

Comprendre l'Economie des Vaccins avec des Simulations

Auteurs: David Bishai et Sasmira Matta

Objectifs d'apprentissage:

- Comprendre l'effet Philipson ou comment l'acceptabilité d'un vaccin est déterminée
- Comprendre la différence entre les coûts et les bénéfices
- Comprendre les facteurs discutables qui jouent un rôle dans la prise de décision
- Utiliser des simulations pour comprendre les déterminants de la demande de vaccins

Comprendre l'Economie des Vaccins avec des Simulations

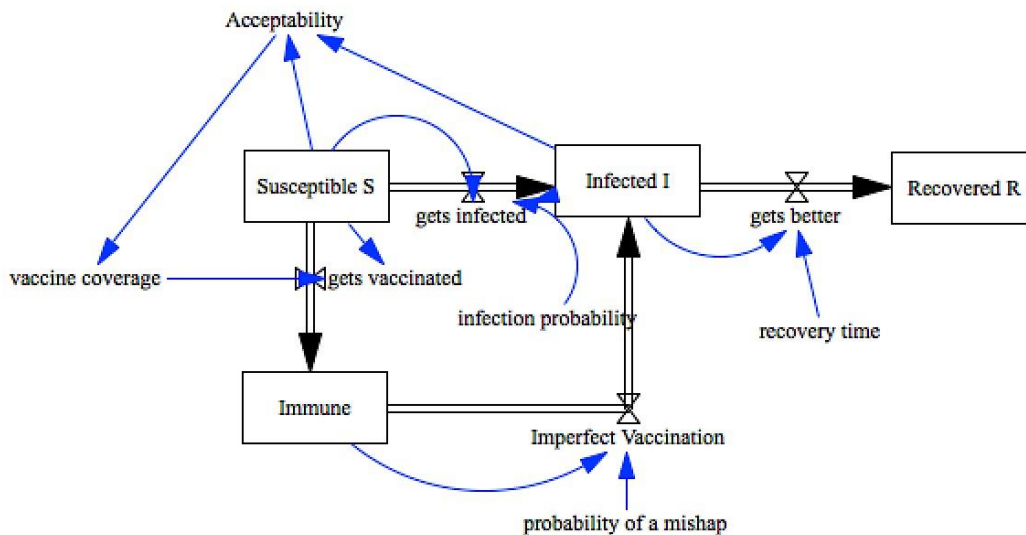
Auteurs: David Bishai et Sasmira Matta

Dans cet exercice, vous utiliserez quatre simulations. L'un examinera la dynamique d'un seul pays, et les trois autres examineront la dynamique des zones voisines. Vous utiliserez le logiciel Forio pour analyser l'évolution de la population d'enfants infectés et de la couverture en fonction de différents scénarios.

Modèle de Pays Unique:

Le diagramme suivant est un diagramme de boucle causale. Il représente la dynamique qui se produit dans un pays singulier.

Figure I



Afin de comprendre ce diagramme, il est important de comprendre ce qui est inclus dans le modèle. Il s'agit d'un modèle SIR modifié, où SIR est l'acronyme de **Sensible, Infecté et Rétabli**. Un modèle SIR est un modèle épidémiologique qui calcule le nombre théorique de personnes infectées par une maladie contagieuse dans une population de temps fermée [1]. Les flèches indiquent le sens de l'influence de

chaque variable. Puisque nous mesurons également la couverture vaccinale, ce modèle suit également le nombre d'enfants qui reçoivent le vaccin.

Dans le modèle, nous avons quatre variables encadrées: Sensible S, Infecté I, Rétabli R et Immunisé. Chacune de ces variables calculera le nombre d'enfants qui entrent dans chaque catégorie à chaque instant.

Les flèches avec les plus grandes têtes et les corps rectangulaires sont les flux et elles représentent les taux. Dans ce modèle, nous avons quatre flux: s'infecte, va mieux, se fait vacciner et une vaccination imparfaite. Chacun de ces flux mesure la vitesse à laquelle un enfant passe d'une case à une case de connexion.

Par exemple, si nous disons que le taux de «se fait vacciner» est de 80/1000, cela signifie que pour 1000 enfants, 80 seront vaccinés à chaque pas de temps. Les autres variables qui sont reliées au diagramme par les flèches plus petites sont d'autres variables importantes qui influencent les variables encadrées et les taux. Le tableau suivant résume les variables utilisées dans le diagramme ci-dessus et les éléments qu'elles mesurent.

Tableau I. Clé du diagramme

| Diagramme | Définition |
|------------------|---|
| Sensible S | Mesure le nombre d'enfants sensibles à la rougeole |
| Infecté I | Mesure le nombre d'enfants infectés par la rougeole |
| Rétabli R | Mesure le nombre d'enfants qui se rétablissent après avoir eu la rougeole |
| Immunisé | Mesure le nombre d'enfants qui reçoivent la vaccination |
| S'infecte | Taux auquel un enfant sensible tombe malade de la rougeole |
| Va mieux | Taux auquel un enfant infecté se remet de la rougeole |
| Se fait vacciner | Taux auquel les enfants sensibles se font vacciner |

| | |
|---------------------------|---|
| Vaccination Imparfaite | Taux auquel la vaccination est imparfaite et n'empêche pas la maladie chez l'enfant |
| Probabilité d'Infection | Probabilité d'être infecté par la rougeole |
| Temps de Récupération | Temps nécessaire à un enfant pour se remettre de la rougeole |
| Acceptabilité | Mesure la perception que le pays a de l'innocuité et de l'efficacité des vaccins |
| Couverture du Vaccin | Proportion d'enfants vaccinés |
| Probabilité d'un Accident | Probabilité que le vaccin n'induit pas d'immunité |

Les simulations suivantes ont été conçues pour renforcer différents sujets de l'économie des vaccins. Lorsque vous répondez à la question, concentrez-vous sur les changements et les modifications, et ne vous contentez pas de savoir si les différences sont significatives ou non, sauf indication contraire.

SIMULATION 1: Comprendre l'Effet Philipson

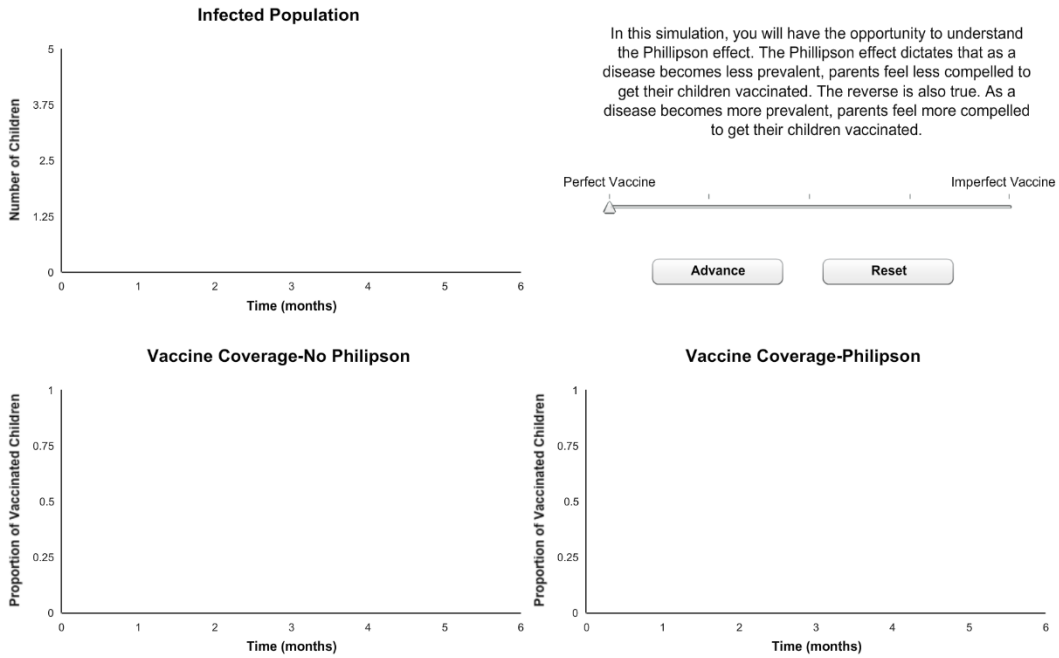
L'Effet Philipson est une théorie selon laquelle une maladie évitable par un vaccin disparaît, tout comme la demande de vaccins. En d'autres termes, comme une maladie devient moins prévalente, les parents sont moins susceptibles de faire vacciner leurs enfants [2]. Selon Geoffard et Philipson, la demande d'un vaccin est proportionnelle au bénéfice d'être vacciné. Ils soulignent que si une personne se rend compte que la couverture est très élevée, une personne rationnelle se rendra compte que l'immunité collective la protège et que son avantage personnel d'une vaccination est faible. Une personne rationnelle et égoïste serait de moins en moins susceptible de vouloir un vaccin car le risque de maladie dépend du succès antérieur du programme de vaccination.

Dans ces exercices, nous considérerons qu'un vaccin est parfait s'il immunise définitivement un enfant. Par conséquent, chaque enfant vacciné sera définitivement immunisé contre la maladie. D'un autre côté, un vaccin imparfait est un vaccin dans lequel il y a une chance qu'un enfant ne soit pas immunisé contre une maladie particulière même si l'enfant reçoit le vaccin.

Dans cette simulation, vous pourrez suivre trois choses: la population infectée, la couverture vaccinale avec l'Effet Philipson et la couverture vaccinale sans l'Effet Philipson. Lorsque vous exécutez la simulation, concentrez-vous sur les différences entre les courbes de couverture.

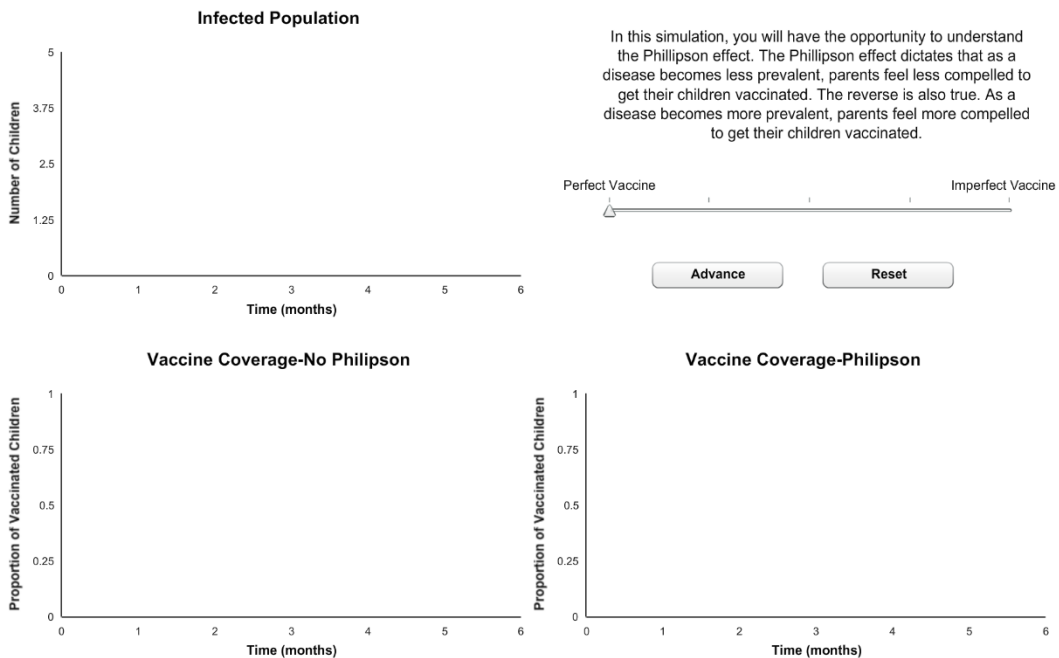
1. Accédez au site Web <https://forio.com/simulate/smatta1/single-country>
2. Vous devriez voir ce qui suit sur votre écran

Simulation 1: Understanding the Philipson Effect



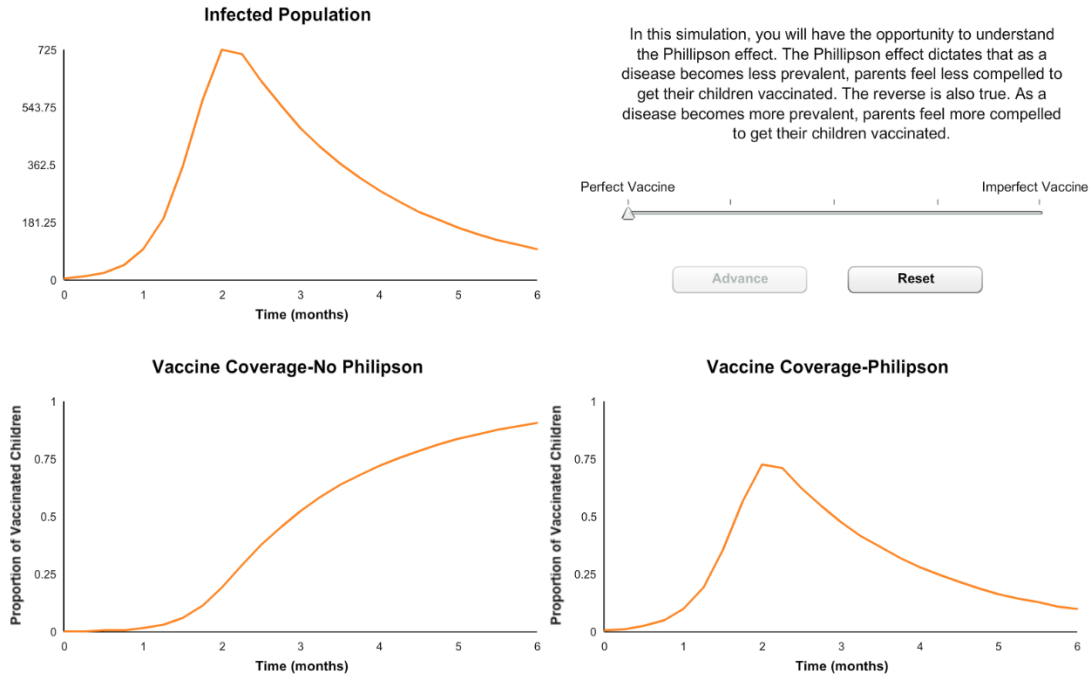
3. Cliquez sur le bouton de *réinitialisation*. Commencez avec l'outil de curseur sur le réglage de vaccin parfait.

Simulation 1: Understanding the Philipson Effect



4. Cliquez six fois sur le bouton de *progression* pour que la simulation se termine. C'est ce que vous devriez voir à l'écran.

Simulation 1: Understanding the Philipson Effect



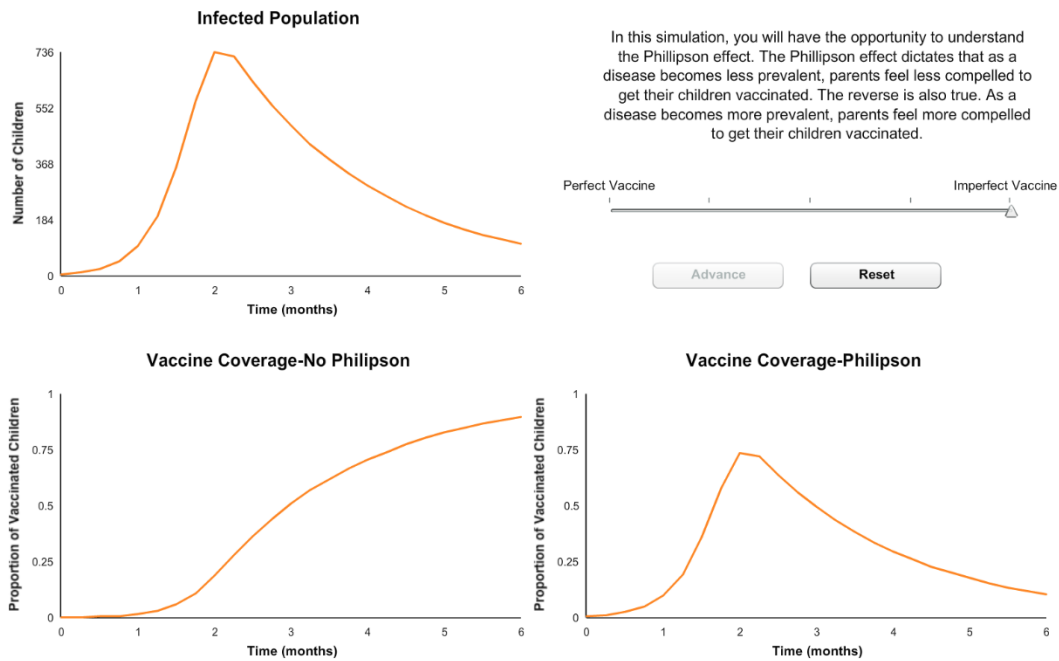
Question 1: Quelle courbe de couverture vaccinale ressemble à la courbe de population infectée? Cela a-t-il un sens pour vous? Expliquez.

La courbe de couverture qui prend en compte l'Effet Philipson suit la courbe de la population infectée. Cela a du sens car, comme l'indique l'Effet Philipson, à mesure que la population infectée augmente, la couverture augmente également. À mesure que la population infectée diminue, le taux de couverture diminue également.

En revanche, la courbe de couverture vaccinale sans Effet Philipson a une courbure différente, ce qui signifie que la couverture évolue à un rythme différent de la courbe de population infectée. Cela signifie que la couverture sans Effet Philipson est mesurée différemment.

5. Cliquez sur le bouton de *réinitialisation*. Déplacez le curseur de décision complètement vers la droite jusqu'au paramètre de vaccination imparfait. Cliquez maintenant sur le bouton *Avancer* jusqu'à ce que la simulation se termine. Après avoir parcouru la simulation, vous devriez voir ce qui suit sur votre écran.

Simulation 1: Understanding the Philipson Effect



Question 2: En quoi le SOMMET de la courbe infectée diffère par rapport à la simulation précédente? Y a-t-il plus ou moins d'enfants infectés? Expliquez.

Dans le cadre d'un vaccin parfait, 725 enfants sont infectés alors que dans le cadre d'un vaccin imparfait, nous constatons que 736 enfants sont infectés. Il y a plus d'enfants infectés lorsque le vaccin ne fonctionne pas aussi bien, ce qui est logique car il ne garantit pas une immunité totale.

Question 3: Dans la simulation, vous voyez que lorsque le vaccin est imparfait, environ 11 enfants supplémentaires seront infectés. Si les parents commencent à voir que leurs enfants vaccinés tombent effectivement malades, à quel moment cela pose-t-il un problème? Comment pouvez-vous communiquer l'efficacité du vaccin aux parents?

Les participants doivent utiliser leurs propres expériences pour répondre à cette question.

Question 4: Dans quels cadres — des courbes Philipson ou Sans Philipson obtenons-nous une plus grande couverture? Pourquoi cela pourrait-il être le cas?

Lorsque nous opérons sans conditions de l'Effet Philipson, nous obtenons une plus

grande couverture. C'est le cas, car lorsque l'on considère l'Effet Philipson, les parents choisissent de vacciner ou non leurs enfants en fonction de la prévalence de la maladie. Sans l'Effet Philipson, nous supposons que le taux de couverture est indépendant de la prévalence de la maladie.

Question 5: Maintenant que nous avons vu que l'Effet Philipson a le potentiel de changer radicalement la couverture, que faites-vous? Comment travaillez-vous et communiquez-vous avec les parents pour les convaincre qu'ils devraient faire vacciner leurs enfants? Comment les empêchez-vous de s'inquiéter?

Ce serait formidable de parler de cette question en groupe. Les participants peuvent avoir des expériences intéressantes à partager et à discuter.

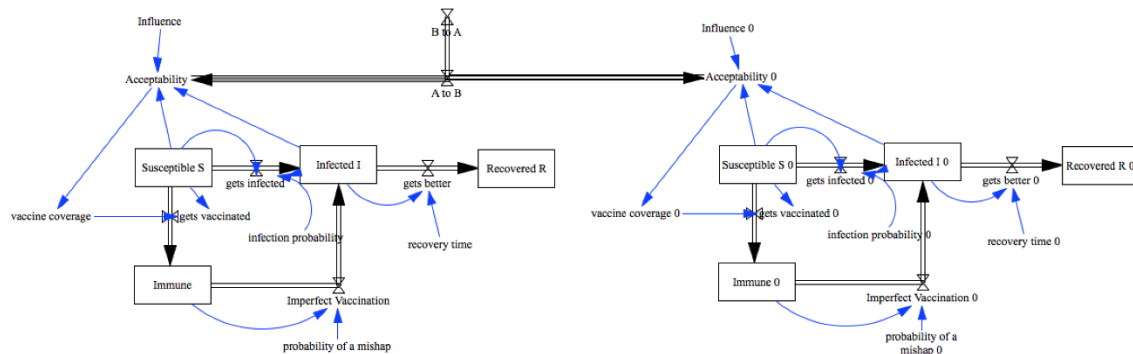
Maintenant que nous avons parcouru l'effet Philipson dans des conditions de vaccination à la fois parfaites et imparfaites, il est maintenant temps de passer à un scénario à deux districts.

Il y a eu une campagne bâclée contre la rougeole dans le district A où 15 enfants vaccinés sont morts. Il a été signalé que les vaccins n'étaient pas conservés correctement et que les aiguilles avaient été utilisées plusieurs fois.

Vous êtes responsable du bureau du PEV dans le district B. Le district A est voisin du district B. Vous êtes responsable de l'amélioration de la couverture contre la rougeole dans le district B, surtout maintenant que les parents sont las de faire vacciner leurs enfants après avoir entendu la nouvelle.

Les deux simulations suivantes suivent une dynamique similaire, comme nous l'avons déjà vu dans le diagramme de boucle causale de pays singulier. En fait, si vous regardez le modèle ci-dessous, le modèle de pays unique a été copié et collé deux fois. Sur le côté gauche, nous avons le district A, et sur le côté droit, nous avons le district B.

Graphique II. Un Modèle Plus Dynamique (le Côté Gauche Représente le District A et le Côté Droit Représente le District B).



Deux différences principales distinguent le modèle à deux districts du modèle à pays unique:

I) Il existe une variable de communication qui est notée Comm pour le District A et Comm 0 pour le District B. Cette variable contrôle si la communication ou la diffusion des informations concernant les vaccins est positive ou négative.

II) Il y a une flèche allant de l'acceptabilité du district A à l'acceptabilité du district B et vice versa. Cela démontre la transmission de l'information entre les districts – l'information circule!

Question 6: Quels événements sociaux, culturels et médiatiques sont des exemples d'informations négatives sur l'acceptation des vaccins?

Même si les étudiants auront probablement de nombreuses réponses différentes à cette question, il est important qu'ils comprennent qu'une influence négative entraînera une diminution de l'acceptabilité des vaccins. Si un étudiant est bloqué, la question clé à se poser est «que pouvez-vous introduire pour réduire l'acceptabilité?»

Les réponses possibles incluent (mais ne sont pas limitées à ce qui suit): Les guérisseurs qui préconisent de ne pas vacciner les enfants, la campagne de rougeole bâclée dans le pays, la mise en garde du gouvernement contre la vaccination des enfants, etc.

Question 7: Quelles sont les stratégies sociales, culturelles et médiatiques qui sont des exemples de communication positive sur l'acceptation des vaccins?

Comme pour la question ci-dessus, si un étudiant est bloqué, encouragez-le à réfléchir à ce qui augmenterait l'acceptabilité dans un pays.

Les réponses possibles incluent (mais ne sont pas limités à ce qui suit): les défenseurs du gouvernement pour les vaccinations, les personnalités publiques (comme les célébrités) plaident pour les vaccinations, les chefs religieux plaident pour les vaccinations, etc.

Nous allons maintenant explorer le modèle à deux districts sur Forio dans trois scénarios, qui sont décrits ci-dessous. N'oubliez pas que dans chacun des scénarios suivants, vous êtes dans le programme PEV du District B.

SIMULATION 2: Censurer les médias

Dans cette simulation, vous avez décidé de censurer les médias. Cela signifie que les mauvaises nouvelles concernant le vaccin raté contre la rougeole dans le district A ne peuvent pas atteindre le district B.

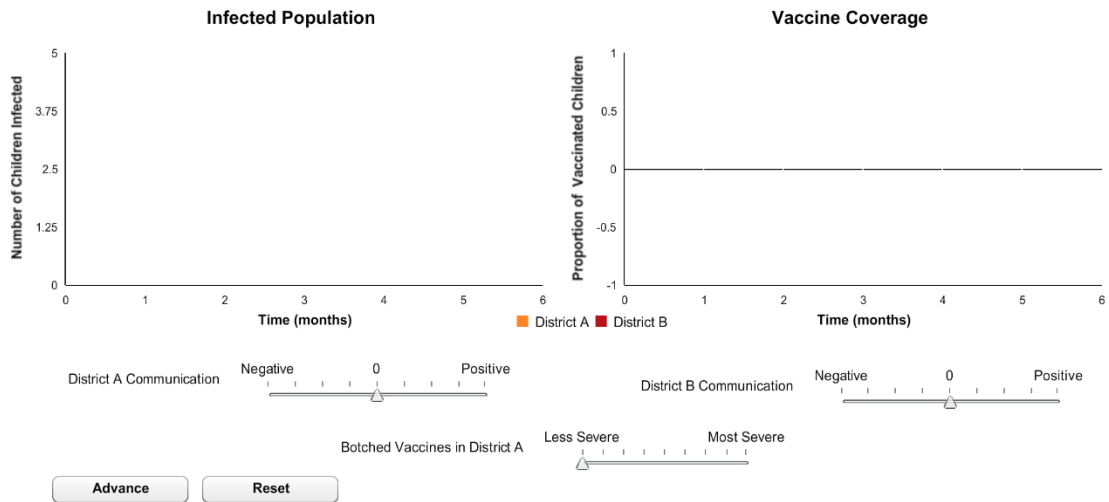
Dans cette simulation, vous pouvez manipuler la communication autour des vaccins dans les districts. Plus la communication est négative, plus vous pouvez diminuer l'acceptabilité dans le pays et vice versa.

Le curseur Vaccins bâclés dans le District A peut être ajusté pour indiquer la gravité de la campagne bâclée dans le district A. Le vaccin bâclé dans le district A affectera la probabilité d'un accident de vaccin. Plus il est grave, plus le vaccin est imparfait et plus il causera des problèmes.

Si vous survolez les courbes, l'info-bulle vous indiquera le quartier que vous regardez et la valeur pour le moment.

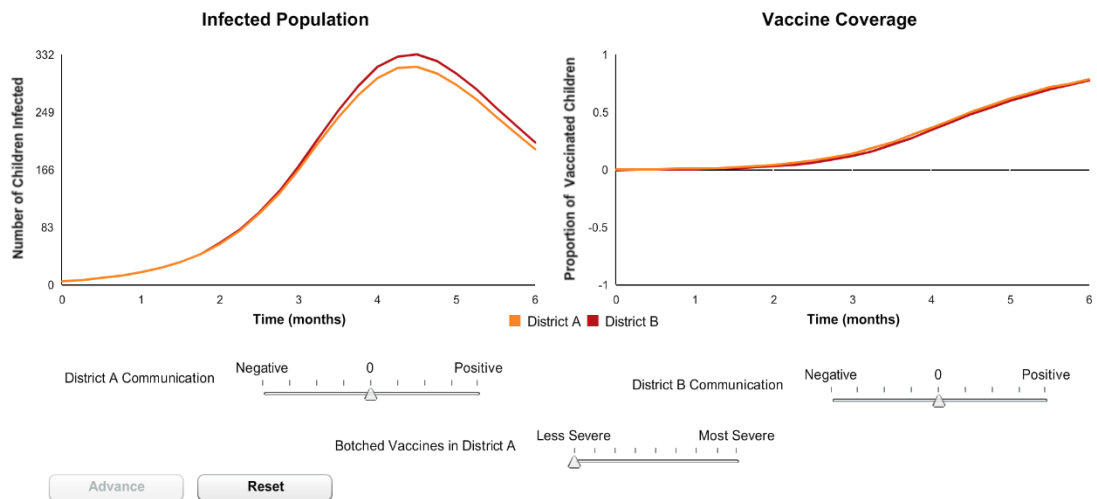
1. Allez à <https://forio.com/simulate/smatta1/south-sudan-and-uganda-1>. Ce qui suit est une image de ce que vous devriez voir sur l'écran

Simulation 2: Censor the Media



2. Réglez la communication dans les deux pays sur 0. Réglez les vaccins bâclés du district A sur le paramètre le moins sévère à gauche. Faites avancer la simulation jusqu'à la fin. Voici ce que vous devriez voir à l'écran

Simulation 2: Censor the Media



Question 8: À quel moment approximativement se produit le pic de l'infection?

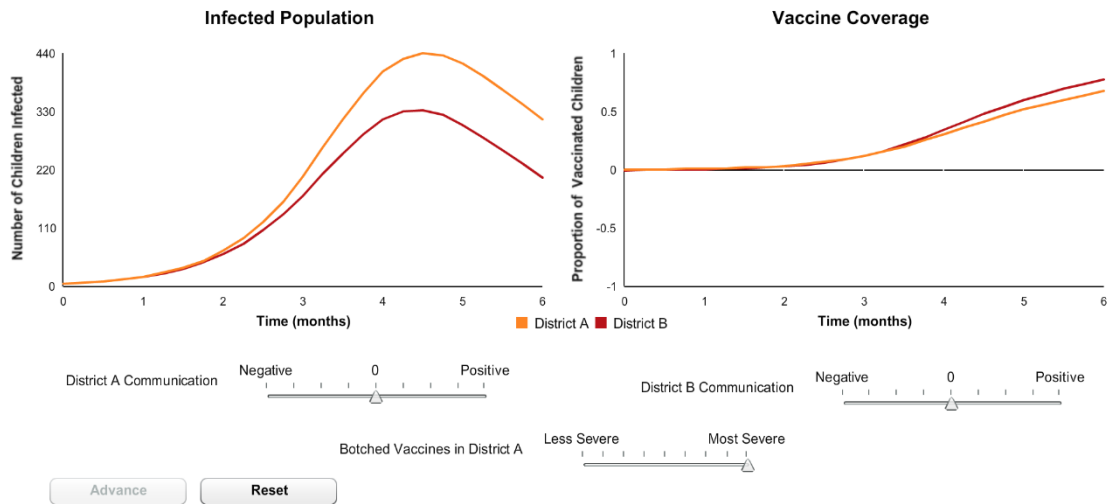
4,5 mois

Question 9: Quelle est la couverture vaccinale maximale dans le district B au moment du pic de l'infection? (Les lignes étant assez proches les unes des autres, vous pouvez utiliser l'estimation du district A pour le district B si vous ne parvenez pas à survoler la courbe du district B.)

Couverture d'environ 0,49

3. Réglez le curseur Vaccins bâclés sur le côté le plus à droite ou sur le paramètre le plus sévère. Gardez l'influence dans les deux pays à 0. C'est ce que vous devriez voir. Faites avancer la simulation jusqu'à la fin.

Simulation 2: Censor the Media



Question 10: Quelle est la couverture dans le district B au pic de l'infection?

Environ 0,47

Note aux instructeurs: Il est très important que les utilisateurs voient qu'il y a une diminution de la couverture dans le district B!

Vous devriez voir une diminution de la couverture. Sinon, jouez simplement avec la pointe de l'outil jusqu'à ce que vous le voyiez.

Question 11: Expliquez la diminution de la couverture. Utilisez le modèle pour aider votre raisonnement.

Si la campagne contre la rougeole dans le district A est vraiment bâclée, il devient alors moins acceptable de vacciner les enfants. Avec la diminution de l'acceptabilité, moins d'enfants seront vaccinés et plus d'enfants dans le district A seront infectés. Comme l'acceptabilité dans le district B est influencée par l'acceptabilité dans le district A, l'acceptabilité prendra également un coup dans le district B. C'est pourquoi, au pic de l'infection, la couverture est légèrement inférieure. Le but de cette simulation est de comprendre que la nouvelle d'une campagne bâclée contre la rougeole peut affecter la volonté des parents de vacciner leurs enfants.

4. Choisissez maintenant l'intensité des vaccins bâclés dans le district A. Au fur et à mesure que vous avancez dans la simulation, changez l'influence dans le district B.

Question 12: Si vous induisez une communication positive, comment cela affectera-t-il la couverture dans le district B?

Question 13: Si vous induisez une communication négative, comment cela affectera-t-il la couverture dans le district B?

Les utilisateurs pourront voir qu'une influence positive devrait augmenter la couverture malgré ce qui se passe dans le district A. C'est parce que nous pouvons acheter l'acceptabilité dans un sens. Nous disons aux parents d'ignorer ce qui se passe et de se concentrer sur le bien des vaccins. Nous pouvons également acheter une acceptabilité négative et continuer à montrer aux parents que les vaccins ne sont pas bons. Cela réduirait la couverture.

Question 14: Comment le changement d'influence dans le district A affecte-t-il la couverture dans le district B?

Les utilisateurs verront à mesure qu'ils incorporeront l'influence négative dans le district A, la couverture du district B diminuera. Les utilisateurs verront qu'en intégrant une influence positive dans le district A, la couverture augmentera.

Question 15: Avec ces visualisations, à quoi alloueriez-vous l'argent pour améliorer la couverture vaccinale dans le district B? En d'autres termes, pensez-vous qu'il est plus efficace d'investir de l'argent pour influencer dans le district A ou dans le district B? Comment arriveriez-vous à la décision?

Cela dépend de l'utilisateur. Les instructeurs doivent souligner que nous

voulons investir notre argent là où nous pensons que nous verrons le plus grand effet positif.

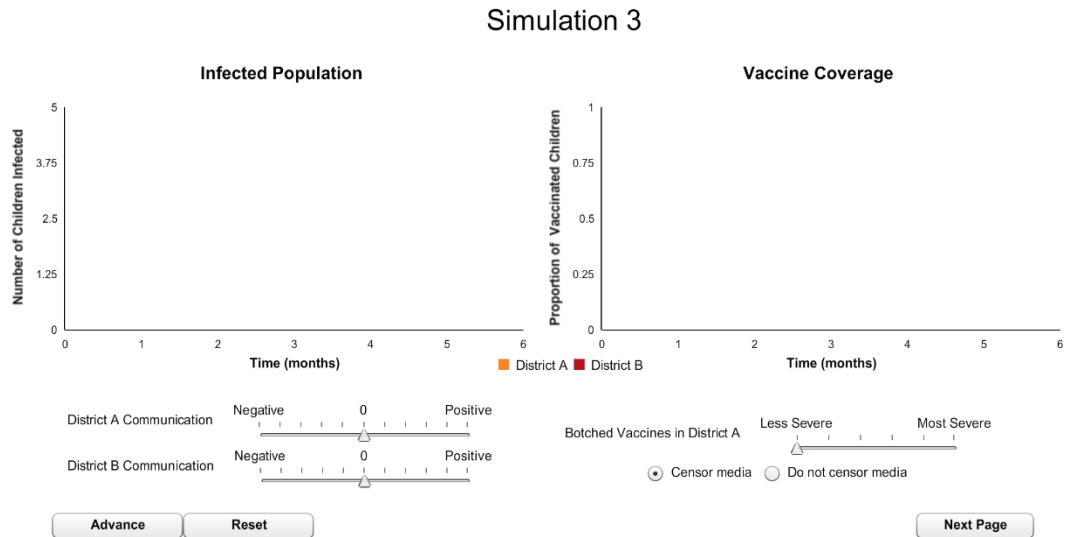
Question 16: Quelles sont vos dernières réflexions sur cette simulation?

Laissez les utilisateurs utiliser cet espace pour écrire toutes les questions ou réflexions brûlantes qui pourront être discutées plus tard en groupe.

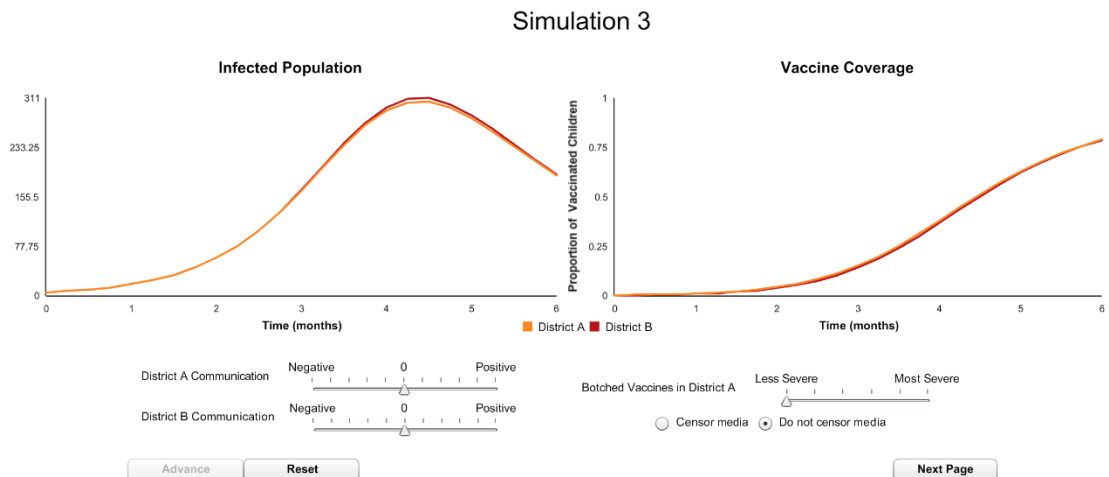
Passons maintenant à la simulation suivante!

SIMULATION 3: Ne Pas Censurer les Medias

1. Allez à <https://forio.com/simulate/smatta1/south-sudan-and-uganda>.
Voici ce que vous devriez voir sur votre écran.

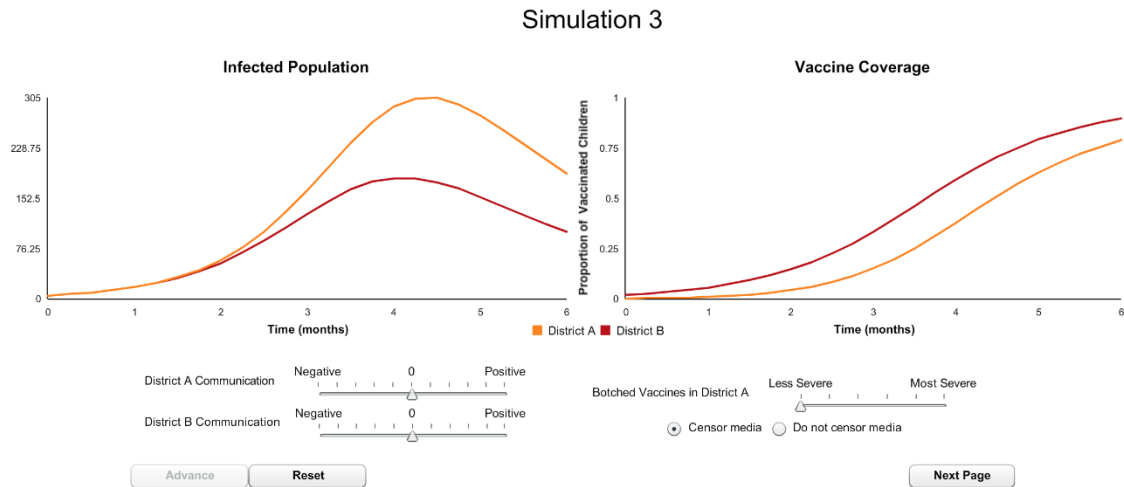


2. Réinitialisez maintenant la simulation. Cliquez sur *ne pas censurer les médias*. Gardez le réglage du vaccin bâclé au réglage le moins sévère le plus à gauche. Gardez les deux variables de communication réglées sur 0. Avancez jusqu'à la fin de la simulation. Voici ce que vous devriez voir à l'écran lorsque la simulation se termine.



3. Maintenant, maintenez les mêmes paramètres qu'auparavant (les deux communications doivent être réglées à zéro, campagne de vaccination moins

sévère bâclée dans le district A) sauf cette fois, censurer les médias. Avancez jusqu'à la fin de la simulation. Voici ce que vous devriez voir sur votre écran.



Question 17: Notez que les courbes sont plus espacées lorsque nous censurons. Pourquoi est-ce le cas? Assurez-vous d'expliquer comment les courbes de population infectée ET les courbes de couverture vaccinale changent. Assurez-vous d'expliquer pourquoi cela a également du sens.

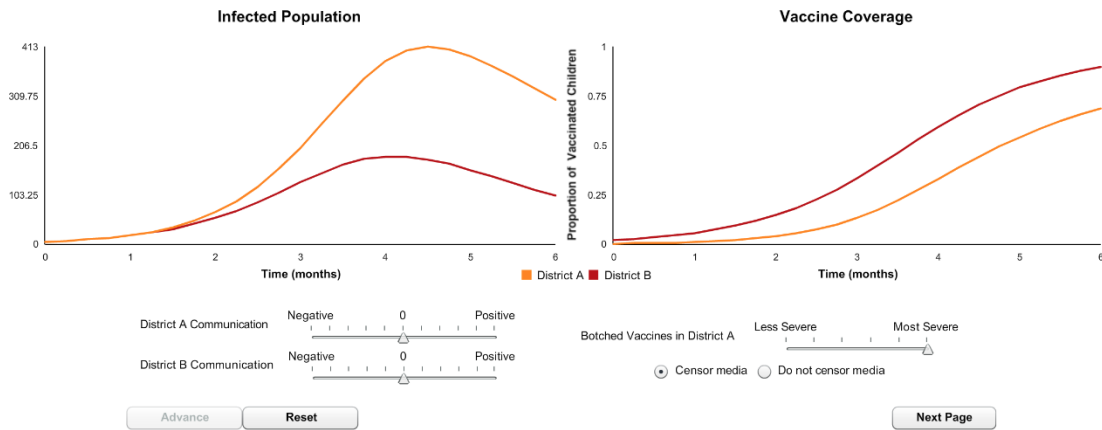
Il y a plus d'espace entre les courbes de population infectée lorsque nous censurons les médias que lorsque nous ne le faisons pas. Cela a du sens, car lorsque nous censurons les médias, nous coupons le district B de ce qui se passe dans le district A. Parce qu'ils ne sont pas au courant de la campagne bâclée contre la rougeole dans le district A, ils ne s'opposent pas à recevoir des vaccinations et nous ne verrons donc pas un pic aussi important dans la courbe des enfants infectés.

Quant à la courbe de couverture vaccinale, quand on censure les médias, encore une fois le District B n'est pas au courant de ce qui se passe au Soudan du Sud. En tant que tel, la couverture dans le district B sera plus élevée que dans le district A parce que la nouvelle de la campagne bâclée contre la rougeole n'atteint pas le district B, de sorte qu'ils ne connaîtront pas de changement dans la couverture vaccinale. La couverture du District A baissera cependant. En raison de ce changement, nous voyons un écart entre les deux courbes.

4. Réinitialisez la simulation. Augmentez maintenant la gravité vers le paramètre le plus à droite, le plus grave. La communication doit être réglée sur 0 pour les

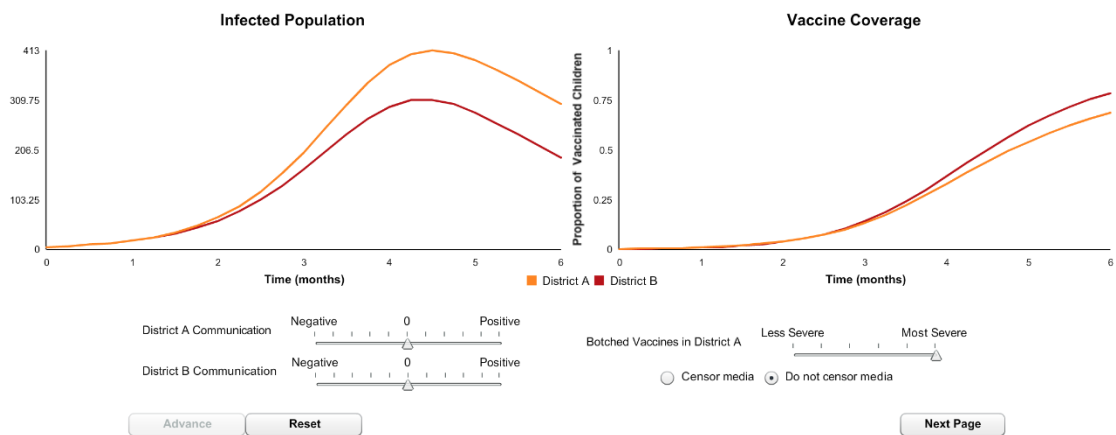
deux districts. Censurer les médias. Faites avancer la simulation jusqu'à la fin. Vous devriez voir ce qui suit sur votre écran.

Simulation 3



- Réinitialisez la simulation. Maintenant, gardez les mêmes paramètres que ci-dessus, mais ne censurez pas les médias. Voici ce que vous devriez voir sur votre écran.

Simulation 3



Question 18: Comparez les deux ensembles de courbes lorsque la gravité des vaccins bâclés dans le district A est la plus sévère. Comment la gravité de la campagne bâclée contre la rougeole affecte-t-elle la distance entre les courbes?

Les écarts encore une fois, existent entre ces courbes à cause de la censure. La justification est la même que celle de la question précédente. Au fur et à mesure que la campagne bâclée contre la rougeole devient plus sévère, la disparité entre la couverture dans le district A et le district B se réduit. Cela a du sens car si la censure est limitée aux

médias, les migrants par exemple s'installent dans le district B et l'information continue de se répandre.

6. Augmentez ou diminuez maintenant la communication et changez les paramètres de censure au fur et à mesure que vous avancez dans différentes simulations. Que remarquez-vous?

- *Si le média est censuré:*
 - *L'achat d'influence positive ne fait que renforcer la couverture*
 - *L'influence négative réduira la couverture indépendamment de la campagne bâclée contre la rougeole au Soudan du Sud*
- *Si le média n'est pas censuré:*
 - *L'achat d'une influence positive aidera à renforcer la couverture après avoir été affecté par les nouvelles au Soudan du Sud*
 - *Une influence négative réduira davantage la couverture*

Questions et réflexions finales:

Question 19: La censure des médias en vaut-elle la peine? Cela a-t-il un grand effet?
Remarque de l'instructeur:

Aidez le participant à réfléchir sur le coût par rapport à l'avantage de la censure des médias.

Demandez au participant: qu'est-ce qui compte? En d'autres termes, quelle est l'influence des médias en Ouganda? Est-ce la meilleure façon de lutter contre les informations négatives autour des vaccinations?

Question 20: D'après les simulations, comment pouvons-nous obtenir la plus grande couverture alors que la campagne bâclée contre la rougeole dans le district A est très sévère? Si vous avez des ressources illimitées? Si vous avez des ressources limitées?

Cette simulation montre que nous devons couper les médias car sinon les mauvaises nouvelles effrayeront les Ougandais et affecteront la couverture.

Avec des ressources limitées, vous ne pouvez affecter l'influence positive qu'à une capacité limitée, alors qu'avec des ressources illimitées, vous pouvez dans un sens acheter l'acceptabilité ou plutôt acheter la volonté des gens d'accepter et d'utiliser le vaccin.

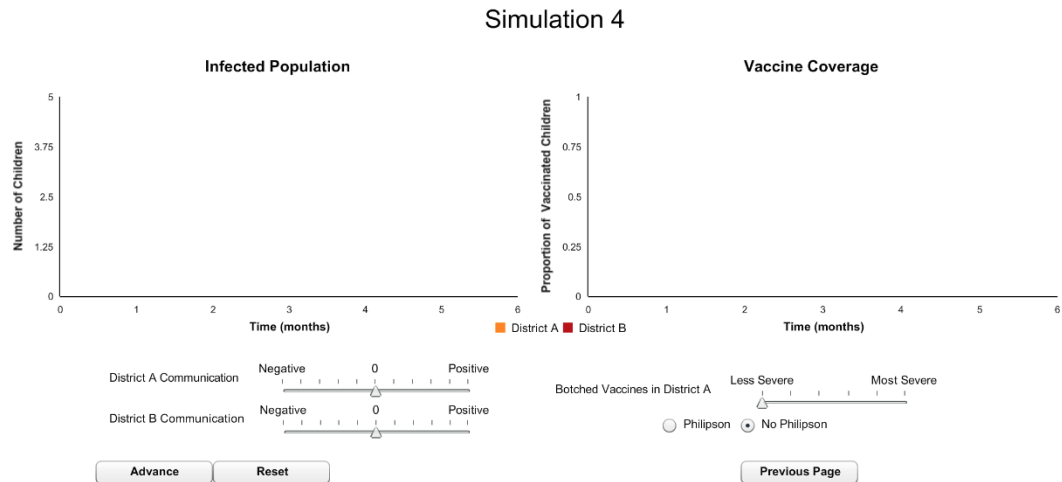
Question 21: Comment pensez-vous que les habitants du district B réagiraient s'ils apprenaient que les médias étaient censurés?

Remarque de l'instructeur: demandez aux participants d'en parler afin qu'ils puissent apprendre des points de vue différents sur la censure.

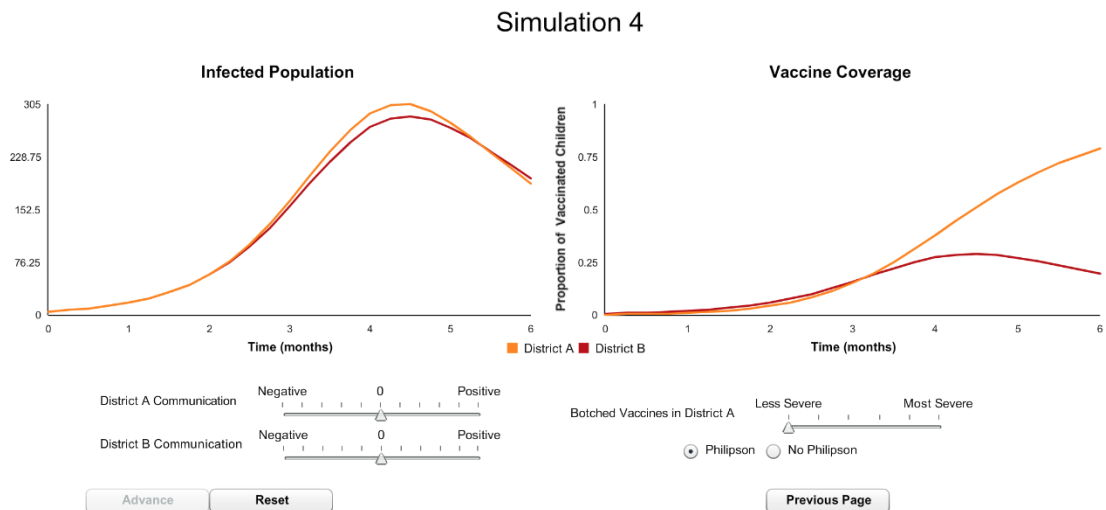
7. Cliquez maintenant sur Page Suivante et passez à la simulation suivante.

SIMULATION 4: Philipson dans les Districts

1. Après avoir cliqué sur le bouton de la *page suivante*, voici ce que vous devriez voir sur votre écran



2. Cliquez sur le bouton de réinitialisation. Sélectionnez Philipson. Avancez jusqu'à la fin de la simulation. Voici ce que vous devriez voir à l'écran

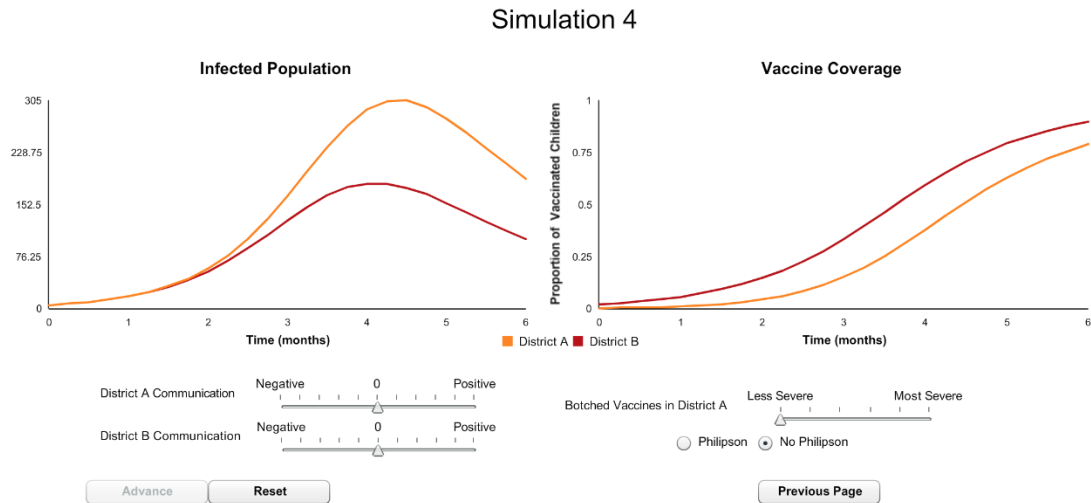


Question 22: Décrivez l'effet Philipson dans vos propres mots.

L'effet Philipson est présent lorsque la probabilité des parents de faire vacciner leurs enfants est directement proportionnelle à la prévalence de la maladie elle-même. Sans l'effet Phillipson, la volonté des parents n'est pas basée sur la

prévalence de la maladie, mais plutôt sur la compréhension que recevoir un vaccin est un bien social positif.

3. Réinitialisez la simulation. Cliquez sur No Philipson. Faites avancer la simulation jusqu'à la fin. Voici ce que vous devriez voir à l'écran.



Question 23: Décrivez les différences que vous constatez dans la couverture vaccinale lorsque vous activez et désactivez l'effet Philipson.

Lors de l'examen de l'effet Philipson, les courbes de couverture se déplacent à l'unisson avec les courbes infectées. Plus il y a d'enfants infectés, plus nous verrons de couverture. Lorsqu'il n'y a pas d'effet Philipson, nous constatons que la population infectée n'est pas le seul moteur de la couverture vaccinale.

4. Jouez avec cette simulation et ajustez la sévérité du vaccin bâclé et les niveaux de communication.

Question 24: Décrivez ce que vous voyez?

Les utilisateurs verront que même lorsqu'ils achètent une influence positive ou une influence négative, sous la présence de l'effet Philipson, la couverture n'est pas influencée par l'acceptabilité ou la volonté des parents de vacciner leurs enfants.

Question 25: Quelles sont vos conclusions finales? Qu'aimeriez-vous voir aller de l'avant? Utilisez cet espace pour discuter de toute pensée nouvelle et/ou finale que vous avez.

Ouvrages Cités

1. Weisstein, *Modèle E.W. SIR*. Disponible sur:
<http://mathworld.wolfram.com/SIRModel.html>.
2. Geoffard, P.-Y. et T. Philipson, Eradication de la Maladie: Vaccination Privée ou publique. *The American Economic Review*, 1997. 87 (1): p. 222-230.