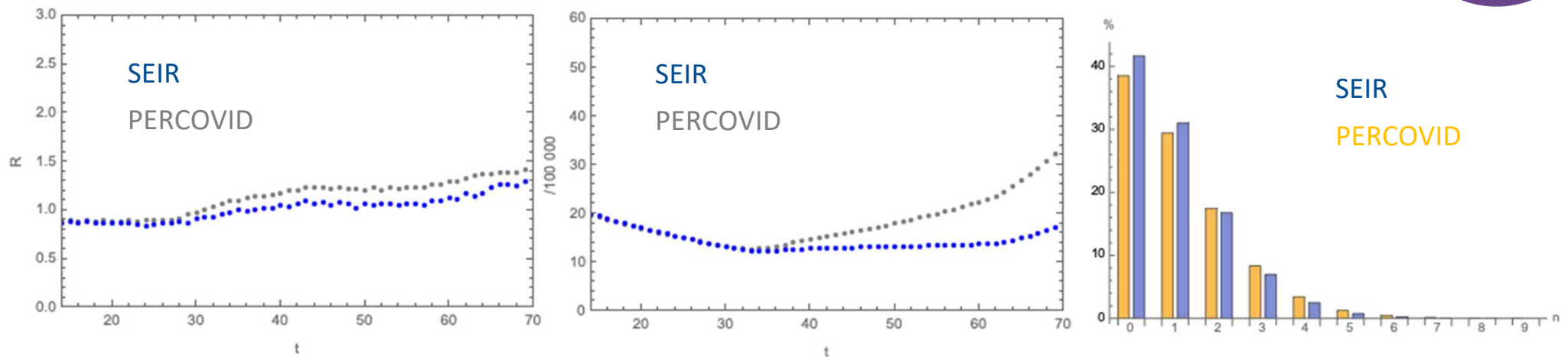
- ✓ PERCOVID: $r_0 = 0.14$
- ✓ SEIR: $r_{seir} = 0.031$

réduction de 78%

- **Réduction extrêmement forte de l'infectiosité intrinsèque** pour comprendre le début de l'explosion épidémique, d'où une **sous-estimation du pic au moment du confinement**

PÉRIODE 3: BRASSAGE DE POPULATION

□ Période de juillet à août 2020



➤ Infectiosité intrinsèque

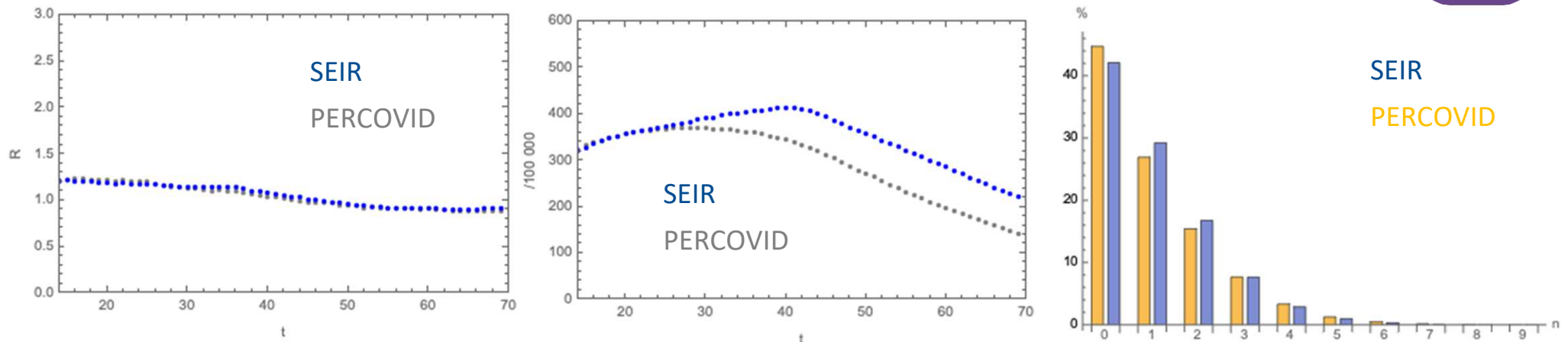
- ✓ PERCOVID: $r_0 = 0.14$
- ✓ SEIR: $r_{\text{seir}} = 0.095$

réduction de 32%

- Propagation de l'épidémie très similaire sur tout le territoire, avec une forte mobilité externe
- Sous-estimation de la reprise épidémique en août par la réduction de l'infectiosité intrinsèque

PÉRIODE 4: LARGE DISSÉMINATION DU VIRUS ET VARIANT α

□ Période de mars à avril 2021 – 3^{ème} confinement



➤ Infectiosité intrinsèque

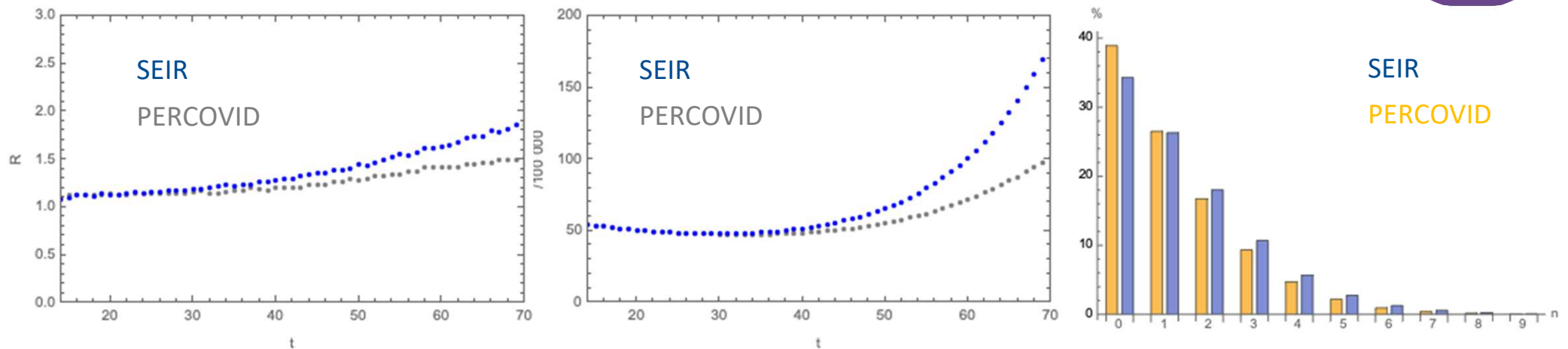
✓ PERCOVID:	$r_0 = 0.14$	α :	$r_0 = 0.25$	
✓ SEIR:	$r_{\text{seir}} = 0.10$	α :	$r_{\text{seir}} = 0.16$	réduction de 29% et 36%

➤ Propagation très similaire du virus et légère surestimation au niveau du 3^{ème} confinement

➤ Vaccination et immunité naturelle limitent dans les deux cas la propagation du virus

PÉRIODE 5: PROPAGATION DU VARIANT δ

□ Période de octobre à novembre 2021



➤ Infectiosité intrinsèque

- ✓ PERCOVID: $r_0 = 0.42$
- ✓ SEIR: $r_{\text{seir}} = 0.30$

réduction de 29%

- **Très forte infectiosité du variant δ** avec échappement plus fort à l'immunité naturelle et vaccinale: on retrouve les **mêmes caractéristiques qu'au début de l'épidémie**, légèrement atténuées

CONCLUSIONS

- ❑ Le modèle **PERCOVID** permet de **traiter toutes les situations** que l'on peut rencontrer lors de la **propagation d'une épidémie** par **voies respiratoires**
- ❑ Donne accès à **l'infectiosité intrinsèque**, indépendamment de toute pratique sociologique ou toute réglementation
- ❑ **Incontournable** pour comprendre **le tout début de la propagation** d'une épidémie
- ❑ **Indispensable** en l'absence de **brassage de population**
- ❑ **Un outil complètement nouveau** au service de la santé publique