Fiche de présentation et d'accompagnement

Classe de 1ère spécialité.

Enseignement de SVT

Thème 3 Corps humain et santé

Le fonctionnement du système immunitaire humain.

L'utilisation de l'immunité adaptative en santé humaine

Nom de l'activité : La réussite d'un vaccin dépend de la couverture vaccinale

Type de séance : TP

Durée : 1h30 par exemple (3h au total)

Programme officiel

Savoir	Savoir-faire
La vaccination préventive améliore les capacités de défense d'un individu dont le phénotype immunitaire est modelé au gré des expositions aux antigènes. Elle peut être appliquée à tout âge. Dans une population, cette vaccination n'offre une protection optimale qu'au-delà d'un certain taux de couverture vaccinale, qui bloque la circulation de l'agent infectieux au sein de cette population. Cela résulte du fait que l'on peut porter et transmettre l'agent infectieux sans être soi-même malade (porteur sain).	**- Modéliser et calculer le taux de couverture vaccinale efficace pour un vaccin.** **- Prendre conscience que la vaccination est une démarche dans laquelle le bénéfice collectif est très largement supérieur au risque vaccinal individuel.**

Compétences pouvant être évaluées au cours de l'activité

☒ pratiquer des démarches scientifiques	**☐ concevoir, créer, réaliser**	**☒ utiliser des outils et mobiliser des méthodes pour apprendre**	**☒ pratiquer des langages**	**☒ adopter un comportement éthique et responsable**

Organisation de la séance et remarques :

Les pré-requis sont : la connaissance du principe de la vaccination, de la mémoire immunitaire.
Cette activité peut donc être réalisée suite à une première activité sur l'historique et le principe de la vaccination.
Un des deux exemples présentés peut être utilisé indépendamment ou les deux en parallèle ou à la suite.
L'objectif est que les élèves travaillent leurs compétences expérimentales en utilisant un logiciel de modélisation et en exploitant des documents et acquièrent les connaissances fondamentales sur la base biologique de la stratégie vaccinale préventive qui permet la protection de l'individu vacciné et de la population. Cette activité permet aussi de travailler la compétence de fonder ses choix de comportement responsable vis-à-vis de sa santé et de comprendre ses responsabilités individuelles et collectives en terme de santé en prenant conscience de l'importance de la démarche de se faire vacciner afin de protéger l'ensemble de la population.
Possibilité de différenciation en apportant l'aide vidéo sur l'utilisation d'Edu'modèles ou une aide sur l'utilisation du tableur pour les élèves en difficulté, en donnant une modèle incomplet à compléter pour les plus avancés. Un document de résultats de secours peut être prévu si l'élève a des difficultés à obtenir des résultats exploitables.

Activité proposée par Laure Willhelm, professeur de SVT, académie de Guyane.

Activité : La réussite d'un vaccin dépend de la couverture vaccinale

Exemple 1 : la cas de la vaccination contre la rougeole

En juin 2017, Madame Agnès Buzyn, nouvelle 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. La ministre s'appuie sur des données concernant la rougeole : « Aujourd'hui, en France, la rougeole réapparaît. Dix enfants sont décédés de la rougeole depuis 2008. Comme ce 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 effet, on observe une recrudescence de la rougeole en Europe avec 24.000 personnes infectées en 2017 par ce virus alors qu'en 2016 à peine 5.300 cas ont été recensés. Et il y a eu 3 fois plus de cas de rougeole dans le monde au cours des 6 premiers mois de 2019 par rapport à 2018. La République démocratique du Congo a été le siège d'une épidémie de rougeole considérée comme *«la pire au monde»* en 2019 avec plus de 6000 personnes décédées en l'espace d'un an.

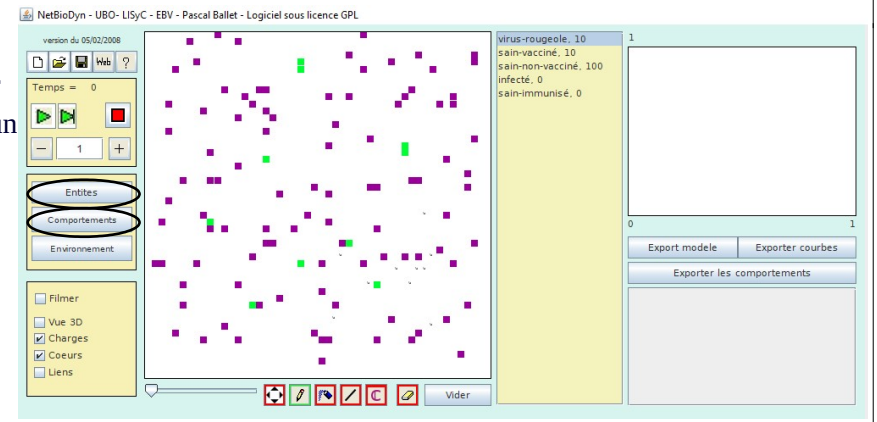
Problématique : Comment expliquer le retour de la rougeole et comment prévenir l'épidémie de rougeole ?

Hypothèse :

Réalisez une modélisation numérique de l'évolution du taux de personnes infectées par le virus de la rougeole selon le taux de personnes vaccinées sur le logiciel NetBioDyn.
Pour cela utilisez les indications suivantes et la fiche technique du logiciel à votre disposition.

Indications : Les **entités** du modèle sont les suivantes :
"virus-rougeole" : virus de la rougeole
"sain-vacciné" : individu non infecté et vacciné contre le virus de la rougeole
"sain-non-vacciné" : individu non infecté et non vacciné contre le virus de la rougeole
"infecté" : individu malade, infecté par le virus de la rougeole
"sain-immunisé" : individu naturellement immunisé contre le virus de la rougeole après une première infection guérie

Différents **comportements** ont été paramétrés : l'infection d'un individu par le virus, la transmission du virus depuis un individu infecté vers un individu non infecté et l'immunisation d'un individu après une première infection grâce à la formation de cellules-mémoires. Les probabilités de réalisation de ces comportements ont été paramétrées en tenant compte de la contagiosité de la maladie et de sa durée.



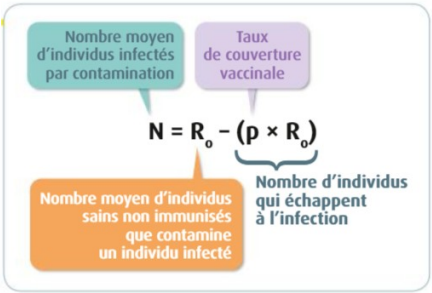
Étape 1 : Avec le logiciel NetBioDyn, réalisez différentes simulations avec 10 virus de la rougeole et un nombre total de 100 individus, en faisant varier le nombre d'individus vaccinés : 0, 1, 10, 50, 90, 95. Pour chaque simulation, relevez le nombre maximum d'individus infectés (pic épidémique) et la durée nécessaire pour atteindre ce pic (en nombre de tics).

Modèle et protocole tiré de http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/immunite-et-vaccination/ressources-logicielles/nouveau-programme-immunologie-2012/la-memoire-immunitaire/vaccination-contre-la-rougeole-ressource

Étape 2 : Vérifiez vos résultats en calculant le nombre d'individus infectés d'après la formule du document 1 ci-contre, pour différents taux de couverture vaccinale.

Document 1 **Épidémie et couverture vaccinale.**

Une épidémie est évitable si la couverture vaccinale empêche efficacement la circulation de l'agent infectieux. La connaissance des maladies infectieuses a permis de construire un modèle mathématique pour calculer le nombre moyen d'individus infectés par contamination. Ce nombre doit être strictement inférieur à 1 pour qu'une épidémie soit évitée.



Document tiré du Belin SVT Première spécialité.

Activité proposée par Laure Willhelm, professeur de SVT, académie de Guyane.

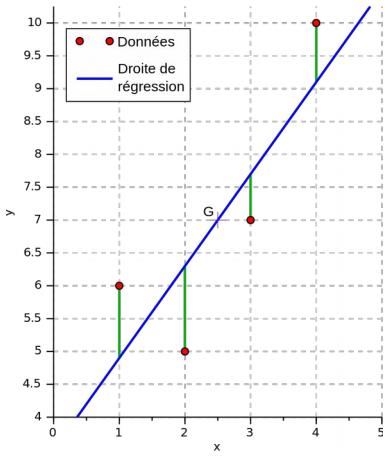
<u>Étape 3 :</u> À l'aide d'un tableur, reportez les résultats obtenus pour les différents taux de couverture vaccinale en 2 colonnes. Puis traitez graphiquement les résultats obtenus en représentant le pourcentage maximal d'individus infecté en fonction du pourcentage d'individus vaccinés dans la population. Après avoir établi une droite de régression (courbe de tendance figurant le plus exactement possible les points) et avoir trouvé son équation (voir ci-après), déterminez quelle est le taux de couverture vaccinal nécessaire pour atteindre un pourcentage d'individus infectés nul (empêcher la transmission) en utilisant l'équation.

FOCUS MATHEMATIQUE : LA DROITE DE REGRESSION

On peut à partir du nuage de point obtenu, établir une courbe de tendance de type linéaire aussi appelée droite de régression. Cette droite permet de mettre en relation le paramètre en ordonnée et le paramètre en abscisse selon une formule d'équation de droite de type y=ax+b.

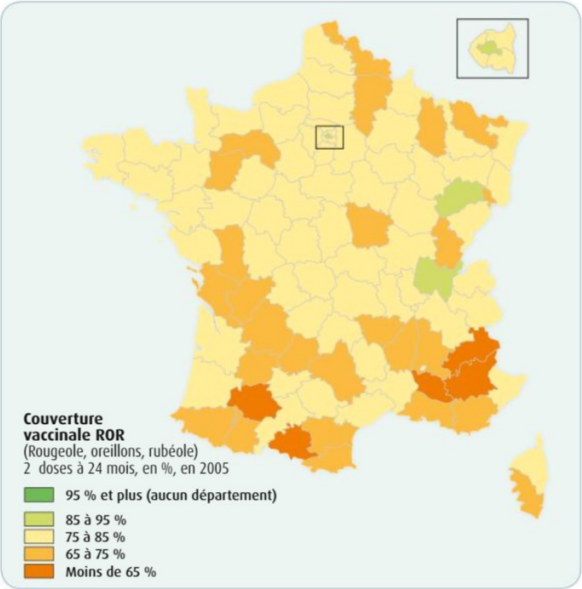
Lors de l'établissement d'une équation de régression, le coefficient de détermination (R^2) qui peut être donné par le tableur détermine à quel point l'équation y=ax+b est adaptée pour décrire la distribution des points. Plus le R^2 se rapproche de 1, plus le nuage de points se rapproche de la droite 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 la dite droite de régression. (Image ci-contre tirée de https://fr.wikiversity.org/)

Aide au tracé de la droite de régression et à l'affichage de son équation : https://www.youtube.com/watch?v=QMH23D2nvek



<u>Étape 4:</u> Comparez avec la couverture vaccinale en 2015 en France présentée dans le document 2 ci-contre, les taux observés étaient-ils suffisants ?

D'après vos résultats, **déterminez s'il faut poursuivre les efforts de vaccination** contre la rougeole en France en précisant le taux de couverture à atteindre pour éviter la transmission du virus.



<u>Document 2: La couverture vaccinale pour 2 doses du vaccin contre la rougeole en 2015.</u>

Entre novembre et décembre 2017 et juillet 2018, 89 % des cas de rougeole sont survenus chez des individus non ou mal vaccinés (2 doses du vaccin ROR sont nécessaires pour bénéficier de la protection).

Document tiré du Belin SVT Première spécialité.

Aides et résultats de secours sur : http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/immunite-et-vaccination/ressources-logicielles/nouveau-programme-immunologie-2012/la-memoire-immunitaire/vaccination-contre-la-rougeole-ressource

Activité proposée par Laure Willhelm, professeur de SVT, académie de Guyane.

Exemple 2 : la vaccination contre la COVID-19

Extrait de l'article Covid-19: la vaccination des mineurs de plus de 12 ans est un "impératif arithmétique" :

Le gouvernement a annoncé le 2 juin que les jeunes de 12 à 18 ans pourraient se faire vacciner à partir du 15 juin.

La vaccination des mineurs de plus de 12 ans, qui doit débuter mardi, est un "impératif arithmétique" pour se rapprocher de l'immunité de groupe contre le Covid-19, a assuré le Pr Alain Fischer, "Monsieur vaccin" du gouvernement, dans une interview au Journal du Dimanche. "L'idée de vacciner les ados à la place des adultes réticents est éthiquement inacceptable" mais "l'ouverture mardi aux ados se justifie" car "c'est un impératif arithmétique: pour parvenir à l'immunité de groupe, il faut vacciner 90% des 12 à 100 ans ; si bien qu'elle restera hors d'atteinte même en vaccinant la quasi-totalité des adultes", avance-t-il.

D'après Covid-19: la vaccination des mineurs de plus de 12 ans est un "impératif arithmétique" (parismatch.com), *Paris Match, le 13/06/2021.*

Enzo, 16 ans, élève de première, s'interroge en lisant cet article. Il se demande pourquoi lui et ses camarades devraient aller se faire vacciner alors que ce sont les adultes qui ont le plus de risque de développer des formes graves de la Covid-19. Afin de répondre à ses interrogations, nous allons chercher à vérifier si une couverture vaccinale importante incluant les 12-18 ans est nécessaire pour atteindre l'immunité de groupe et pourquoi ce serait un « impératif arithmétique ».

Document 1 : L'immunité de groupe ou collective

L'immunité collective correspond au pourcentage d'une population donnée qui est immunisée/protégée contre une infection à partir duquel un sujet infecté introduit dans cette population va transmettre le pathogène à moins d'une personne en moyenne, amenant de fait l'épidémie à l'extinction, car le pathogène rencontre trop de sujets protégés.

Le niveau nécessaire pour passer ou rester sous le seuil d'immunité collective dépend du nombre de reproduction de base de la maladie (R0), c'est à dire du nombre moyen d'individus qu'un sujet va infecter après contact. Plus ce taux de reproduction de base est élevé, plus le pourcentage de sujets immunisés doit être élevé. Par exemple, le R0 de la grippe saisonnière = 2 ; de la Covid-19 = 3 avec le virus historique, pourrait être de 4 ou plus avec les variants anglais (B.1.1.7) ou indien (B.1.617.2); de la rougeole = 12-20.

Le pourcentage de sujets immunisés nécessaire pour obtenir l'immunité collective est calculé comme suit :

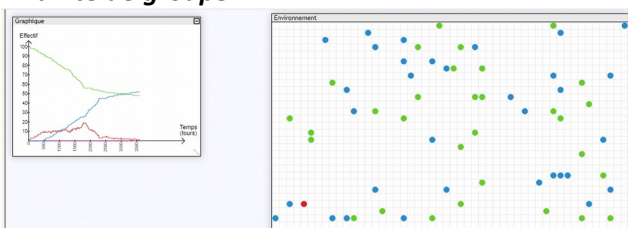
Immunité collective = 1 - 1/R0

Par conséquent, le calcul pour obtenir ce pourcentage permet d'obtenir les résultats suivants : 50 % pour la grippe, 80% pour Covid-19 avec les nouveaux variants, 90 à 95 % pour la rougeole.

D'après https://www.pasteur.fr/fr/espace-presse/documents-presse/qu-est-ce-que-immunite-collective, *Institut Pasteur, mis à jour le 28 mai 2021.*

Étape 1) À partir des informations du document, proposez une explication au fait que la vaccination des 12-18 ans soit un impératif arithmétique pour atteindre l'immunité de groupe.

Étape 2) Proposez une stratégie de modélisation qui permettrait de vérifier cette hypothèse explicative à l'aide du logiciel Netbiodyn ou du logiciel Edu'modèles qui fonctionne de façon similaire.



Indications : Les **entités** du modèle sont les suivantes :

"Sain vacciné" : individu non infecté et vacciné contre le virus de la Covid-19

"sain non vacciné" : individu non infecté et non vacciné contre le virus de la Covid-19

"infecté" : individu malade, infecté par le virus de la Covid-19

"personne guérie et immunisée" : individu naturellement immunisé contre le virus de la Covid-19 après une première infection guérie

Différents **comportements** ont été paramétrés : la transmission du virus depuis un individu infecté vers un individu non infecté et l'immunisation d'un individu après une première infection grâce à la formation de cellules-mémoires. Les probabilités de réalisation de ces comportement ont été paramétrées en tenant compte de la contagiosité de la maladie et de sa durée.

Activité proposée par Laure Willhelm, professeur de SVT, académie de Guyane.

Document 2 : Résultats d'une étude sur le vaccin Pfizer

Une étude sur les données de près de 600 000 personnes ayant reçu le vaccin Pfizer-BioNTech comparé à un groupe contrôle d'autant de personnes non vaccinées, a ainsi été menée en Israël et confirme une grande efficacité de ce vaccin. (...)
Une réduction du nombre d'infections grimpe à 90 % dès sept jours après la seconde dose. Cela signifie, dans le cadre de cette étude, qu'une semaine après avoir reçu sa deuxième dose de vaccin, une personne a dix fois moins de risque d'être infectée sans le savoir et de potentiellement transmettre le virus.
Selon cette même étude, deux à trois semaines après la première dose de vaccin Pfizer-BioNTech, la protection contre une infection symptomatique (maladie avec symptômes) est de 57 %. Cette protection atteint 74 % si on se focalise sur le risque d'hospitalisation. Une semaine après la deuxième injection, la protection atteint l'excellent taux de 92 %, qu'il s'agisse d'avoir des symptômes ou d'être hospitalisé. Le résultat majeur de l'étude est la démonstration d'une réduction drastique de la mortalité : elle est réduite de 72 % deux à trois semaines après la première dose, et, une semaine après la deuxième dose, aucun décès n'a été répertorié.
D'après Covid-19 : vacciné, peut-on s'infecter et transmettre le virus ?, https://lejournal.cnrs.fr/billets/covid-19-vaccine-peut-sinfecter-et-transmettre-le-virus, *par Claude-Agnès Reynaud, Jean-Claude Weill et Matthieu Mahévas, 16.04.2021.*

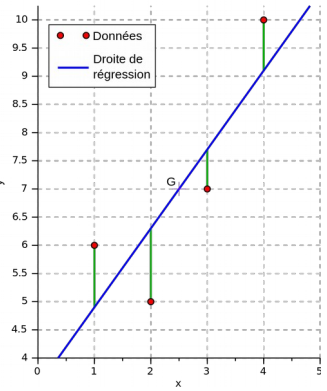
Étape 3) À partir du modèle, identifiez la probabilité que l'individu sain non vacciné soit infecté suite au contact d'un individu infecté et la probabilité que l'individu sain vacciné soit infecté suite au contact d'un individu infecté. Expliquez la différence entre ces deux probabilités à l'aide du document 2.

Étape 4) Avec le logiciel NetBioDyn ou le logiciel Edu'modèles, mettez en œuvre votre stratégie et réaliser différentes simulations avec un individu infecté qui arrive dans une population de 100 individus, en faisant varier le nombre d'individus vaccinés. Pour chaque simulation, relevez le nombre maximum d'individus infectés (pic épidémique).

Étape 5) À l'aide d'un tableur, reportez les résultats obtenus pour les différents taux de couverture vaccinale en 2 colonnes. Puis traitez graphiquement les résultats obtenus en représentant le pourcentage maximal d'individus infectés en fonction du pourcentage d'individus vaccinés dans la population. Établissez une courbe de tendance figurant le plus exactement possible les points.

FOCUS MATHEMATIQUE : LA DROITE DE REGRESSION

On peut à partir du nuage de point obtenu, établir une courbe de tendance de type linéaire aussi appelée droite de régression. Cette droite permet de mettre en relation le paramètre en ordonnée et le paramètre en abscisse selon une formule d'équation de droite de type y=ax+b.
Lors de l'établissement d'une équation de régression, le coefficient de détermination (R^2) qui peut être donnée par le tableur détermine à quel point l'équation y=ax+b est adaptée pour décrire la distribution des points. 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 la dite droite de régression. (Image ci-contre tirée de https://fr.wikiversity.org/)
Aide au tracé de la droite de regression et à l'affichage de son équation :
https://www.youtube.com/watch?v=QMH23D2nvek



Étape 6) Déterminez quelle est le taux de couverture vaccinal nécessaire pour éviter le pic épidémique et expliquez les résultats obtenus pour 100% de personnes vaccinées.

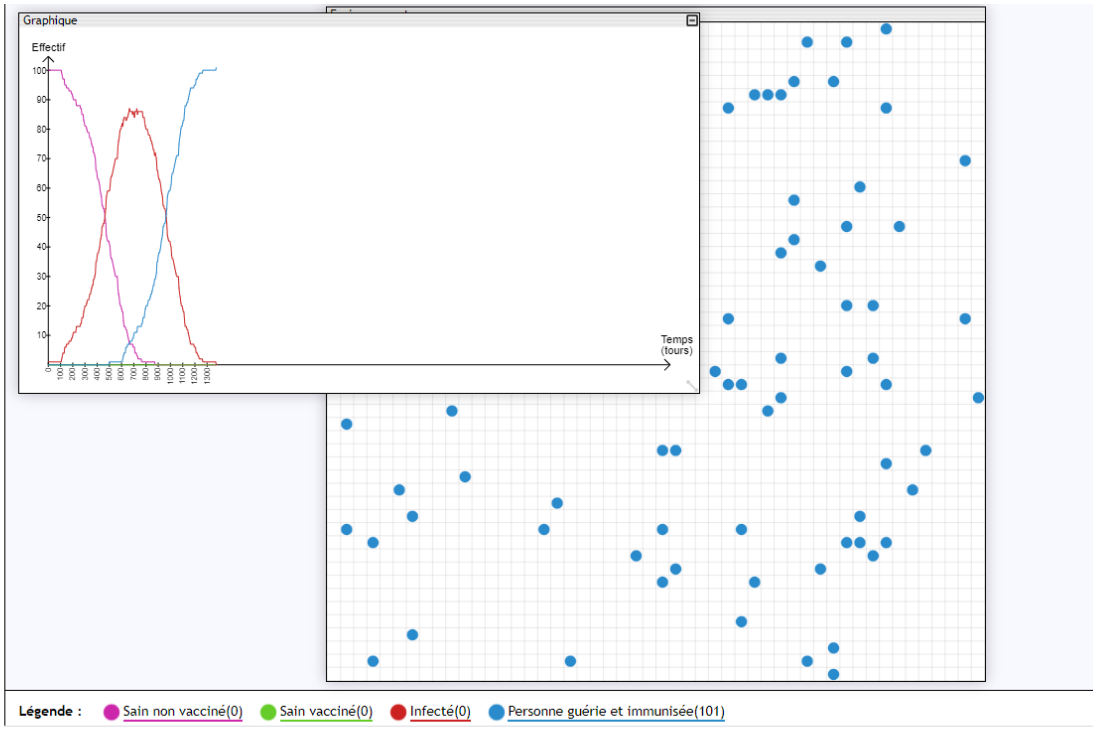
Étape 7) Concluez en expliquant à Enzo par un court texte argumenté pourquoi il est important que lui et ses camarades âgés de plus de 11 ans aillent se faire vacciner sachant qu'environ 44 % de la population guyanaise à moins de 20 ans.

Modèle (construit par Laure Willhelm), téléchargeable à l'adresse suivante :
https://nuage-outremer.beta.education.fr/s/8dbQWNWd66iSXeg
Modèle à charger sur édumodèle en ligne :
https://www.pedagogie.ac-nice.fr/svt/productions/edumodeles/algo/index.htm
Ou sur édumodèle hors ligne : http://tice.svt.free.fr/spip.php?article2102
Fiche technique du logiciel Edu'modèles : https://www.pedagogie.ac-nice.fr/svt/?p=1585
Vidéo d'aide à l'utilisation du modèle : https://tube-outremer.beta.education.fr/videos/watch/9d95e19d-7c13-4665-9844-78401b5c3f60

Activité proposée par Laure Willhelm, professeur de SVT, académie de Guyane.

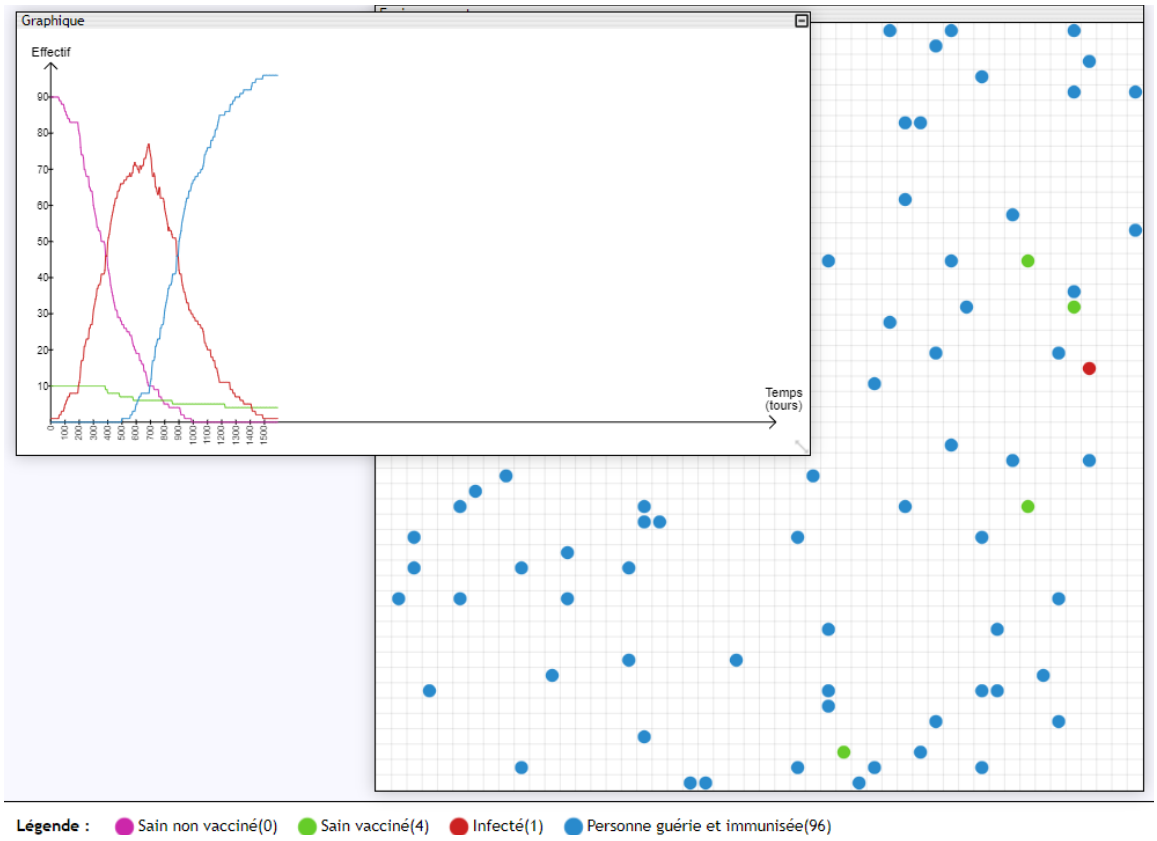
Exemples de résultats obtenus :

Pour 0 personnes vaccinées :



86 % d'individus infectés au pic de l'épidémie.

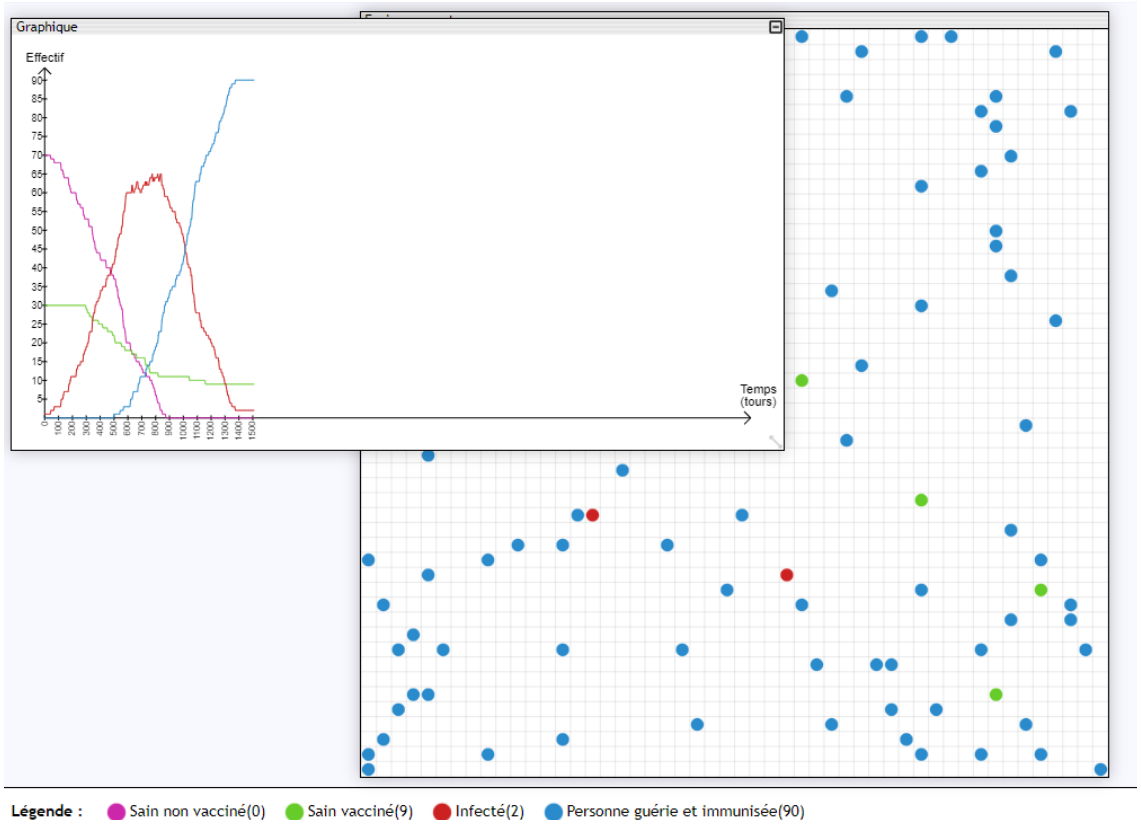
Pour 10 personnes vaccinées :



76 % de personnes infectées au pic de l'épidémie.

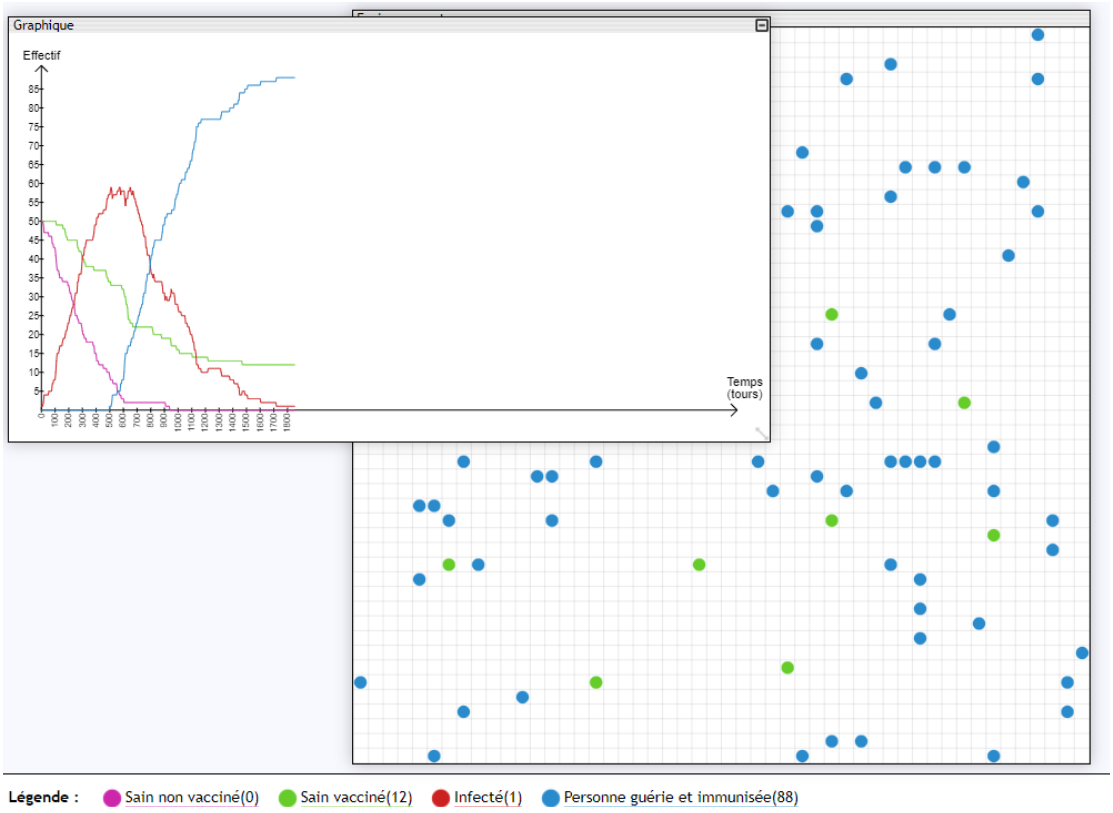
Activité proposée par Laure Willhelm, professeur de SVT, académie de Guyane.

Pour 30 personnes vaccinées :



65 % de personnes infectées au pic de l'épidémie.

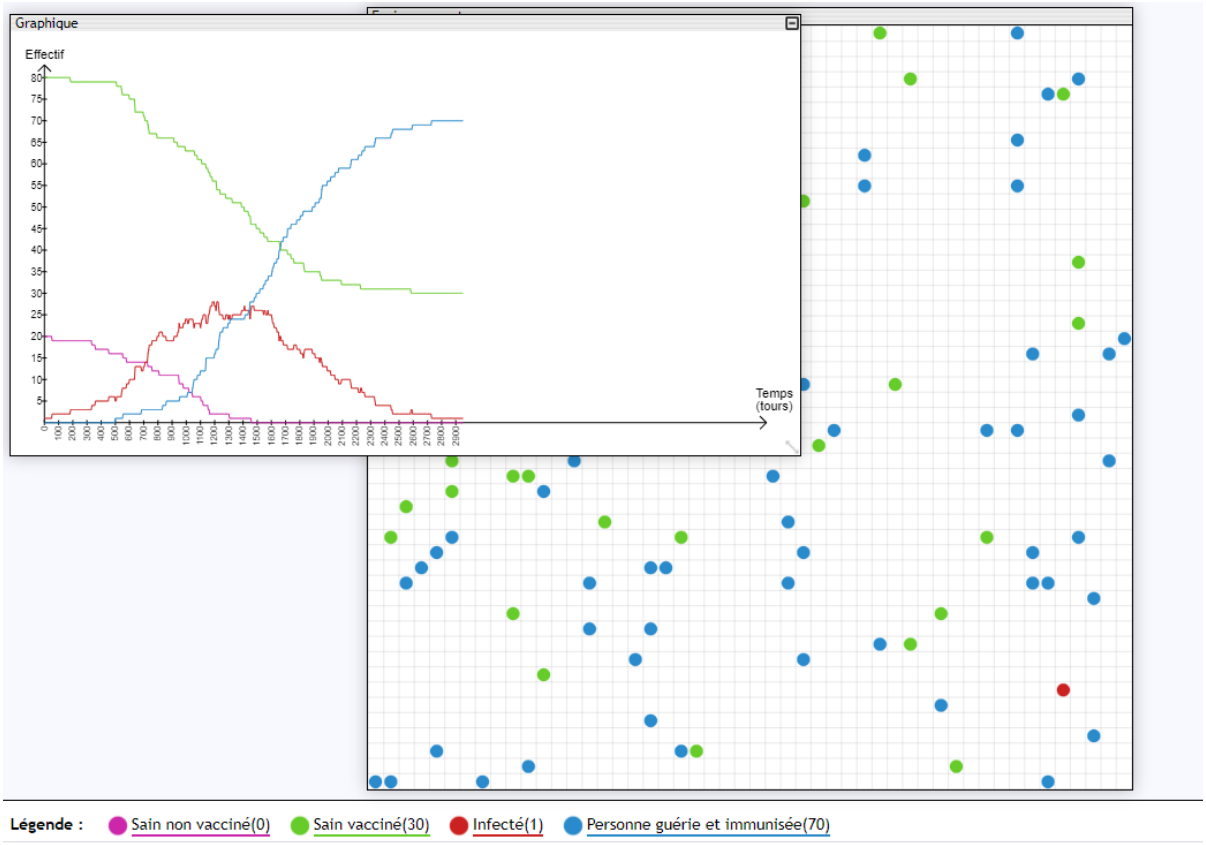
Pour 50 personnes vaccinées :



58 % de personnes infectées au pic de l'épidémie.

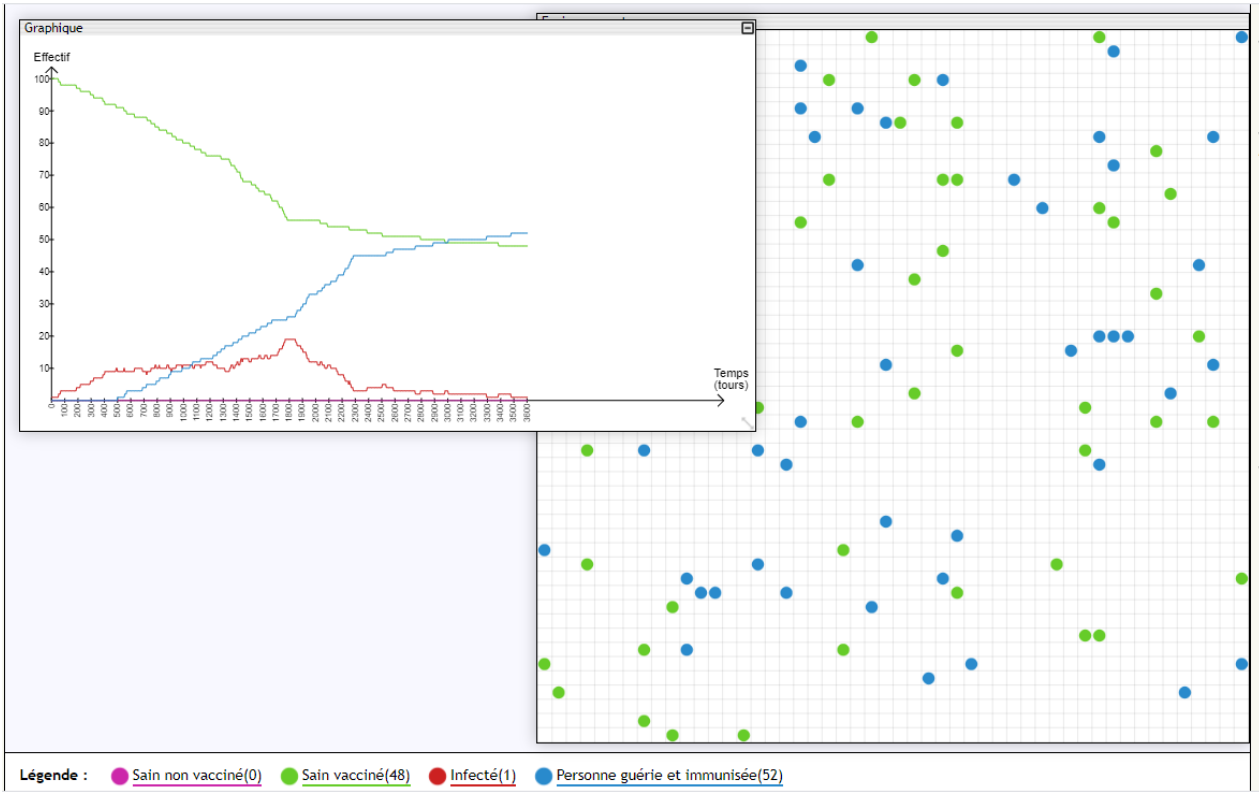
Activité proposée par Laure Willhelm, professeur de SVT, académie de Guyane.

Pour 80 personnes vaccinées :



27 % de personnes infectées au maximum.

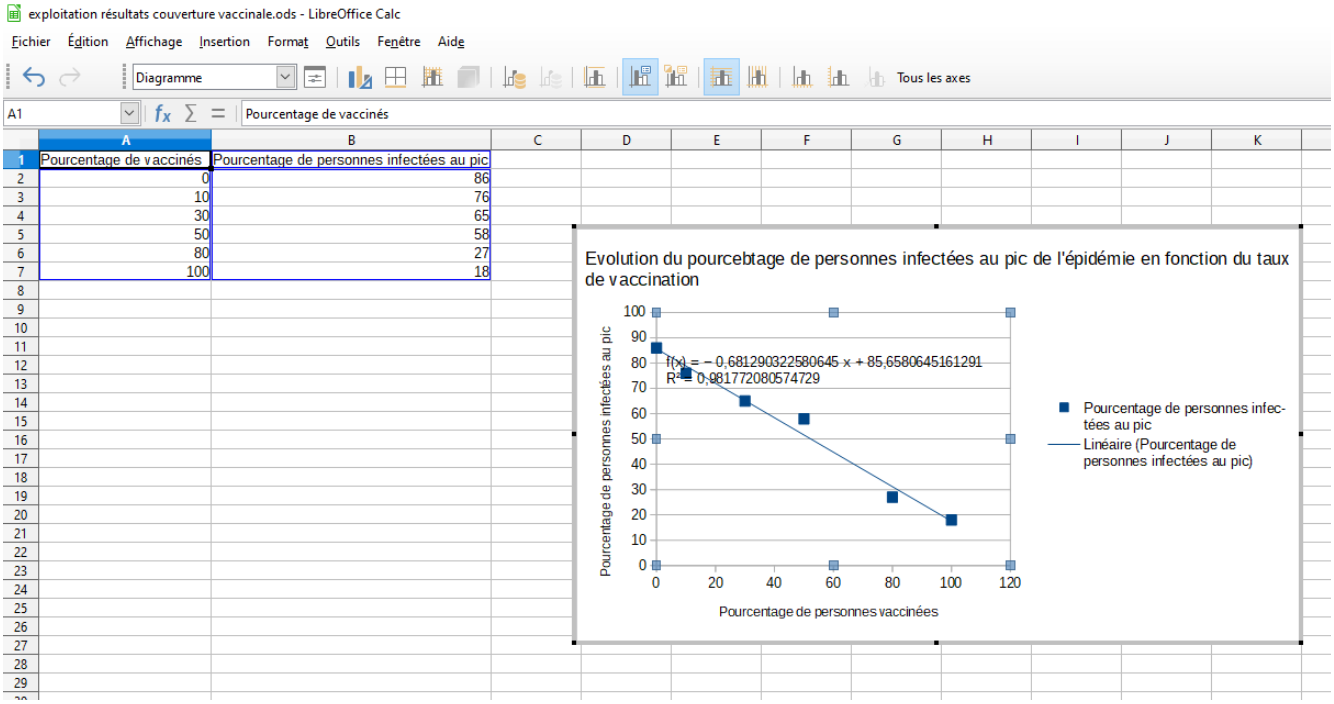
Pour 100 personnes vaccinées :



Au maximum : 18 % de personnes infectées.

Activité proposée par Laure Willhelm, professeur de SVT, académie de Guyane.

Exploitation des données sur tableur :



Le R^2 est supérieur à 0,87 donc la relation établie par l'équation est pertinente. On observe qu'on ne peut pas atteindre un taux de zéro personnes infectées même si l'ensemble de la population est vaccinée car même si on est vacciné il reste une probabilité d'être infecté mais le risque de développer une forme mortelle de la maladie est très réduit.

Activité proposée par Laure Willhelm, professeur de SVT, académie de Guyane.