

# Modèle de diffusion d'une maladie dans une population d'agents mobiles

NIDDAM Benjamin

29 novembre 2021

# Table des matières

<b>A</b>	<b>Présentation du modèle</b>	<b>2</b>
A.1	Définition des variables . . . . .	2
A.2	Présentation des agents . . . . .	2
A.3	Définition des interactions . . . . .	2
<b>B</b>	<b>Exprériences, résultats et limites</b>	<b>3</b>
B.1	État initial . . . . .	3
B.2	Confinement . . . . .	4
B.3	Respect des gestes barrières . . . . .	6
B.4	Vaccination . . . . .	9
B.5	Combinaisons de méthodes . . . . .	10

## **A   Présentation du modèle**

### **A.1   Définition des variables**

### **A.2   Présentation des agents**

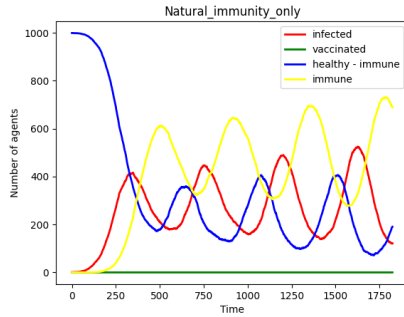
### **A.3   Définition des interactions**

## B Expériences, résultats et limites

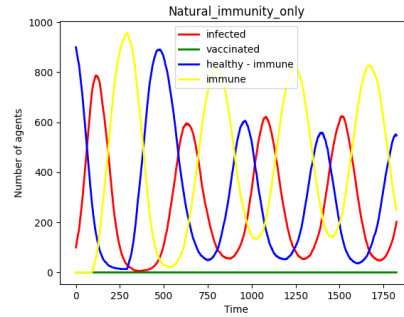
### B.1 État initial

Dans toutes nos simulations nous utilisons un nombre d'agents fixé à 1000, un nombre d'agents contaminés au temps zéro fixé à 1 puis à 100 et un degré de contamination à 3.5%.

Avant de commencer les tests pour endiguer la maladie, nous avons simulé l'évolution de celle-ci sans mesures de restrictions. Voici les résultats obtenus :



(a) 1 agents contaminés à  $t_0$



(b) 100 agents contaminés à  $t_0$

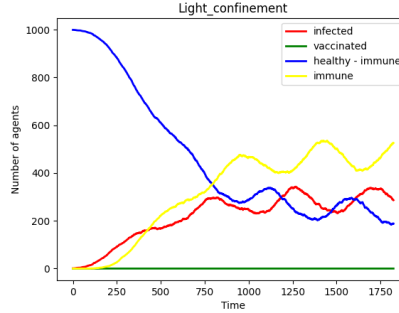
FIGURE 1 – Représentations graphique de l'évolution de l'état de la population en fonction du temps

On observe des vagues de guérisons et de contaminations qui s'étendent jusqu'à la fin de la simulation. Ces vagues sont dues au fait que nos agents obtiennent une immunité naturelle temporaire après chaque guérison.

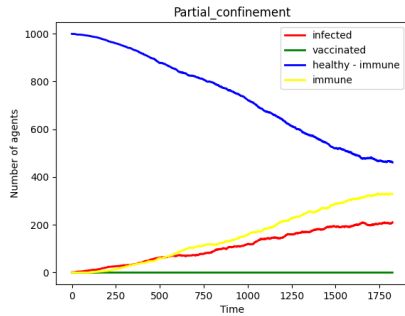
Nous avons mis en place plusieurs expériences pour tenter de ralentir ou d'éradiquer la maladie. Pour chaque expérience, nous avons conservé les mêmes paramètres pour la simulation et réitéré 5 fois. Nous utilisons la moyenne des valeurs obtenues dans ces simulations pour réduire les incertitudes dues à l'aléatoire

## B.2 Confinement

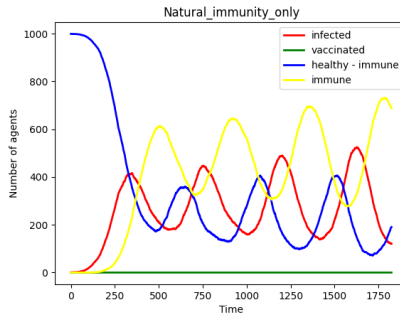
Comme première expérience nous avons décidé de confiner la population. Pour ce faire nous divisons les valeurs de  $v_x$  et  $v_y$  par deux, puis par trois et enfin par cinq. Ce qui nous ramène à trois tests que nous appelons respectivement "confinement léger", "confinement moyen" et "confinement strict" par rapport à leur taux de limitation. Ce taux fera baisser la possibilité de déplacement des agents jusqu'à la quasi-immobilité lorsque ce dernier vaut cinq. Ceci entraîne donc une réduction des interactions entre les agents qui devrait limiter la dispersion de la maladie. On veut savoir si cette réduction est suffisante pour éradiquer la maladie. Et si oui, quel taux faut-il mettre en place et sûr combien de temps. Nous avons donc réalisé les simulations suivantes :



(a) Light confinement



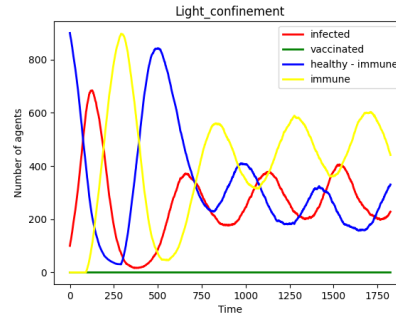
(b) Basic confinement



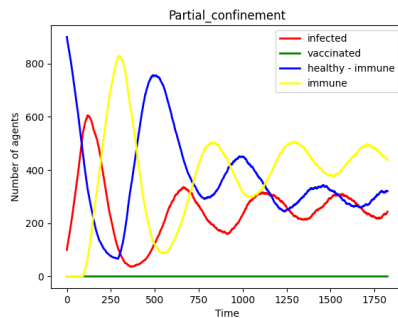
(c) Heavy confinement

FIGURE 2 – Représentations graphique de l'évolution de l'état de la population en fonction du taux de confinement

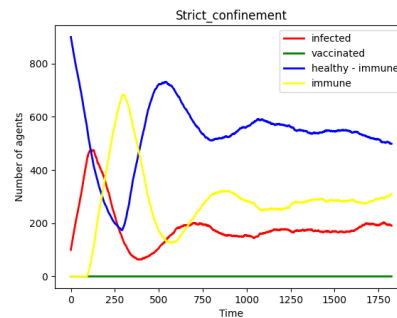
Les graphiques ci-dessus représentent l'évolution de l'état des agents au cours de la simulation (temps en jour) en fonction du taux de confinement. On observe que la méthode de confinement est une façon très efficace de ralentir le déplacement de la maladie au sein de la population. On le constate clairement sur les graphiques du confinement léger et moyen. En effet, le pic de contamination initial est beaucoup moins important que celui de la simulation sans restrictions. Enfin, en se basant sur la courbe du confinement stricte, on confirme que cette méthode, malgré un degré très important de limitations, n'est pas suffisante pour éradiquer la maladie. On peut donc envisager de combiner cette dernière avec une autre méthode. Mais avant cela, nous avons testé si mettre en place un confinement de la population alors que la s'est déjà bien propagé. Nous obtenons donc le résultat suivant :



(a) Light confinement



(b) Basic confinement

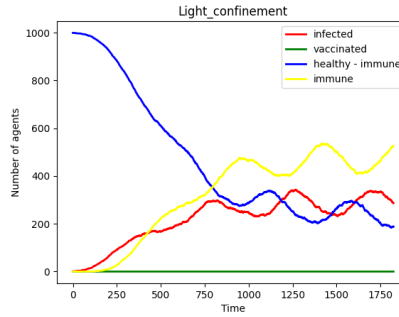


(c) Heavy confinement

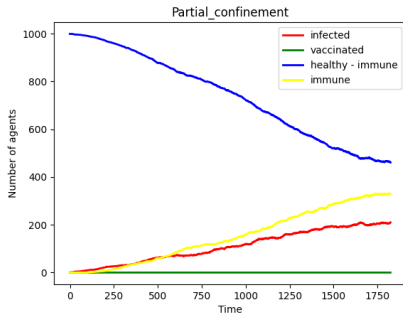
FIGURE 3 – Représentations graphique de l'évolution de l'état de la population en fonction du taux de confinement

### B.3 Respect des gestes barrières

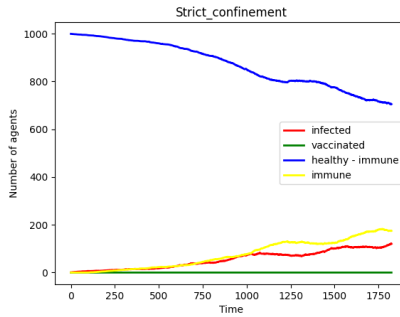
Dans un deuxième temps, nous avons décidé de mettre en place un respect des gestes barrières. Cette méthode cherche à réduire la probabilité qu'un agent contaminé transmette la maladie à un autre agent lors de leur rencontre. Pour ce faire, nous avons mis en place trois intensités : "Basics barrier gestures", "Mediums barrier gestures" et "Heavys barrier gestures" qui réduisent par deux, trois et cinq la probabilité d'infection. Dans ce cas, on veut savoir jusqu'à quel niveau les gestes barrières peuvent ralentir la maladie.



(a) Light confinement



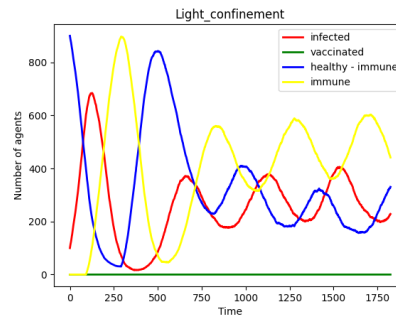
(b) Basic confinement



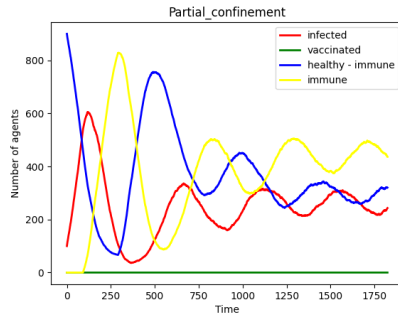
(c) Heavy confinement

FIGURE 4 – Représentations graphique de l'évolution de l'état de la population en fonction du taux de gestes barrières

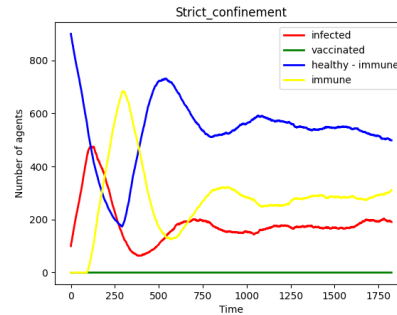
Ici, nous représentons l'évolution de l'état des agents au fil du temps (en jour) en fonction du degré de respect de la population pour les gestes barrières. On voit clairement que les gestes barrières sont très efficaces pour réduire la transmission de la maladie même si les agents ne les suivent pas de manière stricte comme le montre le graphique "gestes barrières basiques". Grace au courbes, il est clair que les gestes barrières sont une très bonne pratique pour réduire la transmission de la maladie. De plus, comme le montre le graphique "gestes barrières strictes", si respectés sérieusement et dès les premiers jours, une épidémie peut facilement être évitée. Mais on peut aussi se demander si cette méthode serait aussi utile, si mise en place alors que l'épidémie est déjà en cours. Voici donc les résultats obtenus pour ce cas :



(a) Light confinement



(b) Basic confinement



(c) Heavy confinement

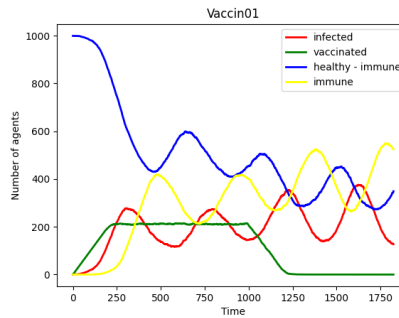
FIGURE 5 – Représentations graphique de l'évolution de l'état de la population en fonction du taux de confinement



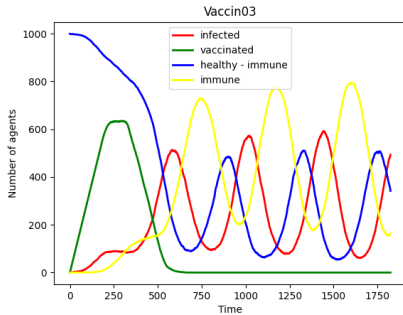
Dans le cas présent, le développement de la maladie est atténué par les gestes barrières. Cependant, comme pour l'expérience précédente, à part lorsque les gestes barrières sont fortement respectés, l'épidémie n'est pas évitée.

## B.4 Vaccination

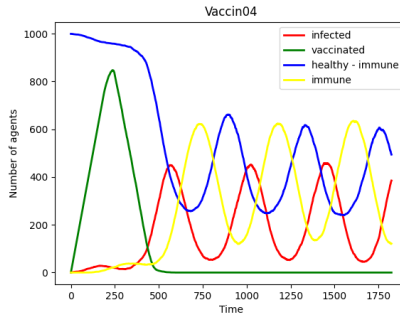
Nous avons ensuite instauré un cycle de vaccination. En effet, dans la simulation, chaque jour, nous vaccinons un nombre d'agents définis au préalable. Le vaccin donne une immunité plus longue que celle obtenue naturellement. Au sein même de cette expérience nous avons pu tester plusieurs choses. Dans un premier temps, les agents n'effectuent qu'une seule vaccination qui les immunise un certain temps mais finissent par attraper la maladie à la fin de leur période de vaccination.



(a) 1 vaccination par jour



(b) 3 vaccination par jour



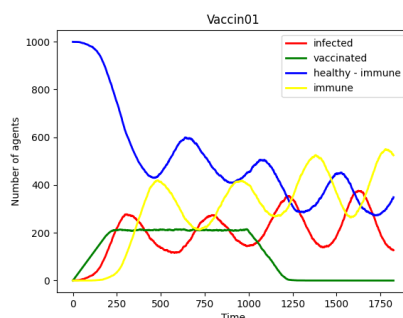
(c) 4 vaccination par jour

FIGURE 6 – Représentations graphique de l'évolution de l'état de la population en fonction du nombre de nouveaux vaccinés par jours

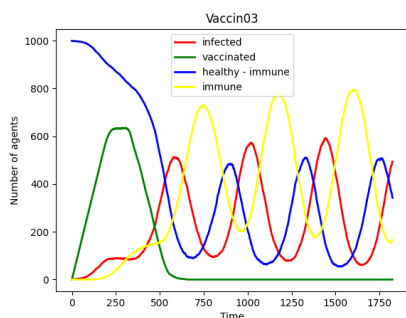
Ces graphiques représentent l'évolution de l'état de la population en fonction du temps (en jours) pour un nombre de personnes qui se font vacciner chaque jour. On observe que le fait d'avoir une partie de la population vaccinée est une bonne pratique pour réduire la transmission de la maladie. En effet, le pic de vaccination permet de fortement retarder le pic de contamination initial.

De plus, on peut voir que nombre de personnes qui se vaccinent chaque jour est un facteur important pour retarder le début de l'épidémie.

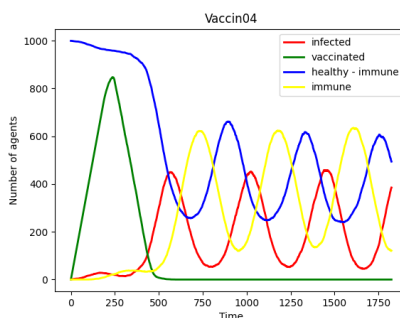
Par la suite, nous avons implémenté les rappels de vaccins. Nous revaccinons les agents dès lors que leur vaccin ne fait plus effet. On regarde donc le seuil minimal de personnes à vacciner par jour pour que la maladie soit éradiquée.



(a) 1 vaccination par jour



(b) 3 vaccination par jour



(c) 4 vaccination par jour

FIGURE 7 – Représentations graphique de l'évolution de l'état de la population en fonction du nombre de nouveaux vaccinés par jours

Ces graphiques montrant l'évolution de l'état de la population en fonction du temps (en jours) pour un nombre de personnes qui se font vacciner chaque jour démontrent bien que se faire vacciner régulièrement permet de très facilement éradiquer la maladie. En effet, on observe que dès trois personnes vaccinées supplémentaires par jour, la maladie ne dépasse pas les 15% d'infectés. Et qu'il suffit de vacciner quatres personnes par jour pour éradiquer la maladie au bout de deux ans.

## B.5 Combinaisons de méthodes