



Des conditions hivernales froides et sèches favorisent la transmission du SARS-CoV-2

une analyse régionale de la première vague dans six pays occidentaux.

Jordi Landier, Juliette Paireau, Stanislas Rebaudet, Eva Legendre, Laurent Lehot, Arnaud Fontanet, Simon Cauchemez, Jean Gaudart

UMR SESSTIM – IRD, INSERM, Aix Marseille Univ
Institut des Sciences de la Santé Publique d'Aix Marseille (ISSPAM)

jordi.landier@ird.fr



Déclaration de liens d'intérêt avec les industries de santé en rapport avec le thème de la présentation (loi du 04/03/2002) :

Intervenant : Jordi LANDIER

Titre : Des conditions hivernales froides et sèches favorisent la transmission du SARS-CoV-2

- | | | |
|--|------------------------------|---|
|  Consultant ou membre d'un conseil scientifique | <input type="checkbox"/> OUI | <input checked="" type="checkbox"/> NON |
|  Conférencier ou auteur/rédacteur rémunéré d'articles ou documents | <input type="checkbox"/> OUI | <input checked="" type="checkbox"/> NON |
|  Prise en charge de frais de voyage, d'hébergement ou d'inscription à des congrès ou autres manifestations | <input type="checkbox"/> OUI | <input checked="" type="checkbox"/> NON |
|  Investigateur principal d'une recherche ou d'une étude clinique | <input type="checkbox"/> OUI | <input checked="" type="checkbox"/> NON |

Introduction

- Explosion du SARS-CoV-2 début 2020, avec une forte hétérogénéité spatiale durant la 1ère vague (inter- et intra-pays)
- Lien connu entre hiver et virus respiratoires : *survie du virus, susceptibilité individuelle, comportements*
- COVID-19 et météo : >100 articles en 2020 mais un **niveau de preuve faible** (*risques de biais, méthodes inadéquates* Briz-Redon 2020, Mecenas 2020; *compréhension des indicateurs météorologiques* Babin 2020)

Objectif

- Etudier le lien entre transmissibilité du SARS-CoV-2 et facteurs météo/climatiques

Rigoureusement:

- ➔ Analyser directement la transmissibilité ($R_0 \neq$ nombre de cas incidents)
- ➔ Prendre en compte le caractère local (de la météo)
- ➔ Ajuster sur les autres paramètres connus de la transmission (densité de population, foyer précoce)
- ➔ Avant la mise en œuvre de mesures efficaces contre la transmission

Matériel et méthodes 1/3

- Données

- Nombre de décès COVID-19 quotidien par région (*France, Italie, Espagne, Portugal, USA, Canada*)
- « Confinement »: diminution de mobilité (données Google)
- Données de stations météo NOAA : R **{worldmet}** (pondération en fonction de la population vivant aux environs de la station): Température, Humidité Absolue, Pluviométrie...
 - ➔ *Extraction d'une valeur moyenne régionale sur la période de transmission*
- Densité de population (*exclusion des territoires avec <5 hab/km2*)
- Distance à la première région touchée (*dans le pays*)
- Sélection des variables par DAG (**Dagitty v3.0**)

Matériel et méthodes 2/3

- Hypothèse : le nombre quotidien de décès est proportionnel au nombre d'infections 3 semaines avant
 - Dans une région donnée
 - Durant la période étudiée (~1 mois)
 - Avant l'effet du confinement

DONC

la vitesse d'augmentation des décès permet d'estimer la vitesse d'augmentation des cas et le R_0 et ne dépend plus du % de décès effectivement déclarés, du taux de létalité spécifique de la région etc...

$$\text{Décès}_{(t)} = \alpha_i * \text{Infections}_{(t-21)}$$

α_i constante sur la période d'étude, dépendante de paramètres régionaux : % de décès déclarés, taux de létalité de l'infection dans la population...

Matériel et méthodes 3/3

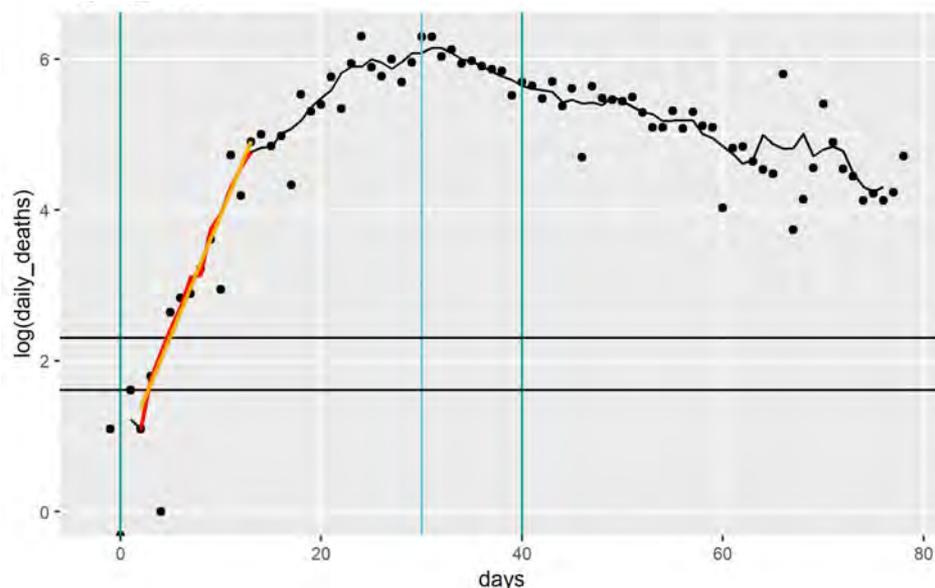
- Analyses statistiques

1. Lissage moyenne mobile 5j et transformation logarithmique pour identifier la période de croissance exponentielle

2. Régression de Poisson pour calculer le taux de croissance

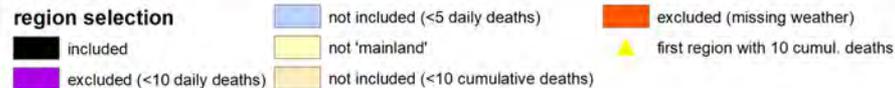
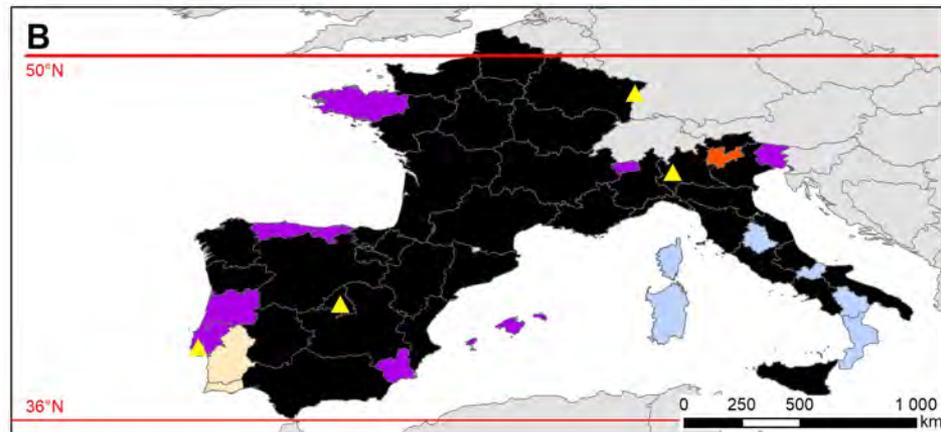
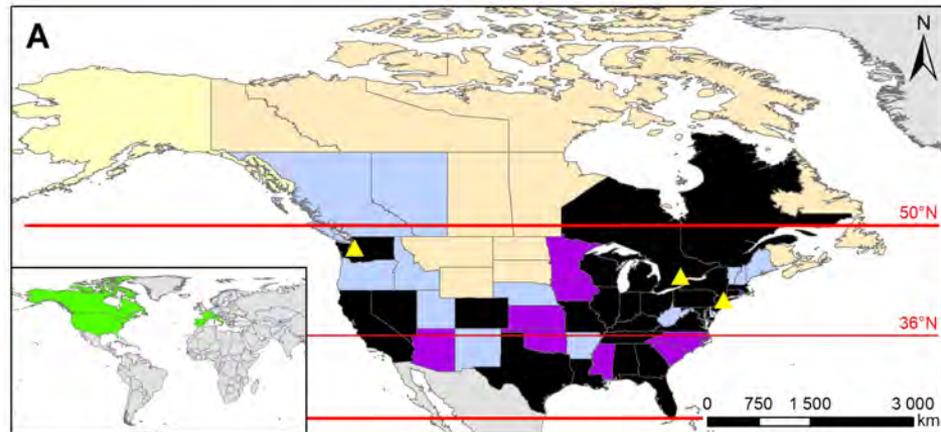
3. Calcul du R_0 par la méthode du temps de génération, uniquement pour les régions avec croissance suffisante (≥ 10 décès/jour) $\{R_0\}$

4. Evaluation des facteurs associés par un modèle généralisé additif hiérarchique (GAMM) $\{mgcv\}$



Résultats

Analyses réalisées sur **63 régions dans 6 pays** ayant présenté une croissance exponentielle du nombre de décès

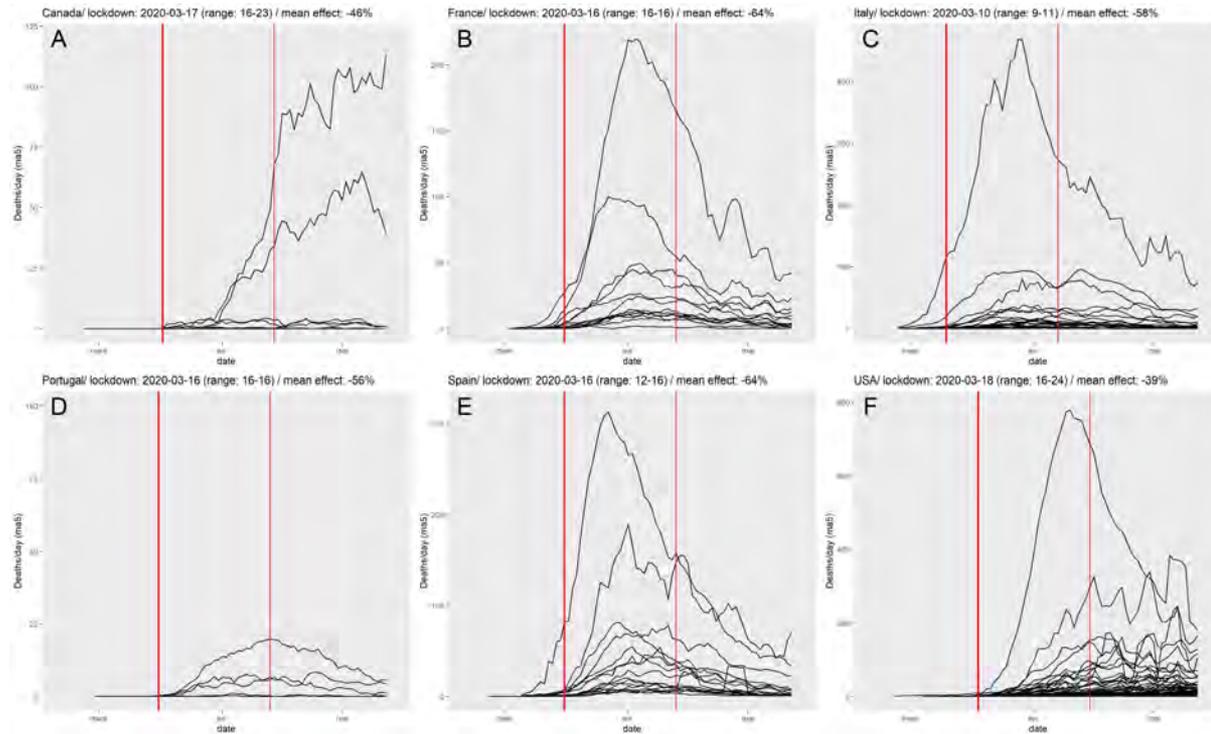


Résultats

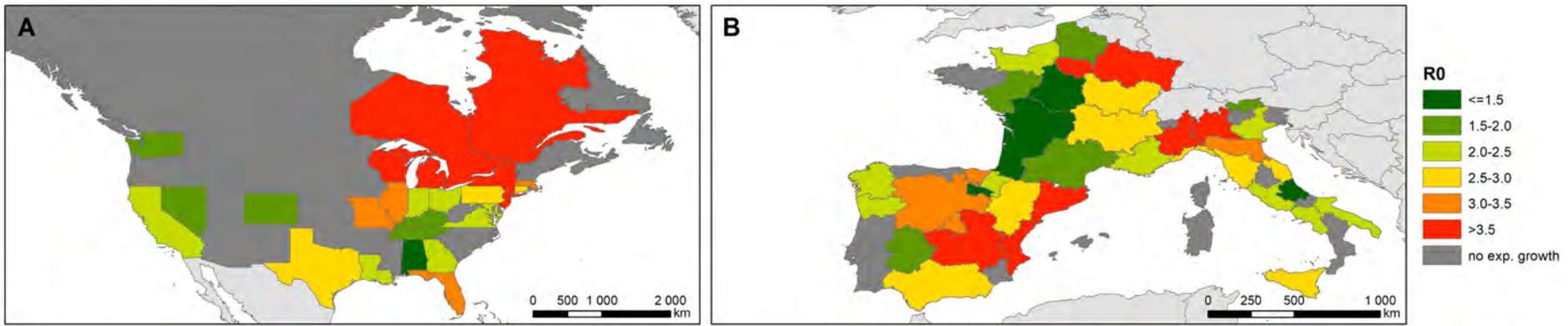
R0 calculé sur une durée médiane de 11 jours (IQR: 9-14)

à partir de la courbe des décès entre 5 (0;8.5) et 16 jours (11;21) post confinement

→ Transmission estimée durant les 3 semaines **avant confinement** (IQR début: -21;-12 ; fin: -10;0)



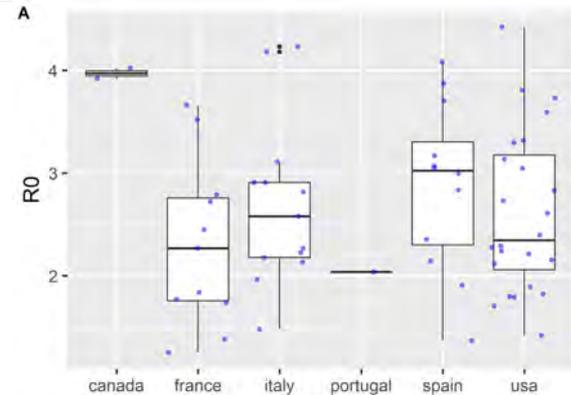
Résultats: R0



R0 médian: 2.6 (IQR: 2.1-2.7)

min*: <1.5 (Centre Val de Loire, Nlle Aquitaine)

max: >4.0 (New York, Lombardia,...)



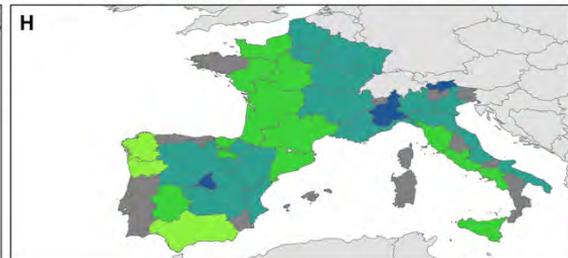
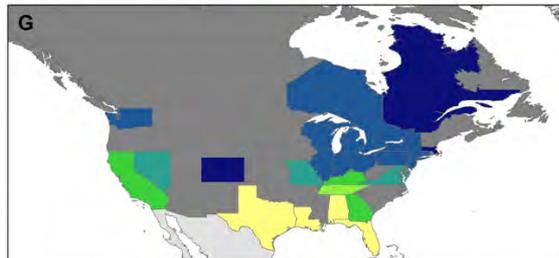
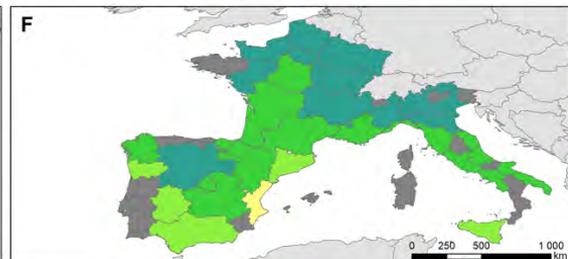
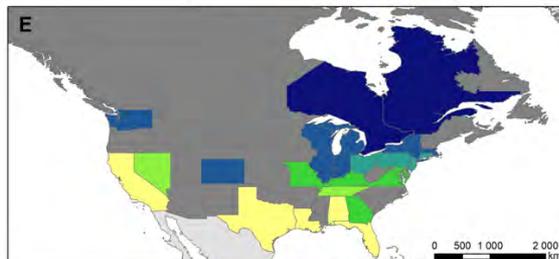
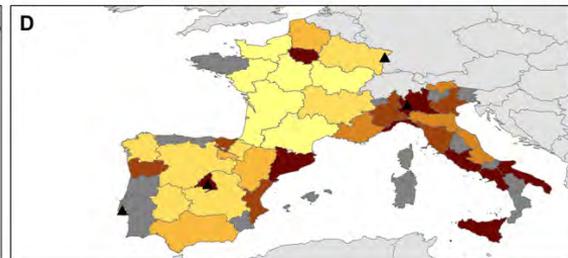
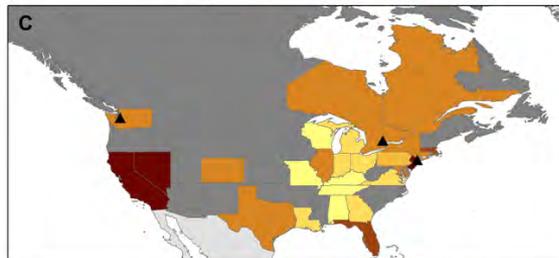
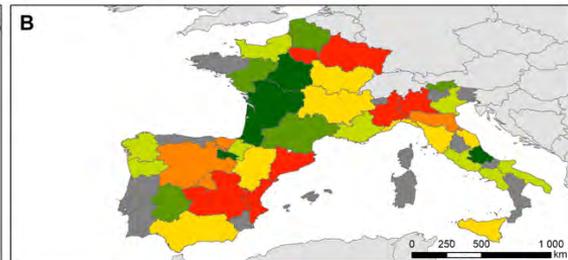
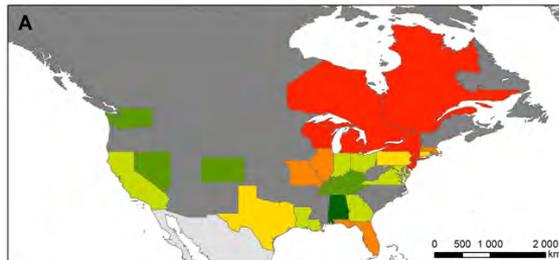
Covariables

R0

Densité de population

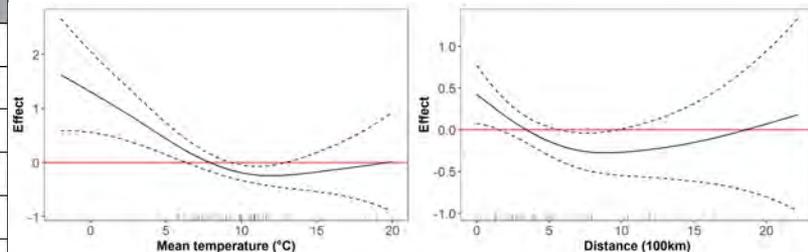
Température

Humidité absolue



Résultats: Température associée au R0

| Model | Variable | Estimate | 95%CI | p-value |
|---------|--|----------|--------------|---------|
| Model 1 | Intercept | 0.78 | [-0.88-2.45] | 0.36152 |
| | Population density (log10) | 0.67 | [0.07-1.26] | 0.03218 |
| | % population over 80 | 0.05 | [-0.08-0.18] | 0.44470 |
| | Distance to first region affected in the country/coast | spline | | 0.08007 |
| | Mean temperature | spline | | 0.00655 |
| | Dev. explained: 41.5% | | | |

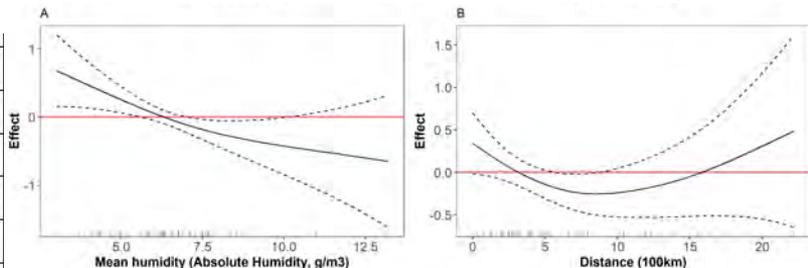


R0 régional:

- **densité de population x10** → **R0+0.67**
- **Température** relation non-linéaire
 - **Passage de 2.5 à 10 degrés** → **R0-1** (soit -1 degré → R0 +0.13)
 - Stable entre 10-15 degrés

Résultats: Humidité absolue associée au R0

| Model 2 | | | | |
|--|--------|--------------|---------|--|
| Intercept | 1.28 | [-0.36-2.92] | 0.13239 | |
| Population density (log10) | 0.50 | [-0.11-1.11] | 0.11294 | |
| % population over 80 | 0.03 | [-0.1-0.16] | 0.61862 | |
| Distance to first region affected in the country/coast | spline | | 0.115 | |
| Mean AH | spline | | 0.03401 | |
| Dev. explained: 33.6% | | | | |



R0 régional:

- Humidité absolue

- +1 g/m3 humidité abs. => R0-0.15

Discussion

Points forts:

R0 : étude directe de la transmissibilité

Régional (hétérogénéité locale)

Robuste (analyse de sensibilité, régions affectées uniquement, AH>RH)

Points faibles:

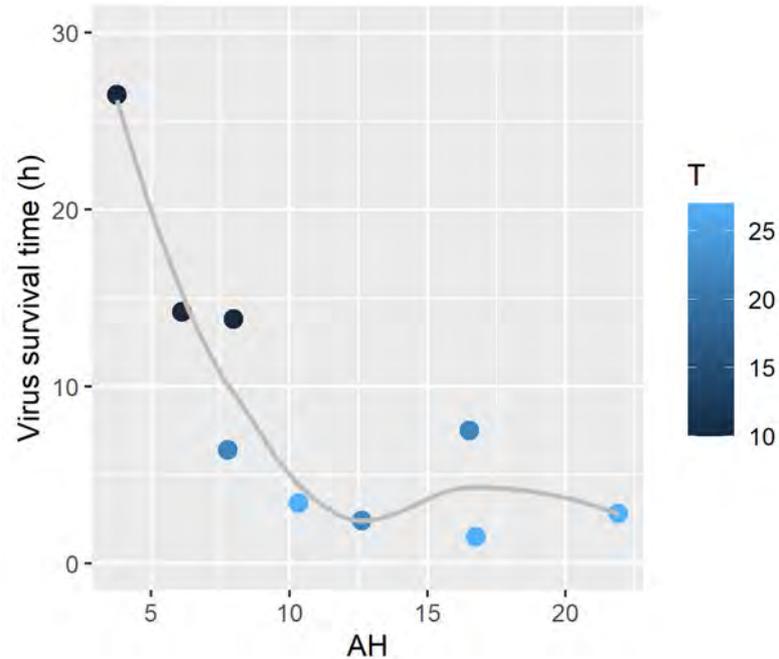
Décès = <1/1000 cas

Pas de variations fines de la météo

Amplitude météo restreinte (fin d'hiver, hém. Nord)

Pas de distinction possible entre AH et T

Discussion



Données Morris et al, eLife 2021. Conversion Temp, HR en humidité absolue (relation de Clausius Clapeyron)

Conclusion

1^{ère} vague: variabilité importante de la transmissibilité du SARS-CoV-2 selon les conditions hivernales

Température -8°C \Rightarrow +1 unité R_0 (+30 à +50%)

Refroidissement fin septembre 2020 \Rightarrow accélération de la 2^e vague ?

Qu'en sera-t-il du variant Delta ?

- R effectif $\ll R_0$: vaccination, mesures barrière etc...
- Mais les raisons biologiques de l'augmentation de transmissibilité l'hiver perdurent (temps passé à l'intérieur, survie du virus, muqueuses...)