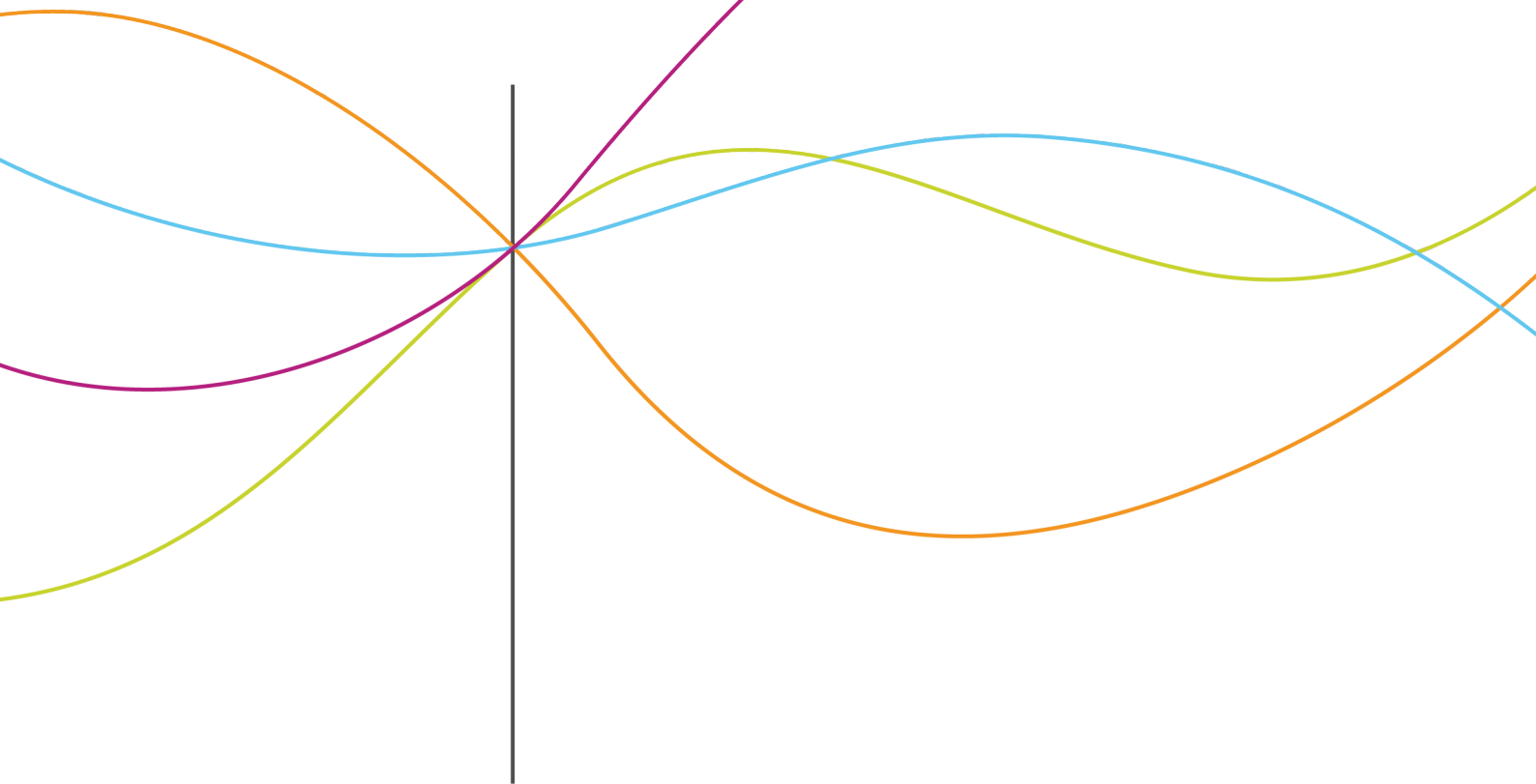


Victor LE MAISTRE  
Simon DELECOURT

## Rapport de TP - GAML



## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Modélisation des comportements</b>	<b>3</b>
2.1	Déplacement . . . . .	3
2.2	Contagion . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Analyse de la propagation de la maladie</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Amélioration du modèle</b>	<b>7</b>
4.1	Ajout de volontaires . . . . .	7
4.2	Prise en compte du coût de l'épidémie . . . . .	7
4.3	Améliorations futures . . . . .	8
4.3.1	Communication entre agents . . . . .	8
4.3.2	Différenciation entre les infectés et les mis en quarantaine par les médecins . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Conclusion</b>	<b>8</b>

## 1 Introduction

L'objectif de ce TP est d'étudier et de proposer une solution pour la ville de Luneray (76). Ce dimanche est organisé la fête du village en plein épisode d'épidémie de grippe. Notre objectif est de simuler la propagation de la maladie et de proposer quelques mesures permettant de :

1. Limiter la propagation de la maladie
2. Maintenir la fête du village

## 2 Modélisation des comportements

Dans cette section, nous allons expliquer les choix de modélisation pris afin de pouvoir simuler la propagation de la maladie.

On distingue 3 types de personne :

- Les villageois sains
- Les villageois infectés
- Les médecins

### 2.1 Déplacement

Etant donné que nous sommes en période de fête du village, les villageois ont tendance à beaucoup bouger. Soit ils sont chez eux, et vont alors rejoindre avec une probabilité 0.01 la maison de leur ami. S'ils sont chez leur ami, ils rentrent chez eux avec la même probabilité.

Pour les médecins, nous avons modélisé le comportement suivant :

- "S'il a encore des médicaments sur lui et qu'il perçoit quelqu'un de malade (sa distance de perception est de 15 mètres), il va aller soigner cette personne (cela signifie se déplacer vers cette personne jusqu'à être à moins de 5 mètres d'elle pour lui donner le médicament, rendant cette personne immunisée à la maladie)"
- S'il n'a plus de médicament sur lui, il va aller en chercher à la pharmacie. Il prend alors le maximum qu'il peut avoir lorsqu'il est dans la pharmacie.
- Par défaut, il va se déplacer de façon aléatoire sur le réseau routier.

### 2.2 Contagion

La contagion s'effectue de la manière suivante, si un villageois contaminé est entouré de personnes, il a une probabilité de 0.05 de contaminer une personne dans un rayon de 10m.

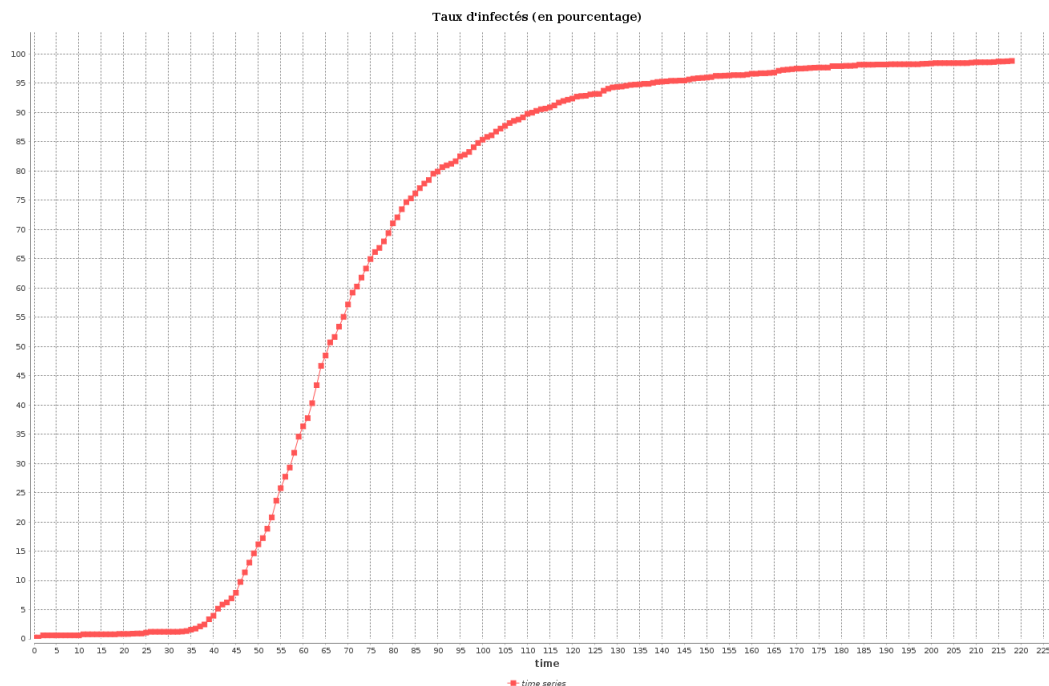


FIGURE 1 – Contagion sans médecin

### 3 Analyse de la propagation de la maladie

Commençons par étudier la vitesse de propagation de la maladie dans le cas où les médecins ne sont pas opérationnels.

On voit ici que la croissance est très rapide et nécessairement la maladie fini par contaminer toute la population.

Si on ajoute 5 médecins dans le village suivant le comportement décrit ci-dessus la maladie évolue différemment.

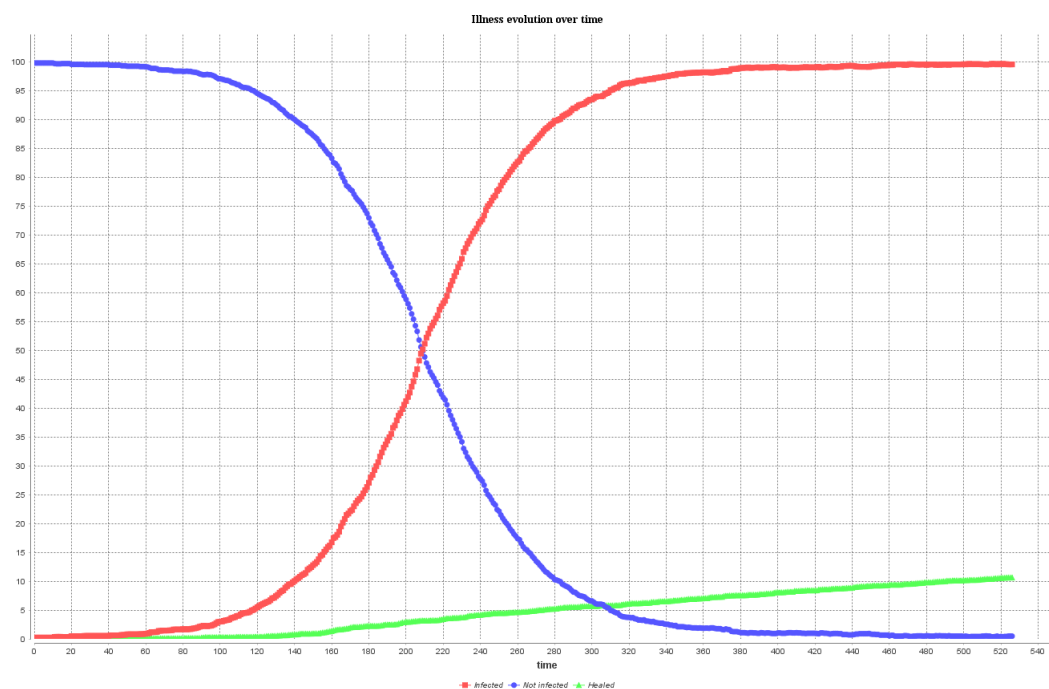


FIGURE 2 – Avec 5 médecins et contamination récurrente

On constate que malgré l'effort des médecins la maladie progresse très rapidement. Elle va finalement contaminer l'ensemble de la population en environ 440 *timesteps*.

Nous pensons que ce scénario est peu probable. En effet, un individu soigné ne devrait pas recontracter la maladie avant un certain laps de temps. Les raisons que soit il est plein d'anti-corps soit le médicament est un vaccin. Nous avons alors considéré qu'une fois soigné l'individu ne pourra plus être malade. La maladie évolue alors légèrement différemment.

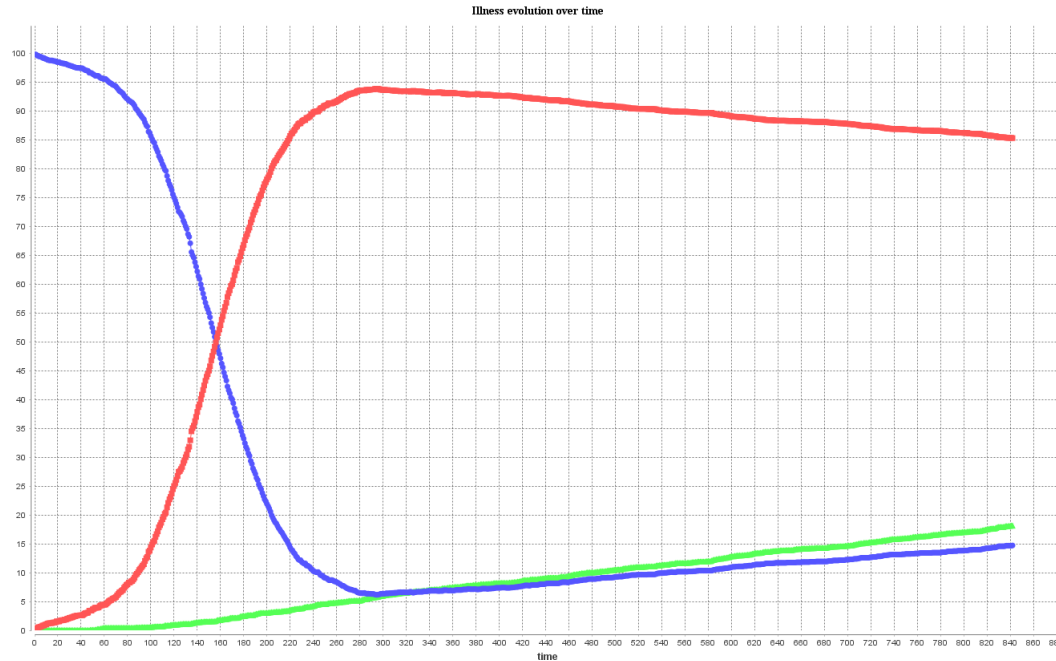
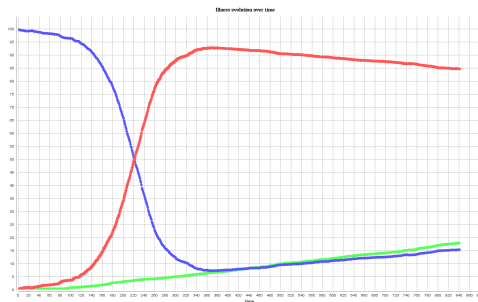


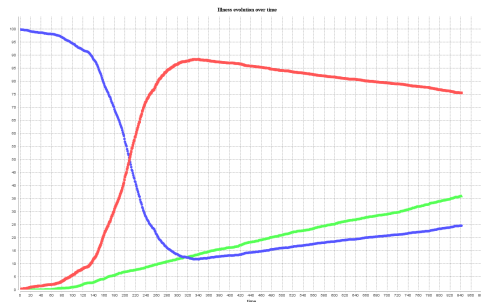
FIGURE 3 – Avec 5 médecin et contamination unique

Avec cette modélisation, on remarque que la maladie va toucher à son maximum 94% de la population. Puis va décroître très lentement jusqu'à disparaître dans... très longtemps.

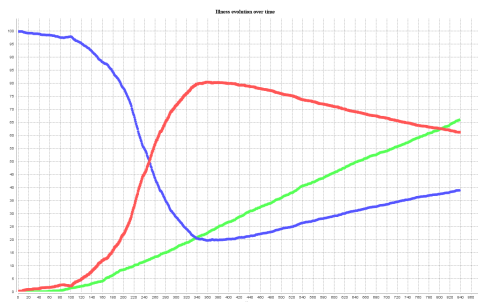
Afin de lutter contre l'expansion de la maladie la première idée que l'on peut proposer est d'augmenter le nombre de médecin. Voyons ce que cela donne :



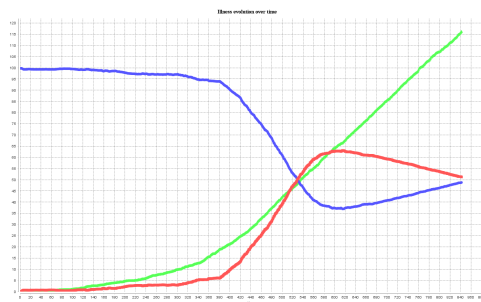
(a) Avec 5 médecins



(b) Avec 10 médecins



(c) Avec 20 médecins



(d) Avec 50 médecins

FIGURE 4 – Illustration of various images

Comme nous l'avons vu précédemment avec 5 médecins il y a un pic durant lequel quasiment l'intégralité de la population (95%) est malade. Puis le nombre d'infectés diminue petit à petit alors que le taux d'immunisés augmente.

Avec 10 et 20 médecins on remarque que le pic d'infectés touche toujours un peu moins de personne. On a respectivement 90% et 80% de la population qui est infecté avant que la courbe d'infectés s'inverse.

Ces résultats sont tout de même alarmant. Nous ne pouvons pas laisser plus de 80% de la population être infecté lors de la fête du village, même si la courbe s'inverse par la suite. Si l'on augmente encore le nombre de médecin à 50 on remarque que la courbe s'inverse une fois que 65% de la population est infecté. C'est encore trop mais nous ne pouvons pas encore augmenter le nombre de médecin car cela commencerai à coûter trop cher. 50 médecin représente tout de même X% de la population. Il nous faut donc trouver une autre solution pour diminuer la propagation du virus sans pour autant augmenter le nombre de médecin.

## 4 Amélioration du modèle

### 4.1 Ajout de volontaires

Étant donné que nous avons modélisé une maladie extrêmement contagieuse (5% de chance de contagion à chaque pas de temps), il paraît dangereux de laisser les malades se promener lorsqu'ils sont contagieux. Ainsi nous avons implémenté un nouvel agent : **le volontaire**.

**Le volontaire** est une personne qui a été vaccinée et qui ne peut donc pas tomber malade. Il a été formé par les médecins pour pouvoir reconnaître les malades mais il ne possède pas la connaissance nécessaire pour soigner les malades. Il se contente donc de mettre les malades qu'il rencontre en quarantaine dans une tente. Les personnes mis en quarantaine ne peuvent plus infecter d'autres personnes mais elles ne peuvent pas non plus bouger.

Observons les résultats que l'on obtient lorsque l'on fixe 25 médecins et 50 volontaires :

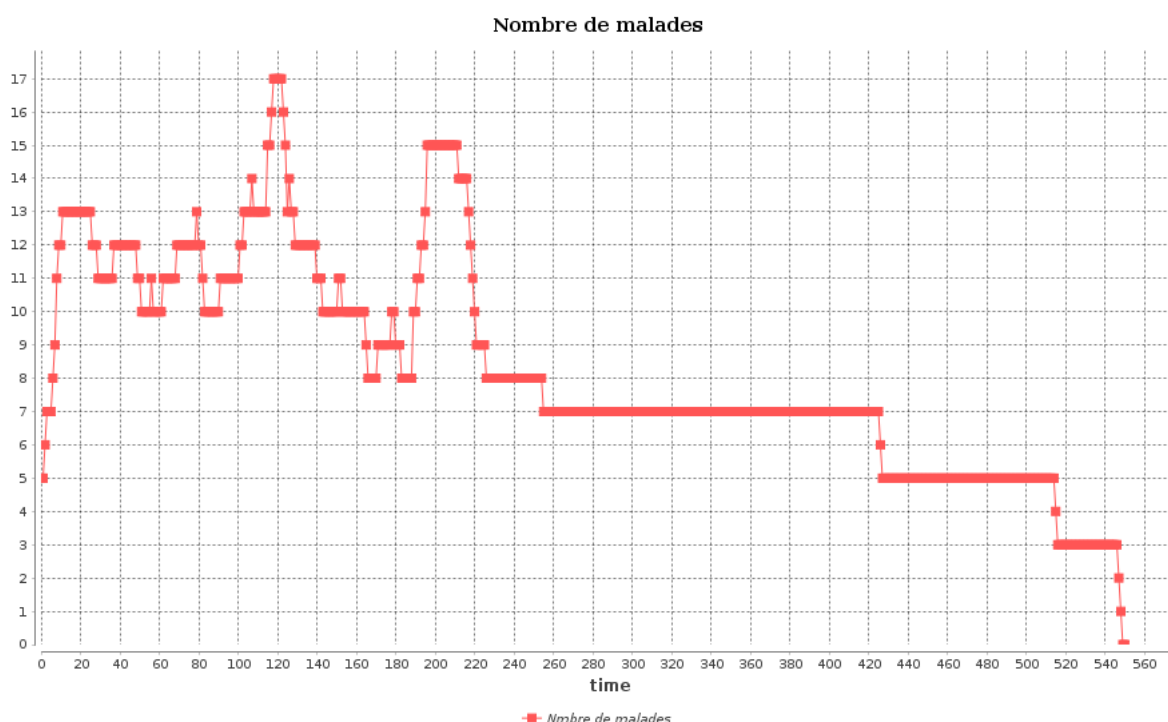


FIGURE 5 – 25 médecins et 50 volontaires

On remarque qu'on arrive ici à éradiquer la maladie ! Nous n'avons ainsi pas plus de 17 personnes infectées au même moment, soit moins de 1% de la population du village. Ces résultats sont très encourageants. Il faut maintenant essayer d'optimiser le nombre de médecins et de volontaires à fixer.

### 4.2 Prise en compte du coût de l'épidémie

Afin d'avoir un critère d'évaluation de nos modèles nous avons décidé d'évaluer le coût de l'épidémie à chaque épisode. Pour cela nous avons décidé :

- Un médecin coûte 300 euros de la journée
- Un médicament coûte 25 euros
- Chaque volontaire est vacciné et formé, il coûte donc 40 euros
- Chaque personne mise en quarantaine coûte 50 euros

Nous obtenons les résultats suivants :

Nombre médecins	Nombre volontaires	Maximum d'infectés simultanés	Eradication maladie	Coût
25	50	12	Oui	11 000
10	100	19	Oui	10 000
10	80	1500	Non	80 000
50	0	390	Non	34 500

Les résultats avec les volontaires ne sont pas constants. En effet, on observe deux cas de figure :

1. La maladie est contenue rapidement par les médecins et les volontaire. Les résultats sont alors extrêmement bons. En effet, la maladie est éradiquée et le coût est faible. C'est ce que l'on observe dans les deux premières lignes de notre tableau.
2. La maladie n'est pas contenue au début par les volontaire, le nombre d'infectés explose alors et le coût de l'épidémie explose et est encore plus grand que lorsqu'il n'y a pas de volontaires. En effet, étant donné que la contagion n'est pas contenue il y a énormément de personnes qui deviennent infectés. Chaque personne malade est alors la plupart du temps mise en quarantaine et vaccinée ce qui coûte trois fois plus cher qu'être seulement vacciné.

### 4.3 Améliorations futures

#### 4.3.1 Communication entre agents

Nous n'avons pas mis en place de communication entre les volontaires et les médecins. La conséquence est que certaines personnes qui sont en quarantaine restent assez longtemps en quarantaine avant d'être soigné. La ville est tout de même assez petite et les médecins arrivent toujours en moins de 200 itérations mais ce nombre pourrait être réduit.

#### 4.3.2 Différenciation entre les infectés et les mis en quarantaine par les médecins

Actuellement, les médecins ne font pas la différence entre les infectés mis en quarantaine et les personnes seulement infectés. On pourrait imaginer un système où l'on sépare les médecins en deux équipes :

- La première équipe serait composé d'environ 80% de l'effectif des médecins. Elle serait en charge de se balader dans la ville pour soigner les personnes infectés qui ne sont pas en quarantaine. Ces personnes sont les plus dangereuses car ce sont elles qui vont contaminer le reste de la population. En les neutralisant rapidement, nous avons une chance de contenir la maladie avant qu'elle ne se répande partout.
- La deuxième équipe, composé de 20% de l'effectif global, serait en contact avec les volontaires et s'assureraient que les personnes mise en quarantaine ne le restent pas trop longtemps en allant les soigner.

## 5 Conclusion

Nous conseillons au maire de la ville de Luneray de mettre en place un système de formation de volontaires comme nous l'avons décrit ci-dessus. Selon nos tests l'effectif qui permet, presque sûrement, de contenir la maladie et qui revient à un coût minimal est de prendre 25 médecin et 100 volontaires.

Il faut tout de même que le maire soit conscient qu'il existe un risque que la maladie se répande trop vite au début de l'épidémie. Il faudra alors prévenir les volontaires d'arrêter de mettre les personnes en quarantaine pour diminuer le coût de l'épidémie. En effet, une fois que le virus s'est transmis à trop de personnes, nous avons remarqué que les volontaires n'arriveront jamais à contenir la maladie. Ainsi, chaque citoyen sera à la fois mis en quarantaine et vacciné, ce qui à un coût conséquent.