

La propagation d'une pandémie avec ou sans mesure restrictive

Christin Nyhoegen, Institut Max-Planck de Biologie de l'Évolution

(Adapté en français par Félix Geoffroy et Florence Bansept)

Qu'est-ce qu'une pandémie ? Au cours de l'Histoire, de nombreuses maladies se sont propagées à grande vitesse sur toute la planète. Au départ, seules quelques personnes vivant au même endroit sont malades. Puis, la maladie gagne du terrain en se propageant d'une personne à l'autre. Si la maladie ne se propage que dans une région limitée, par exemple dans un seul pays, on parle d'une **épidémie**. En revanche, si elle se propage sur plusieurs continents, on parle de **pandémie**.



Quelles maladies peuvent être à l'origine d'une pandémie ? Seules les maladies infectieuses peuvent donner naissance à une pandémie. Ces maladies sont causées par de petits agents pathogènes comme des bactéries ou des virus¹. Par exemple, c'est une bactérie qui est à l'origine de la peste noire, et c'est un virus qui donne le SIDA. Si une personne porte le virus dans son corps, on dit qu'elle est **infectée**. Une personne infectée n'est pas forcément malade. Mais attention, même si elle ne présente aucun symptôme, une personne infectée peut contaminer les personnes avec qui elle a des contacts rapprochés. La contamination a lieu de différentes manières. Pour certains agents pathogènes comme le coronavirus, la contamination peut avoir lieu simplement si deux personnes sont l'une à côté de l'autre, par exemple pour discuter. Le virus peut passer de la personne infectée à la personne saine par les petites gouttelettes d'eau qui sont éjectées dans l'air que la personne infectée expire.



Pourquoi la maladie se propage-t-elle aussi vite ? Et comment peut-on la ralentir ? Réfléchissez au nombre de personnes avec lesquelles vous avez un contact proche en une journée. Comme on l'a vu, une simple discussion peut suffire à contaminer une personne saine si vous êtes infecté. Supposons que vous soyez infecté et que vous contaminiez deux personnes. Si ces deux personnes en contaminent deux autres à leur tour, cela donne 4 nouvelles personnes infectées, qui elles-mêmes contamineront 8 nouvelles personnes, puis 16, et ainsi de suite². On voit bien que, même dans une population très grande (comme celle de la France ou de l'Europe), l'infection atteint rapidement des proportions importantes. Et bien sûr, la maladie peut se propager encore plus vite si chaque personne infectée contamine plus de deux personnes saines. La situation devient critique quand le système hospitalier ne peut plus s'occuper de tous les malades, par exemple si les hôpitaux n'ont pas assez de lits. C'est pour ça qu'il est important de ralentir la propagation de la maladie en réduisant nos contacts rapprochés. On appelle cette méthode la **distanciation sociale**. On a ainsi moins de chance de se faire contaminer et de contaminer les autres. En particulier, il est très important de prendre ses distances avec les autres lorsqu'on présente des symptômes de la maladie, pour éviter de les contaminer. Il convient alors de **s'isoler**, c'est-à-dire de supprimer tout contact physique avec d'autres personnes pour ne pas propager la maladie. On appelle cela « être en **quarantaine** ».



Pour mieux comprendre l'efficacité de la distanciation sociale, il faut comparer la propagation de la pandémie dans des populations avec et sans restriction. Ce n'est pas bien compliqué, il vous suffira seulement de quelques feutres de couleurs. Vous pourrez simuler la propagation de la maladie grâce au projet ci-dessous.

¹ Pour plus d'information sur les virus, voir le lien ci-dessous : http://web.evolbio.mpg.de/evoltheo_corona/

² Pour plus d'information sur la manière dont ce nombre augmente (croissance exponentielle), voir le lien à gauche.

Projet : Pandémie sur du papier

Cet exercice permet de montrer l'efficacité des mesures de restriction que l'on applique actuellement. On s'intéresse à la manière dont on peut ralentir la propagation d'une maladie infectieuse, causée par un virus par exemple, en appliquant des restrictions. On va donc comparer différentes situations, et observer combien de temps il faut pour que toute la population soit infectée par la maladie.

Pour toutes les situations

- On a une population de 100 personnes représentée par un tableau de taille 10 fois 10. Chaque case représente une personne.
- Au départ, il n'y a qu'une seule personne infectée.
- On va comparer la propagation de la maladie dans la population :
 - pour différentes situations qui correspondent à différentes mesures de restriction,
 - et au cours du temps (pour chaque situation). Chaque tableau représentera l'état de la population pour un jour donné.
- Une personne est soit saine, soit infectée. De plus, elle peut être isolée, et donc elle ne peut plus contaminer personne. On représente cela avec les couleurs suivantes :

 Personne saine  Personne infectée  Personne tout juste infectée  Personne isolée

- Pour un jour donné, on utilise des couleurs différentes pour les personnes infectées. On colorie en bleu les personnes qui étaient déjà infectées la veille, et on colorie en orange les personnes tout juste infectées (ce jour-ci).

Situation 1 Pas de restriction

- Tout le monde peut bouger
- Chaque personne est en contact avec ses quatre voisins directs :



Situation 2 Distanciation sociale

- Tout le monde peut bouger
- Chaque personne est en contact avec ses voisins de gauche et droite :



Situation 3 Distanciation sociale et déplacements réduits

- Une personne sur quatre peut bouger
- Chaque personne est en contact avec ses voisins de gauche et droite :



Situation 4 Isolement

- Une personne sur deux est isolée
- Une personne sur quatre peut bouger
- Chaque personne est en contact avec ses voisins de gauche et droite :



Comment ça marche ? Remplissez les tableaux pour chaque situation jusqu'à ce que toute la population soit infectée, ou que vous ayez rempli tous les tableaux. Pour remplir les tableaux, suivez les étapes suivantes :

Jour 1 Même procédure pour chaque situation

1. Choisissez une case et coloriez-la en **bleu**. C'est votre première personne infectée.
2. Infectez ses voisins en coloriant leur case en **orange** (selon la situation, il faut colorier les quatre voisins, ou seulement ceux de gauche et de droite).
3. Comptez **toutes les cases coloriées** et écrivez le total sur l'en-tête du tableau.

Exemple

Situation 1

Personnes infectées : 5						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

1. Une personne est infectée (bleu)
2. Elle infecte ses voisins directs (orange)
3. Le total de personnes infectées est ajouté à l'en-tête gauche (5), droite (3)

Situation 2-4

Personnes infectées : 3						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Situation 1 Pour chaque jour

1. Puisque tout le monde peut bouger, pour chaque case coloriée dans le tableau précédent (en bleu ou en orange), choisissez une nouvelle case dans le nouveau tableau et coloriez-la en **bleu**. Vous pouvez choisir les nouvelles cases comme vous le souhaitez, il n'y a pas de règle particulière.

Conseil Le nombre de cases coloriées dans ce tableau et dans le précédent doit maintenant être le même.

2. Infectez ses voisins en coloriant leurs cases en **orange**.
3. Comptez **toutes les cases coloriées** et écrivez le total sur l'en-tête du tableau.

Exemple

Personnes infectées : 5						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Personnes infectées : 21						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Personnes infectées : 36						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

1. Toutes les personnes infectées dans le tableau précédent sont déplacées dans le nouveau tableau. Tout le monde peut bouger, vous pouvez donc les déplacer vers une autre case sur le nouveau tableau
2. et 3. Comme précédemment

Situation 2 Pour chaque jour

Pour la situation 2, la procédure est la même que pour la situation 1. La seule différence est qu'une personne ne contamine pas ses quatre voisins directs, mais seulement deux : ceux de gauche et de droite.

Exemple

Personnes infectées : 3

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Personnes infectées : 9

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Personnes infectées : 24

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

1. Toutes les personnes infectées dans le tableau précédent sont déplacées dans le nouveau tableau. Tout le monde peut bouger, vous pouvez donc les déplacer vers une autre case sur le nouveau tableau
2. et 3. Comme précédemment

Situation 3 Pour chaque jour

Pour la situation 3, une personne sur quatre peut bouger. Suivez cette procédure quand vous copiez les cases dans le nouveau tableau :

- a) Divisez par quatre le nombre de personnes infectées dans le tableau précédent (si la division ne tombe pas juste, arrondissez au nombre inférieur, par exemple 3.6 devient 3). Toujours dans le tableau précédent, marquez un point sur autant de cases coloriées que le nombre obtenu précédemment. Vous pouvez choisir les cases coloriées marquée d'un point comme vous le souhaitez, il n'y a pas de règle particulière.
- b) Pour chaque case coloriée sans point, coloriez-en **bleu** la même case dans le nouveau tableau.
- c) Pour chaque case coloriée avec un point, coloriez une case différente dans le nouveau tableau.

Conseil Le nombre de cases coloriées dans ce tableau et dans le précédent doit maintenant être le même.

Exemple

Personnes infectées : 3

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Personnes infectées : 5

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Personnes infectées : 9

	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Les cases qu'on n'a pas déplacées

La case qui était marquée avec un •

a) D'abord on divise par quatre le nombre de personnes infectées dans le tableau précédent :

1er Tab: 0.75 arrondi à 0

2ème Tab: 1.25 arrondi à 1

(pour le 3ème Tab. ça serait 2)

b) Toutes les personnes infectées qui n'ont pas de point sont placées au même endroit dans le tableau suivant

c) Toutes les personnes infectées avec un point sont déplacées à un endroit différent dans le tableau actuel (voir flèches)

2. et 3. Comme précédemment

Situation 4 Pour chaque jour

Pour la situation 4, on a la même mesure restrictive que celle ajoutée dans la situation 3, mais on ajoute en plus l'isolement de la moitié des individus. On ajoute l'isolement après l'étape de copie des personnes infectées d'un tableau à l'autre (décrite par les étapes a) à c) dans la situation 3). L'isolement fonctionne comme ceci :

- d) Après avoir copié les cases coloriées dans le nouveau tableau, la moitié d'entre elles vont s'isoler. Divisez par deux le nombre de personnes infectées (le même que précédemment) et arrondissez. Maintenant, entourez en **noir** autant de cases bleues que le nombre ainsi obtenu. Ici aussi, vous pouvez choisir les cases à entourer comme vous le souhaitez. Ces personnes ne contamineront pas leurs voisins dans l'étape 2.

Conseil Le nombre de cases coloriées dans ce tableau et dans le précédent doit maintenant être le même. Pour chaque jour, les personnes isolées seront choisies différemment, vous n'avez donc pas besoin de recopier le cadre noir.

Exemple

Personnes infectées : 3						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Personnes infectées : 4						
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3			•			
4						
5						
6						

Personnes infectées : 6						
	1	2	3	4	5	6
0						
1						
2						
3						
4						
5						

- a) - c) comme précédemment
d) après avoir copié les cases dans le nouveau tableau, la moitié est encadrée en noir.
2ème Tab: $3/2 = 1.5$ arrondi à 1
3ème Tab: $4/2 = 2$
Les cases entourées en noir ne peuvent pas infecter leurs voisins.
2. and 3. comme précédemment

Analyse Comparer les nombres de personnes infectées

Après avoir complété toutes les situations, remplissez le graphique à la dernière page. L'axe horizontal représente le temps (neuf jours pour les neufs tableaux de chaque situation) et l'axe vertical représente le nombre de personnes infectées. Chaque situation doit être dessinée avec une couleur différente. Pour chaque tableau de chaque situation, dessinez une barre dont la hauteur correspond au nombre de personnes infectées ce jour-là.

Au départ, il y a toujours une seule personne infectée. Elle est déjà représentée sur le graphique pour le jour 0.

Répondez aux questions suivantes :

- Quelles sont les différences entre les résultats de chaque situation ?
- Quelles mesures restrictives ralentissent le mieux la propagation de la maladie ?
- Quelle conclusion tirez-vous de ce projet ?

Sur l'adresse indiquée ci-dessous, vous trouverez un outil pour utiliser des simulations informatiques correspondant au projet que vous venez de faire à la main. Vous pourrez comparer vos résultats avec les simulations, ainsi qu'essayer de nouvelles situations.

http://web.evolbio.mpg.de/evoltheo_corona/PandemicOnPaper_CN/

Situation 1 Pas de restrictions

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Situation 2 Distanciation sociale

Personnes infectées :										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Situation 3 Distanciation sociale et déplacements réduits

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Situation 4 Isolement

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Personnes infectées :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Propagation de la pandémie pour les différentes situations

