

INFORMATIONS SUR LA ROUGEOLE**La rougeole n'est pas une maladie bénigne :**

Il s'agit d'une maladie d'origine virale dont les premiers symptômes sont une forte fièvre, suivie d'une toux, éventuellement d'une conjonctivite, de diarrhées. Des taches apparaissent ensuite à l'intérieur de la bouche, puis des points rouges sur l'ensemble du corps. Un cas de rougeole sur mille est mortel (complications très graves : infection des poumons, inflammation aiguë du cerveau, cécité, coma). Il n'existe pas de traitement contre cette maladie.

La rougeole est très contagieuse : Le virus se transmet par voie aérienne et peut survivre deux heures dans l'air. Une personne contagieuse peut contaminer 15 à 20 personnes qui n'ont jamais eu la rougeole ou qui ne sont pas vaccinées.

Avant l'introduction de la vaccination, la rougeole était la première cause de mortalité par infection (135 millions de cas annuels dans le monde – dont 500 000 en France en moyenne - entraînant 6 millions de décès).

Le vaccin ROR contre la rougeole a été mis au point à la fin des années soixante puis commercialisé en France depuis 1973. En 1983, le vaccin contre la rougeole rejoint la liste des vaccins infantiles **recommandés** ce qui a largement contribué à la moindre propagation du virus.

En juin 2017, madame Agnès Buzyn, à l'époque ministre des Solidarités et de la Santé, s'inquiète de la recrudescence de certaines maladies infantiles et propose de rendre **obligatoire 11 vaccins infantiles** contre seulement 3 à l'époque : « Comme le vaccin est seulement recommandé et non obligatoire, le taux de couverture est de 75% alors qu'il devrait être de 95% pour prévenir cette épidémie. »

En France : En 2018 : 2919 cas ont été déclarés / En 2019 : 2636 cas / En 2020 : 240 cas / En 2021 : 16 cas dont 5 patients venant de l'étranger.

Outre les confinements et les autres mesures sanitaires instaurés (gestes barrières) pendant l'épidémie de Covid-19, cette baisse peut être expliquée par l'amélioration de la couverture vaccinale liée à l'extension des obligations vaccinales des nourrissons depuis janvier 2018, qui comprend la vaccination contre la rougeole.

Problème : A l'aide d'un modèle numérique, on veut déterminer le taux de couverture vaccinale minimum qui est indispensable pour prévenir l'épidémie de rougeole.

Pour répondre à la problématique, on considèrera comme suffisant le taux de couverture vaccinale lorsque le pourcentage maximal d'individus infectés sera strictement inférieur à 5.

PARAMETRAGE DE LA SIMULATION : logiciel en ligne Edu'modèles

- 1) Ouvrir le logiciel et choisir « modèle algorithmique »
- 2) Charger le modèle « vaccination.modele »
- 3) A droite, on peut voir les différentes « entités » qui vont agir dans ce modèle prédéfini

Nom de l'entité	Statut et informations pour le paramétrage des propriétés de l'entité (agent)
Virus-rougeole	Virus de la rougeole Le virus libéré reste dangereux pendant au moins 30 min. Il survit peu de temps sur les objets et dans le modèle on lui attribuera une courte demi-vie* (50 tours) : L'agent est mobile et la probabilité de déplacement par tour est de 100 %.
Sain-vacciné	Individu sain et vacciné contre la rougeole. Demi-vie infinie et probabilité de déplacement de 100 %
Sain-non-vacciné	Individu sain et non vacciné contre la rougeole. Même demi-vie et probabilité de déplacement.
Infecté	Individu malade, infecté par le virus de la rougeole. Même demi-vie et probabilités de déplacement.
Sain-immunisé	Individu guéri après une première infection par le virus de la rougeole. Même demi-vie et probabilité de déplacement. Les différentes personnes sont toutes mobiles.

*La demi-vie d'un virus correspond au temps nécessaire pour que le virus perde la moitié de son activité spécifique pour cause de dénaturation et d'inactivation

4) Dans le logiciel, les comportements des entités sont modélisés comme des équations en chimie :

Comportement	Équation et paramétrage de la probabilité de réalisation du comportement
Infection	Virus-rougeole + sain-non-vacciné → virus-rougeole + infecté Attention : il faut modifier la probabilité de réaction à 10 % : dans le menu de droite, dans « règles (comportements) » cliquer sur « infection » puis « modifier cette règle »
Transmission	Infecté → infecté + virus-rougeole + virus-rougeole + virus-rougeole + virus-rougeole P = 50 % (probabilité importante car la rougeole est une maladie hautement contagieuse)
Guérison	Infecté → sain-immunisé L'individu infecté est naturellement protégé d'une infection ultérieure par le biais de cellules mémoires formées lors de la première rencontre avec le pathogène Ce comportement a une faible probabilité (P = 0,1 %), tenant compte de la durée de la maladie

PROTOCOLE A SUIVRE :

Vous allez réaliser différentes simulations avec **10 virus** de la rougeole et un nombre total de **100 individus** : vous ferez **uniquement varier le nombre d'individus vaccinés** (0, 1, 10, 50, 90, 95).

Simulation n°1 : suivi d'un échantillon de 100 individus dont aucun n'est vacciné (soit 100 sains-non vaccinés)

Simulation n°2 : suivi d'un échantillon de 100 individus dont un seul est vacciné (soit 99 sains-non vaccinés)




Simulation n°3 : suivi d'un échantillon de 100 individus dont 10 sont vaccinés (soit 90 sains-non vaccinés)

Simulation n°4 : suivi d'un échantillon de 100 individus dont 50 sont vaccinés (soit 50 sains-non vaccinés)

Simulation n°5 : suivi d'un échantillon de 100 individus dont 90 sont vaccinés (soit 10 sains-non vaccinés)

Simulation n°6 : suivi d'un échantillon de 100 individus dont 95 sont vaccinés (soit 5 sains-non vaccinés)


Pour modifier le nombre de chaque entité : dans le menu de droite, allez dans « Agents (entités) » puis « placer cet agent » et disposez les acteurs de manière unitaire en cliquant avec la croix sur le damier.

Disposer les acteurs de la simulation (= placer les entités souhaitées dans l'environnement)	 Crayon	Disposer les acteurs de manière unitaire avec le crayon
	 Gomme	Gommer une entité précise
	 Corbeille	Vider l'environnement

Pour modifier vos simulations et éviter de replacer toutes les entités à chaque fois : dans « Animation », faites « réinitialiser » puis modifiez le nombre d'entités avec la gomme ou le crayon.

Pour chaque simulation vous devez relever :

- le pourcentage d'individus vaccinés
- le pourcentage maximal d'individus infectés (pic épidémique)
- la durée totale de l'épidémie de rougeole (en nombre de tours) : temps au bout duquel il n'y a plus aucun individu infecté dans la population. NB : pour obtenir la durée exacte de l'épidémie, dans « Graphique » cliquez sur « Exporter » (vous obtiendrez un fichier Excel avec toutes les valeurs de votre courbe).

Lancer la simulation		Appuyer sur le bouton « lecture » Faire si nécessaire une pause pendant la simulation La flèche en rotation ramène à la situation initiale
----------------------	---	--

Dans Excel :

- 1) Traitez vos résultats sous la forme d'un graphique « **nuages de points** » : Pourcentage d'individus infectés en fonction du pourcentage d'individus vaccinés
- 2) Tracer ensuite la **droite de régression** avec son **coefficient directeur** et le coefficient de détermination R^2 (clic droit sur la courbe : « ajouter une courbe de tendance » linéaire, cochez l'équation de la droite et le coefficient R^2)

Le coefficient de détermination R^2 détermine à quel point l'équation $y = ax + b$ est adaptée pour décrire la distribution des points. En effet, plus le R^2 se rapproche de 1, plus le nuage de points se rapproche de la droite de régression. On admet que si le coefficient de détermination dépasse 0,87, la figure la plus pertinente pour relier le nuage de points est ladite droite de régression.

- 3) Faire un autre graphique représentant la durée de l'épidémie en fonction du taux d'individus vaccinés.