

TP épidémiologie et confinement

Le tableau tableur_confinement-tp.xlsx représente la progression d'une épidémie dans une population et l'effet du confinement sur cette progression. C'est un modèle théorique, excessivement simplifié par rapport aux multiples facteurs qui entrent en jeu dans la réalité d'une épidémie¹.

1. Explications

B2 : probabilité de transmission du virus. Quand une personne malade est en contact avec une personne saine, quel est le pourcentage de probabilité pour qu'elle lui transmette le virus ? Ce facteur dépend du virus : mode de transmission (par voie aérienne, par fluides corporels, etc.) ; durée d'incubation (est-on contagieux avant l'apparition de symptômes ?), etc. Ici, on suppose 0,5%.

B3 : taux de létalité. Pour 100 personnes infectées, combien meurent en moyenne ? Ce facteur dépend essentiellement de la dangerosité du virus (mais aussi, selon les cas, des soins médicaux disponibles). Ici, on suppose 3%.

B4 : durée de la maladie. Ce facteur dépend aussi du virus. Pour simplifier, on suppose ici que la maladie dure 10 jours, ni plus, ni moins, pour tous les malades. Au bout de 10 jours, soit on meurt, soit est guéri (on est alors immunisé, et on ne peut plus transmettre le virus). Pour simplifier encore, on suppose aussi qu'on est contagieux dès le moment où on a été infecté (qu'on ait des symptômes ou pas).

B5 : nombre de contacts par jour. Avec combien de personnes en moyenne une personne entre-t-elle en contact par jour ? On ne cherche pas à définir « entrer en contact », et on reste à un niveau théorique : il s'agit simplement d'une « occasion de transmettre le virus ». Contrairement à la probabilité de transmission du virus, à la durée de la maladie et à sa létalité, cette valeur peut être diminuée volontairement par des mesures de distanciation sociale et de confinement. Valeur supposée dans ce cas : 50.

B6 : R0. Nombre de personnes qu'infecte en moyenne une personne malade pendant le temps qu'elle est malade. Dépend de la probabilité de transmission du virus et de la durée de la maladie mais aussi du nombre de contacts par jour (et donc des mesures de confinement adoptées²).

Colonne C : nombre de jours depuis le 100^e cas.

Colonne D : nombre de personnes non encore infectées à la fin de la journée. On part d'une population de 70 000 000 personnes, où se trouvent 100 malades : il reste donc 69 999 900 personnes saines au premier soir de l'épidémie.

Colonne E : nombre de nouveaux cas infectés au cours des dernières 24 heures (c'est le nombre réel de nouveaux malades, pas le nombre de cas détectés). On part de 100 nouveaux cas, donc.

¹ Lire en complément l'article <https://sciencetonnante.wordpress.com/2020/03/12/epidemie-nuage-radioactif-et-distanciation-sociale/> dont cet exercice s'inspire (en simplifiant certains calculs).

² Voir https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2020/02/20/2019-ncov-un-virus-peu-contagieux-et-dont-la-letalite-est-plutot-faible_6030246_4355770.html sur la différence entre la contagiosité et létalité d'un virus (dans l'article R0 est un taux maximum, dans un contexte où aucune mesure de confinement n'est mise en place). Voir également https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2020/04/07/les-enjeux-du-deconfinement-expliques-en-schemas_6035827_4355770.html sur la propagation d'un virus.

Colonne F : nombre de personnes actuellement malades (qui sont dans les 10 jours de la maladie : elles ne sont plus saines, mais pas encore guéries ou mortes). Au début, 100 personnes, donc.

Colonne G : nombre de personnes décédées du virus au cours des dernières 24 heures.

Colonne H : nombre de personnes décédées du virus depuis le début de l'épidémie.

Colonne I : nombre de personnes ayant guéri au cours des dernières 24 heures.

Colonne J : nombre de personnes qui ont guéri du virus depuis le début de l'épidémie.

2. Consignes

Pour chaque formule, pour pouvez utiliser les résultats fournis par les formules présentes dans les autres colonnes.

Sauf pour B6, arrondir tous les nombres à l'unité (pas de décimales).

On veut que les résultats de la simulations changent automatiquement si on modifie les paramètres B2 (probabilité de transmission), B3 (létalité) et B5 (nombre de contacts).

(1) En B6, calculer le R0 pour ce virus et ce nombre de contacts quotidiens.

(2) Insérer dans la colonne C les nombres de 1 à 100 (une plage de 100 journées).

(3) En E3, calculer le nombre de nouveaux cas apparus au cours du jour 2 (infectés par les 100 personnes infectées au soir du jour 1).

(4) En F3, calculer le nombre total de malades au soir du jour 2. Étendre ces deux formules aux colonnes E et F respectivement pour calculer ces valeurs pour les jours suivants.

(5) En D3, calculer le nombre de personnes qui restent saines au soir du jour 2. Étendre à toute la colonne.

(6) Durant les 9 premiers jours, aucun décès ni aucune guérison ne se produit (la maladie dure 10 jours). Pour simplifier, on suppose que les 100 nouveaux cas du jour 1 sont tous apparus en même temps le premier jour³. Entrer 0 pour les colonnes G, H, I, et J jusqu'au jour 9 compris.

En revanche, au cours du jour 10, les malades infectés le jour 1 soit meurent, soit guérissent. Calculer en G11 le nombre de décès survenus le jour 10. Étendre vers le bas à tout le reste de colonne pour calculer cette valeur pour les jours suivants.

(7) Calculer en I12 le nombre de guérisons survenues le jour 10. Étendre à tout le reste de la colonne.

³ Dans l'article, la modélisation est plus réaliste : on part d'une situation où il y a déjà plusieurs malades, plusieurs morts, plusieurs personnes guéries. On calcule le nombre de morts par jour avec une formule plus complexe (qui suppose, pour chaque jour, de calculer les 3% de malades qui vont mourir – pas forcément ce jour là puisqu'ils ne sont pas tous tombés malades en même temps – et de diviser ce résultat par 10 – c'est-à-dire 10 jours – pour avoir l'estimation du nombre de morts ce jour-là). On pourrait également partir d'un seul malade (le patient 0) le jour 1, mais c'est moins intuitif : chaque jour, ce malade contamine « 0,25 » personnes. Au cours des 10 jours où il aura été malade, il aura contaminé 2,5 personnes. Comme la contagiosité et la létalité du virus sont des probabilités (des pourcentages), le nombre de cas n'est pas forcément rond : c'est une estimation.

(8) Calculer en H12 le nombre cumulé de morts depuis le jour 1. Étendre à tout le reste de la colonne.

(9) Calculer en J12 le nombre de guérisons cumulées depuis le jour 1. Étendre à tout le reste de la colonne.

(10) Représenter sur un seul graphique l'évolution du nombre de nouveaux cas, de nouveaux décès et de nouvelles guérisons par jour. Tester différents types de graphique.

(11) Représenter par un graphique l'évolution du nombre cumulé de morts depuis le début de l'épidémie. Tester différents types de graphique.

(12) Représenter par un graphique l'évolution du nombre de personnes malades en même temps (c'est à cette courbe qu'on fait référence quand on parle d'« aplanir la courbe » pour éviter la surcharge des hôpitaux).

(13) Représenter sur un seul graphique l'évolution du nombre de malades, et du nombre cumulé de morts, de personnes guéries et de personnes non encore infectées (c'est-à-dire, pour chaque jour, montrer comment la population initiale de 70 000 000 se répartit entre les non infectés, les malades, les guéris et les morts). Tester différents types de graphique.

(14) En travaillant sur chaque question (et notamment en voyant les graphiques), vous vous rendez peut-être compte que les formules que vous avez précédemment écrites n'étaient pas totalement exactes. Corrigez-les et appliquez de nouveau les formules corrigées à l'ensemble de la colonne (vous devez avoir la même formule dans toute la colonne à partir de la ligne 3 pour les colonnes D:F et à partir de la ligne 10 pour les colonnes G:J). Vous devez notamment trouver une solution pour ne jamais aboutir, durant les 100 jours de l'épidémie, à un nombre de personnes (malades, guéries, sains, etc.) qui serait négatif (si c'est le cas, il y a une erreur quelque part). Veillez également à ne pas avoir à la fin de l'épidémie plus de malades que la population initiale (on suppose que la population n'augmente pas dans l'intervalle⁴).

(15) On suppose que des mesures de confinement sont mises en place. Modifier le nombre de contacts quotidien en testant différentes solutions (40, 30, 20, 10 contacts). Observer les courbes. Au jour 100, on peut aboutir à une situation stable soit parce que tout le monde a été infecté, soit parce que le virus ne se propage plus assez vite et finit par disparaître ; on peut également aboutir à une situation qui évolue encore : dans ce cas vous pouvez ajouter des journées supplémentaires pour voir ce qui se passe après.

(16) C'est un peu moins intéressant pour l'analyse, mais vous pouvez également faire varier les autres paramètres du virus, modifier la taille de la population, le nombre de personnes infectées au jour 1 (en modifiant à la fois E2 et F2), la durée de la maladie (c'est-à-dire retarder ou avancer la guérison ou le décès des malades).

⁴ Indice : pour résoudre ce problème, vous devez employer une fonction (la seule de l'exercice, tout le reste se calcule avec des opérateurs simples).