



Influence médiatique des réseaux sociaux et des effets contre-intuitifs sur les consignes sanitaires d'une pandémie : le modèle de Kim Witte (appel à la peur) simulé par la dynamique des systèmes.

Didier CUMENAL

Revue Francophone du Développement Durable

2024 - n°24 - Octobre

Pages 77 - 96.

ISSN 2269-1464

Article disponible en ligne à l'adresse :

-----  
<https://erasme.uca.fr/publications/revue-francophone-du-developpement-durable/>  
-----

Pour citer cet article

-----  
Cumenal D. (2024), Influence médiatique des réseaux sociaux et des effets contre-intuitifs sur les consignes sanitaires d'une pandémie : le modèle de Kim Witte (appel à la peur) simulé par la dynamique des systèmes, *Revue Francophone du Développement Durable*, n°24, Octobre, p. 77 - 96.

# Influence médiatique des réseaux sociaux et des effets contre-intuitifs sur les consignes sanitaires d'une pandémie : le modèle de Kim WITTE (appel à la peur) simulé par la dynamique des systèmes

Didier CUMENAL

*Visting professor, Sorbonne University ; ECE Paris (engineering school)*

*Résumé : La majorité des modèles épidémiologique n'ont pas modélisé les motivations, les pulsions humaines et d'une manière générale, les comportements réactifs de la population. Ainsi si l'appel à la peur est très fort, alors les directives sanitaires sont inefficaces pour une partie de la population. Cela a pour conséquence de générer des stratégies de défense (évitement des gestes barrière, minimisation, etc.). Le chef de l'État, se félicitant d'avoir déjoué la « flambée des contagion » a déclaré : « Nous avons eu raison de ne pas confiner la France fin janvier 2021, parce qu'il n'y a pas eu l'explosion qui était prévue par tous les modèles ». La réponse d'un épidémiologiste n'a pas tardé : « Le fait de décrédibiliser notre parole va encore complexifier la compréhension de l'épidémie par la population. Notre travail est là pour éclairer la situation, comprendre ce qui se passe, pour anticiper l'évolution de l'épidémie, pas pour participer au jeu politique. » On voit que ces oppositions reprises et amplifiées par les médias, les réseaux sociaux déstabilisent l'opinion publique et la croyance en la science. Les simulations de propagation virale ont considérablement influencé l'action publique. Les enjeux de la modélisation sont en effet de taille puisqu'elle doit produire des prédictions contenant aussi des informations permettant de développer une action publique et surtout acceptée par l'opinion. Afin de pallier l'insuffisance de la prise en compte des réactions comportementales Il nous a semblé opportun de développer un modèle systémique faisant coexister deux sous-systèmes s'influencent mutuellement et que nous faisons vivre dans le temps. Il s'agit du modèle classique à compartiments « SEIR » ((pour Susceptible-Exposé-Infectieux-Retiré) et du modèle de Kim Witte qui est le sous-système « appel à la peur » analysant les réactions humaines face aux consignes et directives sanitaires. À notre connaissance, il n'existe pas de recherche sur la modélisation mathématique de ces deux systèmes dynamiques en interaction réciproque. Nous présentons deux scénarios : le premier avec des messages imprécis, voire contradictoires amenant les individus à rejeter les consignes sanitaires, le second avec des informations plus explicites et précises conduisant la population à mieux les appliquer. Toutefois, la mise en œuvre des mesures sanitaires s'érode au cours de temps et il semble qu'il y a un rattrapage de la contamination tel que le montre la simulation. Nous pensons qu'il y a des actions de sensibilisation auprès du public, des médias, du pouvoir politique sur la nature épistémologique et l'exploitation des modèles. Car les modèles prévisionnistes incompris ou considérés comme des boules de cristal induisent en erreur le public et renforce les rumeurs sur les réseaux sociaux.*

*Mots clés : Dynamique des systèmes, Modèle, Pandémie, Peur, Whitte*

## Introduction

Tout le monde a pu constater lors de la dernière crise sanitaire que les médias, les réseaux sociaux abreuvait en continu l'individu, la famille par des informations très anxiogènes. Les déclarations des professionnels de la santé, les injonctions gouvernementales en référence à des simulations numériques parfois contradictoires entre elles ont provoqué des injonctions paradoxales et finalement des angoisses du

public. Ces dernières amplifiées par les médias et les réseaux sociaux ont joué le rôle de caisse de résonance pour finalement aboutir à une épidémie de la peur. Sa diffusion à l'aide de messages angoissants a permis d'imposer des mesures restrictives comme le confinement qui n'était pas au goût de tout le monde. Des voix se sont élevées pour dénoncer ces mesures autoritaires, des refus à l'autorité sont apparus. Certains se sont référés à Nicolas Machiavel (le Prince) qui a écrit : « *celui qui contrôle la peur des gens devient le maître de leurs âmes* ».

Mais comment les modèles et les simulations soutenues par les autorités sanitaires et gouvernementales sont devenus « parole d'évangile » pour le grand public et comment ces modèles ont été soumis dans la réalité à des biais cognitifs transmis par des rumeurs qui ont perturbé l'efficacité de leur prévision ?

Car de mauvaises interprétations sur les résultats des simulations numériques ont jeté un trouble et ont généré l'échec des messages persuasifs souhaités et ont même engendrés un déni des recommandations avec à la clef un relâchement des comportements sanitaires.

Il nous apparaît opportun de montrer la faiblesse de ces modèles de propagation de la contagion de type « SIR » et dérivés comme le « SEIR » écartant l'influence du comportement parfois irréfléchi des sociétés humaines. La communication informelle (rumeurs) et les informations douteuses ou en tout cas imprécises pourraient-elles faire mentir les résultats des modèles par définition rationnels ? Ces derniers sont construits sur une démarche de résolution de problèmes prenant en compte l'objectivité et la logique plutôt que la réaction comportementale humaine.

À la fin de cette présentation, il sera intéressant de répondre à la question suivante beaucoup plus générique : doit-on laisser les modèles et les simulations numériques nous gouverner ?

En épidémiologie mathématique classique, les individus n'adaptent pas leur comportement de contact lors des épidémies et ne sont pas influencés par l'environnement médiatisé. Cependant, nous explorons l'effet de l'inclusion des comportements humains dans les modèles de dynamique épidémique. C'est une approche duale nécessaire pour comprendre les impacts des décisions sanitaires et des rumeurs qui en découlent. Des effets contre-intuitifs peuvent survenir par rapport aux décisions prises.

Dès lors notre objectif précis est de modéliser l'impact de la médiatisation, des réseaux sociaux sur le rapport au risque qu'ont les individus et à partir de là faire interagir les deux sous-systèmes entre eux :

- La dynamique de la propagation de l'épidémie
- Les réactions humaines qui découlent de l'interprétation des résultats des simulations par les autorités sanitaires, les médias et les réseaux sociaux.

Pour le dire plus simplement : nous modélisons deux processus de contagion en interaction : celui de la maladie et celui de la peur de la maladie sous influence des médias et des réseaux sociaux.

## Revue de littérature sur l'état des connaissances en rapport avec la recherche

Il ne s'agit pas de recenser toutes les publications historiques sur les modèles épidémiologiques mais d'analyser les publications majeures en rapport avec l'objectif de la recherche et plus précisément sur les modèles anxigènes ou appels à la peur.

Que signifie « appel à la peur » ? Selon Kim Witte (1992), c'est un message informatif se voulant persuasif conçu pour provoquer un sentiment de peur vis-à-vis d'une menace précise. Exemple : La COVID-19 peut être mortel et continuera de se propager dans nos sociétés, d'où le message : « Porter un masque dans les lieux publics c'est sauver des vies mais aussi la vôtre » ! Mais bien entendu les messages d'anxiété, de peur peuvent être déversés par les réseaux sociaux : « *les masques chirurgicaux contiennent des substances chimiques, ils sont dangereux pour la santé* » !

Incidemment, il faut distinguer la peur de l'anxiété. La peur est l'activation du système nerveux sympathique mis en jeu dans nos émotions, en réaction à la perception d'une menace générée par un danger spécifique et observable (un tsunami survient). L'anxiété, en revanche, est considérée comme diffuse, une sorte de sentiment non focalisé, sans objet (l'anxiété sur le concept de mort).

Pour cette revue de littérature nous prenons en considération les travaux historiques de Blondé & Girandola (2016).

On peut distinguer dans l'histoire des modèles sur l'incitation à la peur deux approches : celle qui relève de l'approche stimuli réponses ou d'inspiration néo-behavioriste et celle qui s'appuie sur les fonctions cognitives.

***Le modèle d'inspiration néo-béhaviorisme concernant la réduction de la pulsion motivante*** (Drive Reduction Model ; Janis, 1967). La peur résulte d'une pulsion négative amenant les individus à minimiser la tension qu'elle suscite.

Nous avons illustré ce modèle par la figure 1.

Si l'intensité de peur est faible, alors l'individu utilise les recommandations proposées dans le message informatif sanitaire. Ce qui permet de diminuer la tension ressentie. À l'inverse, si la peur est trop forte, alors les recommandations sont inefficaces à la réduction de la tension. L'individu aura recours à des stratégies d'évitement ou de persuasion irrationnelle permettant de réduire la tension induite mais ne favorisant pas l'acceptation des recommandations.

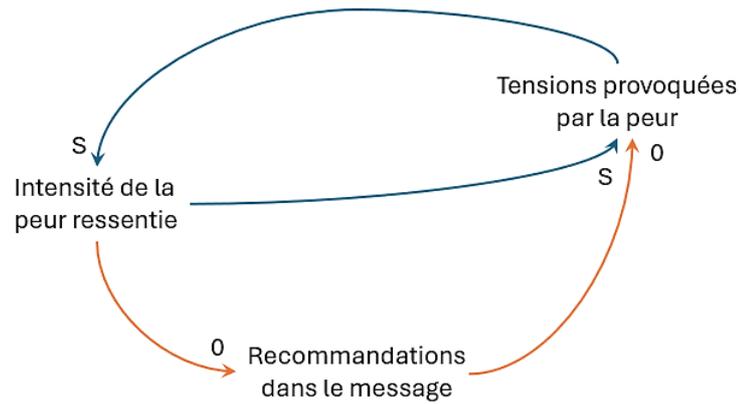


Figure 1

Cependant, ce modèle a été laissé de côté car plusieurs travaux de recherche ne permettent pas d'établir une relation linéaire négative ou positive : plus la peur est forte, plus l'acceptation est faible mais aussi plus la peur est forte, plus l'acceptation est forte. Les contradictions dans les faits sont nombreuses et peu probantes.

**La théorie de la motivation à la protection** (Protection Motivation Theory : PMT de nature cognitive (Rogers, 1975).

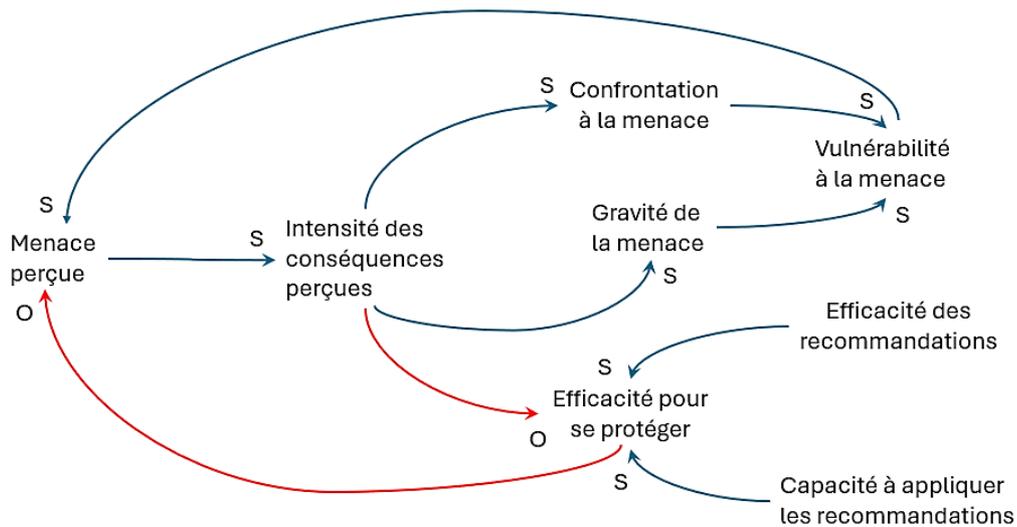


Figure 2

Si la menace perçue et l'efficacité perçue sont fortes alors l'individu est disposé à se protéger et adoptera les comportements recommandés. Si la menace perçue ou l'efficacité perçue sont faibles alors l'individu n'est pas motivé à se protéger et ne se protégera pas. Selon ce modèle, « PMT » (voir figure 2) la réussite d'un appel à la peur nécessite que le message annonce une forte menace (par ex., « un excès prolongé de boissons alcoolisées peut provoquer des conséquences irréversibles sur votre santé : risque d'accident vasculaire »), un sentiment de vulnérabilité (par ex., « en buvant trop vous risquez de développer des maladies vasculaires voire un cancer ») et des recommandations efficaces (par exemple, évaluer la consommation d'alcool et établir un contrat d'arrêt pour allonger sa durée de vie»).

Cependant ce modèle ne donne pas d'explication sur le pourquoi des rejets des recommandations (messages), notamment comment l'individu résiste aux incitations ? Le modèle étendu des processus parallèles de Kim Witte, tente d'apporter des réponses à cette limite

*Le modèle étendu des processus parallèles* (Extended Parallel Process Model : EPPM) de Kim Witte (1992). C'est celui que nous avons retenu et intégré dans notre modèle et simulation. Le modèle de Kim Witte utilisé est basé sur deux processus parallèles :

1) **la perception de la menace** en termes de gravité (intensité du message, des consignes). Est-ce que l'on considère que les consignes sanitaires sont efficaces pour faire face au virus ?

2) **L'évaluation de l'efficacité** de cet appel à la peur. Est-ce que l'on se sent capable personnellement de mettre en œuvre ces consignes, d'adopter ces comportements ?

**L'écart entre ces deux processus** (menace et efficacité) détermine notre réaction, notre réactance (Brehm, JW (1966) qui est un mécanisme de défense psychologique pour un individu qui tente de maintenir sa liberté d'action alors qu'il la croit ôtée ou menacé selon ses propres croyances.

Deux cas peuvent se produire :

- a) Si l'efficacité perçue est **supérieure** à la menace perçue alors on se protège efficacement eu égard la menace et on suit les consignes à la lettre
- b) A l'inverse si l'efficacité perçue est **inférieure** à la menace alors on cherche à contrôler la peur, on rejette les consignes (dénier, évitement)

Nous développerons la structure de ce sous système dans la partie qui suit et nous émettrons quelques réserves sur ses limites.

## Le processus de déploiement du modèle de dynamique des systèmes (la démarche)

Selon la classification de Aral, M (2011), notre modèle est dynamique et récursif (au sens des règles de transition qui agissent sur les composantes du système pour en changer leur état au cours du temps). Une règle de transition décrit l'état du système à l'itération future en fonction de son état à l'itération présente.  $Etat(t+1) = règle(Etat(t))$  ; La règle permet de passer d'un état(t) à un état(t+1). Dans notre modèle le temps est considéré comme une variable discrète.

Pour de plus amples détails techniques sur la dynamique des systèmes, nous vous invitons à consulter l'article : « *Dynamique des systèmes complexes - Concepts et méthodologie* » (Cuménal, 2021)

La structure du modèle est systémique et dynamique par le changement d'état des variables au cours du temps (par hypothèse, nous considérons que le lecteur connaît la définition d'un système).

Nous présentons ici le modèle selon une approche « top down », ou approche descendante. On décompose le système en éléments toujours plus détaillés. Selon la figure 3, nous découpons notre modèle en deux sous-systèmes qui interagissent mutuellement. La contagion mène à la peur et la peur conduit à des comportements déviants en matière de contagion (voir plus loin pour de plus amples explications)

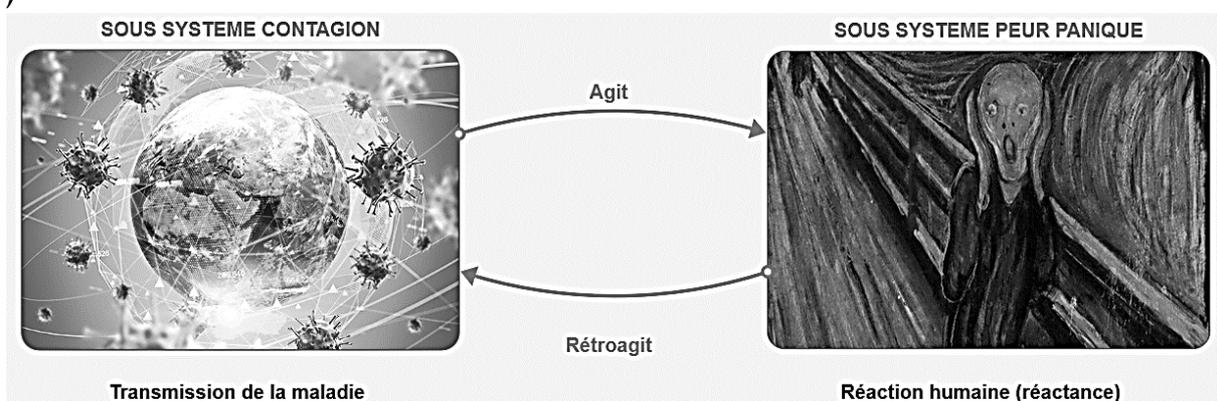


Figure 3 : les deux sous-systèmes

### Le sous-système « contagion »

Il s'agit d'un modèle classique à compartiments en épidémiologie sur lequel nous avons distingué plusieurs types de population (matrice) : nous avons différencié **4 groupes** ou classes d'âge de population : **Gr1** = Enfants ; **Gr2** = Adolescents ; **Gr3** = Adultes ; **Gr4** = Seniors. La simulation se déroule sur un an (soit 365 jours). Le pas de simulation est la journée.

Nous ne rentrons pas dans le détail des modèles épidémiologiques classiques largement analysés par la littérature. On dénomme ces modèles : « S.I.R. » et « SEIR » (pour Susceptible-Exposé-Infectieux-Retiré) ou population vulnérables-contagieuses-contaminées-guéries qui est un modèle plus élaboré et que nous utilisons ici.

Le diagramme dynamique qui suit présente cinq variables d'état mouvementées par des flux agissant soit à l'entrée soit à la sortie ou encore les deux en même temps. La dynamique des changements d'état permet grâce à la simulation de faire vivre le système dans le temps de son évolution.

Si l'on observe attentivement la figure 4, on constate que ce sous-système fait appel à la variable « *fraction de la population n'adoptant pas les recommandations* » (voir les encadrés graphiques ci-dessous sur le schéma). Cette variable qui tire son origine du sous-système « Réactions humaines » a, comme les résultats le montreront, un impact sur le modèle SEIR à travers les variables : vaccination, nombre de contacts par jour. Les comportements humains sont donc pris en compte, ce qui distingue notre modèle des autres plus focalisés sur l'épidémiologie mathématique.

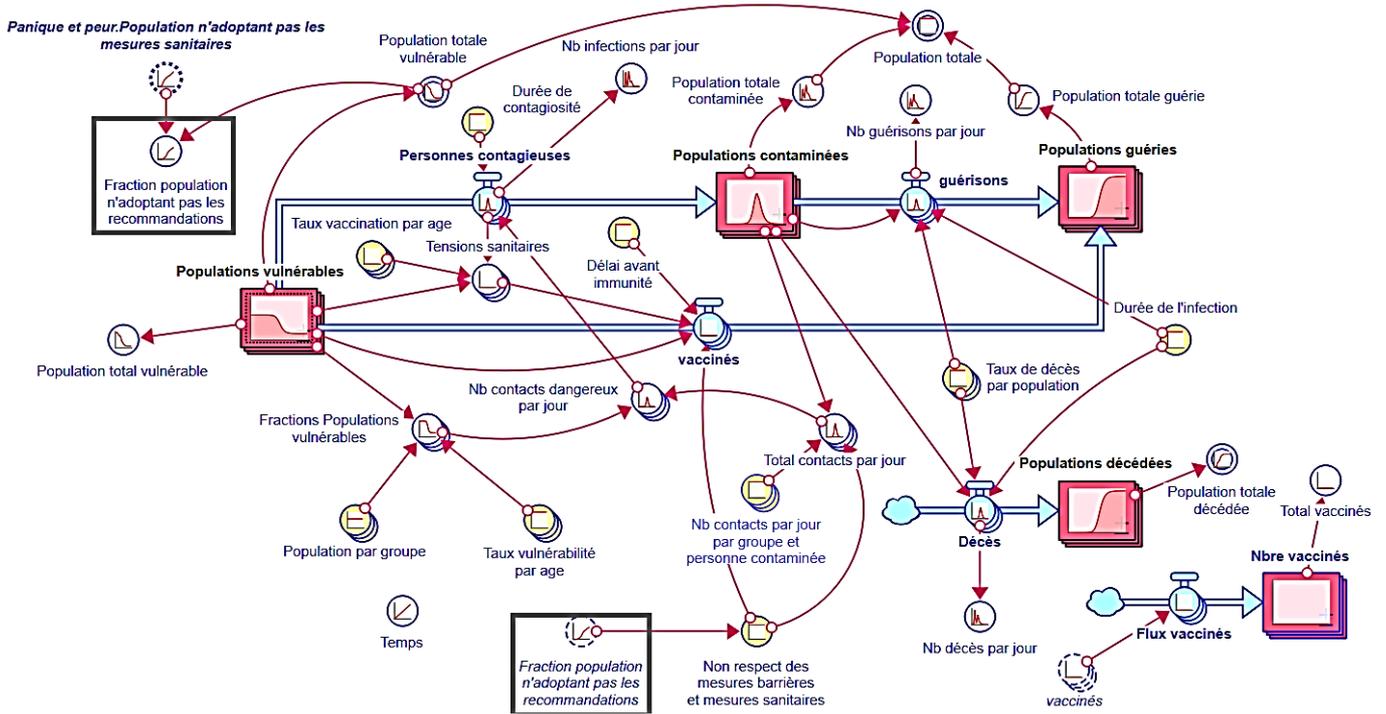


Figure 4 : le sous-système contagion (diagramme dynamique)

## Le sous-système « rumeurs ». Le rôle des réseaux sociaux et des médias sur leur propagation

On a subdivisé le système peur et panique en deux sous-systèmes : l'appel à la peur et la rumeur médiatique, celle des réseaux sociaux (figure 5)

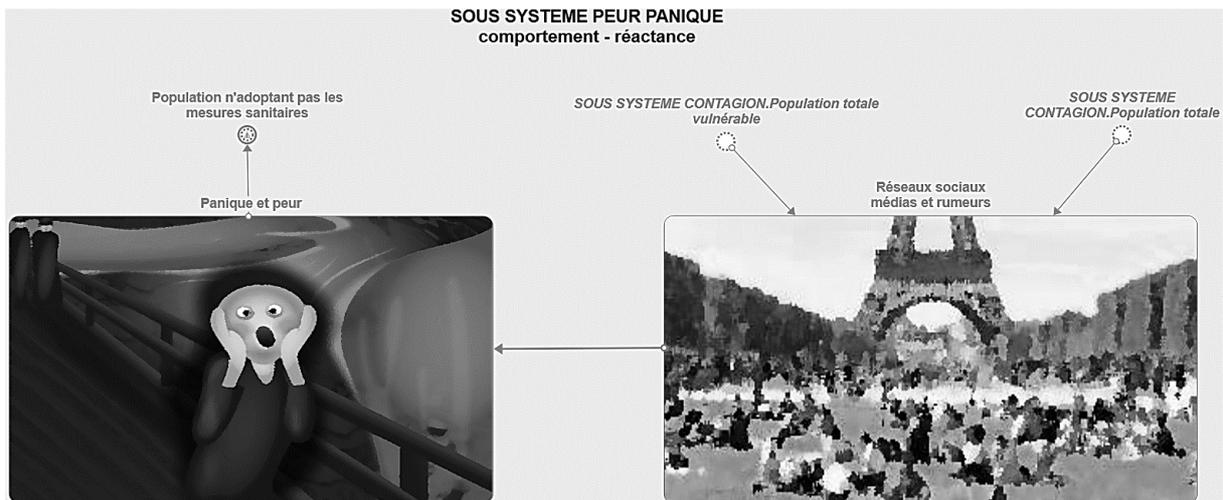


Figure 5 : Sous-systèmes peur et médias-réseaux sociaux

Le citoyen est abreuvé d'une masse d'informations de plus ou moins grande qualité. La sur-information parasite la pensée. Il devient de plus en plus difficile de faire la distinction entre ce qui relève de la réalité ou ce qui est du ressort des opinions voire

des fake news. Les professionnels de la santé sont eux-mêmes pris dans des états de contradiction. La controverse autour de la chloroquine a entamé l'unité de la parole publique des scientifiques et a montré à l'opinion les faiblesses de la science. Depuis l'an 2000 on assiste avec l'essor d'Internet et des réseaux sociaux à un changement dans les croyances, les pratiques, les "frameworks" qui influencent la façon dont nous percevons et interprétons les phénomènes.

Il y a même un renversement de perspective pour comprendre le monde ! Ce ne sont plus les savoirs qui façonnent les opinions mais hélas l'inverse. Dans les périodes de crises les réseaux sociaux deviennent le principal robinet d'information du grand public, alimenté par les médias mais aussi par des plateformes Internet d'origine douteuse au service de quelques idéologies sectaires. Historiquement, notre éducation était guidée par les savoirs, développant notre sens critique pour être capables de forger nos propres opinions. Progressivement des briques de pseudo-savoirs ont été diffusés par des sources d'information sur les réseaux sans pour autant que l'on puisse leur donner du sens et de l'objectivité.

Les rumeurs et la désinformation sont le socle de la panique médiatique. Quels sont les facteurs qui y contribuent ?

- L'incompréhension de la nature du risque en matière de santé qui engendre des angoisses. Cela renforce les intox, fausses rumeurs, etc.
- Les réseaux militants se professionnalisent en matière de communication. Ils ont perçu l'intérêt des canaux de communication, de la liberté d'expression démocratique.
- La dépendance à l'égard des sources officielles, du professionnalisme des experts, qui par les contradictions, les incohérences apportées au traitement de la crise ne rassurent pas
- Les simulations numériques, les courbes en cloche affichées introduisent un contexte l'hyperréaliste avec une mise en scène médiatique digne d'un « film catastrophe » censé précéder l'événement (on simule le risque d'une 4<sup>e</sup> vague qui accentue l'angoisse !). Les modèles mathématiques doivent ouvrir un débat sur des mondes possibles à la limite de l'imaginable. C'est là leur intérêt : la médiation. Ils ne doivent pas devenir un dictat des données. Il est plus intéressant de générer des hypothèses, voir les plus improbables sous la forme de scénarios que de gober toute apparence de scientificité donnée par des équations et par des graphiques.
- Enfin on retient et on exagère plus les aspects négatifs que le positif (biais de négativité).

La figure 6 ci-dessous représente le diagramme dynamique qui identifie l'impact de la médiatisation, des réseaux sociaux sur les attitudes ou le rapport au risque qu'ont les individus. Il propage l'évolution des réactions humaines dans le modèle « SEIR ».

Deux aspects de la propagation de la rumeur sont traités : l'impact des réseaux sociaux soumis aux biais cognitifs, eux-mêmes dépendant de l'intensité des risques sanitaires perçus et l'influence des médias, second facteur d'émergence de la rumeur. La somme des deux permettant de déterminer le nombre de personnes réceptives à la peur. Rappelons que ce diagramme est en relation avec le diagramme dynamique de la contagion (voir figure 4).

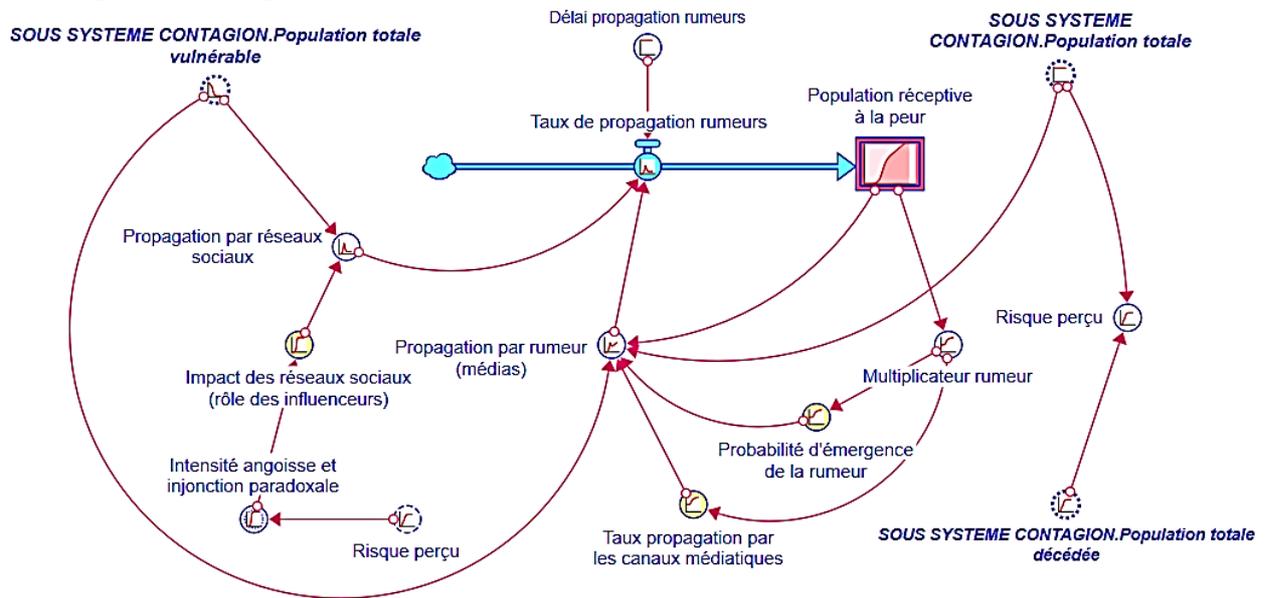


Figure 6 : Le sous-système réseaux sociaux et médias (diagramme dynamique)

### Le sous-système appel à la peur (diagramme dynamique de l'« EPPM »)

Pour mémoire, nous avons décrit le modèle de Kim Witte (voir la revue de littérature). Un appel à la peur comporte deux composantes : une composante de menace et une composante d'efficacité. On obtient alors un écart sur l'efficacité de la menace perçue. La composante efficacité tient compte de l'auto-efficacité des recommandations sanitaires.

D'autre part, nous avons pris en compte dans notre modèle les injonctions paradoxales théorisée dans les années 1950 par Gregory Bateson (Bateson et al. 1956) puis par Paul Watzlawick qui viennent perturber l'évaluation de l'efficacité.

Pour rappel, l'injonction paradoxale est une situation dans laquelle on doit agir mais en recevant des informations contradictoires, voire qui s'opposent ! Plus l'intensité de l'angoisse face au nombre de décès croît plus les contradictions apparaissent dans les discours surtout si les consignes sanitaires données sont imprécises laissant la voie à des interprétations erronées !

On peut citer quelques injonctions célèbres :

- Restez chez vous (pour sauver des vies) mais allez aussi travailler (pour faire tourner économiquement le pays)
- Les masques ne servent à rien mais finalement mieux vaut les porter !
- Travailler à distance et occupez-vous de vos enfants, Faites l'école à la maison !
- Éviter d'avoir les interactions sociales (les rassemblements) mais accomplissez votre devoir d'électeur en allant voter à la mairie !

Comme on peut l'observer sur la figure 7, l'appel à la peur et les personnes rejetant les recommandations pèsent sur l'évaluation de leur efficacité. Plus il y a de personnes qui mettent au ban ces consignes et plus l'efficacité perçue diminue aussi.

Ces éléments clés définis par l'EPPM, prédisent le résultat probable d'un appel à la peur plus ou moins bien maîtrisé, allant de l'acceptation des mesures sanitaires jusqu'au refus de celles-ci, c'est-à-dire à la désobéissance citoyenne. Dès lors on voit bien ce que sont les effets du comportement humain sur des mesures comme la vaccination, le port du masque, la distanciation.

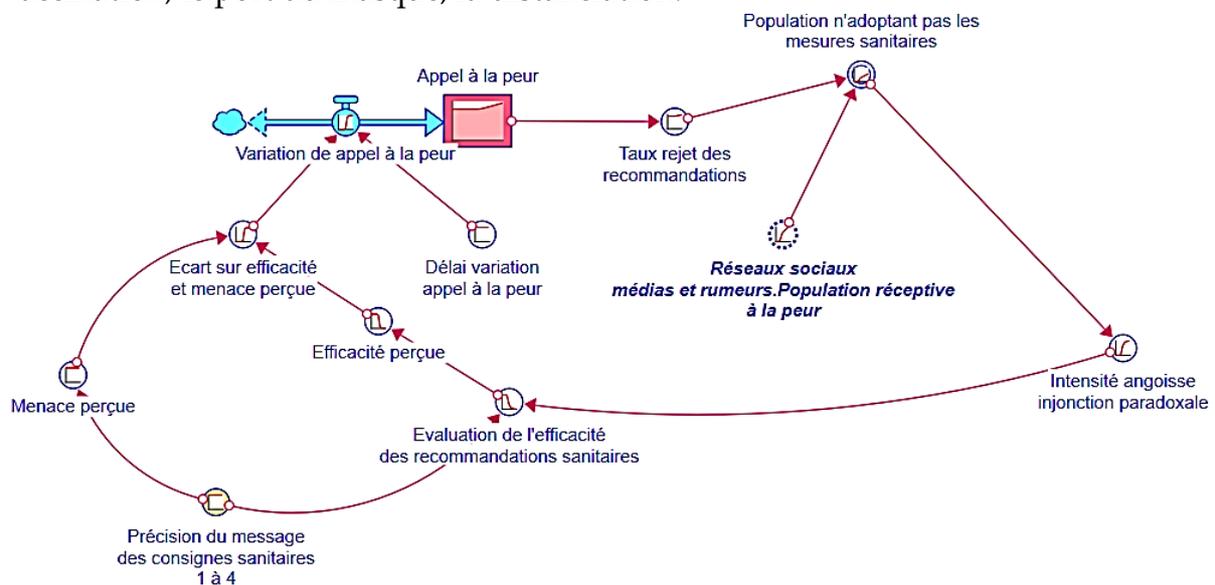


Figure 7 : Le sous-système : Appel à la peur (diagramme dynamique des processus parallèles (EPPM) de Kim Witte

## Présentation des résultats

### Illustration des deux « cockpits »

Le sous-système contagion est assez classique et représente l'interface du modèle « SEIR » (voir figure 8)

Nous avons formalisé 4 groupes d'âge de population : Gr1 = Enfants ; Gr2 = Adolescent ; Gr3 = Adulte ; Gr4 = Seniors. Comme déjà précisé, la simulation se déroule sur 1 an (soit 365 jours). Le pas de simulation est la journée. On peut agir sur plusieurs paramètres :

- le Nb de contacts théorique par jour par groupe d'âge et par personne contaminée. Celui-ci peut évoluer en fonction des consignes sanitaires, du rôle des autorités, des médias mais aussi de la pression des réseaux sociaux.

- le taux de vulnérabilité à la maladie (résistance au virus). Plus le taux est élevé moins on est résistant. Les enfants et les adolescents sont plus résilients que les adultes et surtout que les seniors

- Le taux de vaccination par tranche d'âge,

D'autres paramètres sont internes au modèle :

- la durée de la contagiosité, période pendant laquelle la maladie se transmet d'une personne à l'autre par contact,

- la durée de l'infection,

- la durée d'immunité avant d'être protégé,

Remarquons que ce sous-système n'est pas indépendant puisqu'il est lié fonctionnellement et vice-versa au sous-système peur et rumeurs que nous présentons ci-après. On simule d'un seul tenant sur 365 jours ou par période de 20 jours au cours de laquelle on peut modifier les paramètres permettant ainsi de générer des scénarios d'évolution.

Le modèle affiche de nombreux résultats et affichage de courbes concernant l'impact épidémiologique.

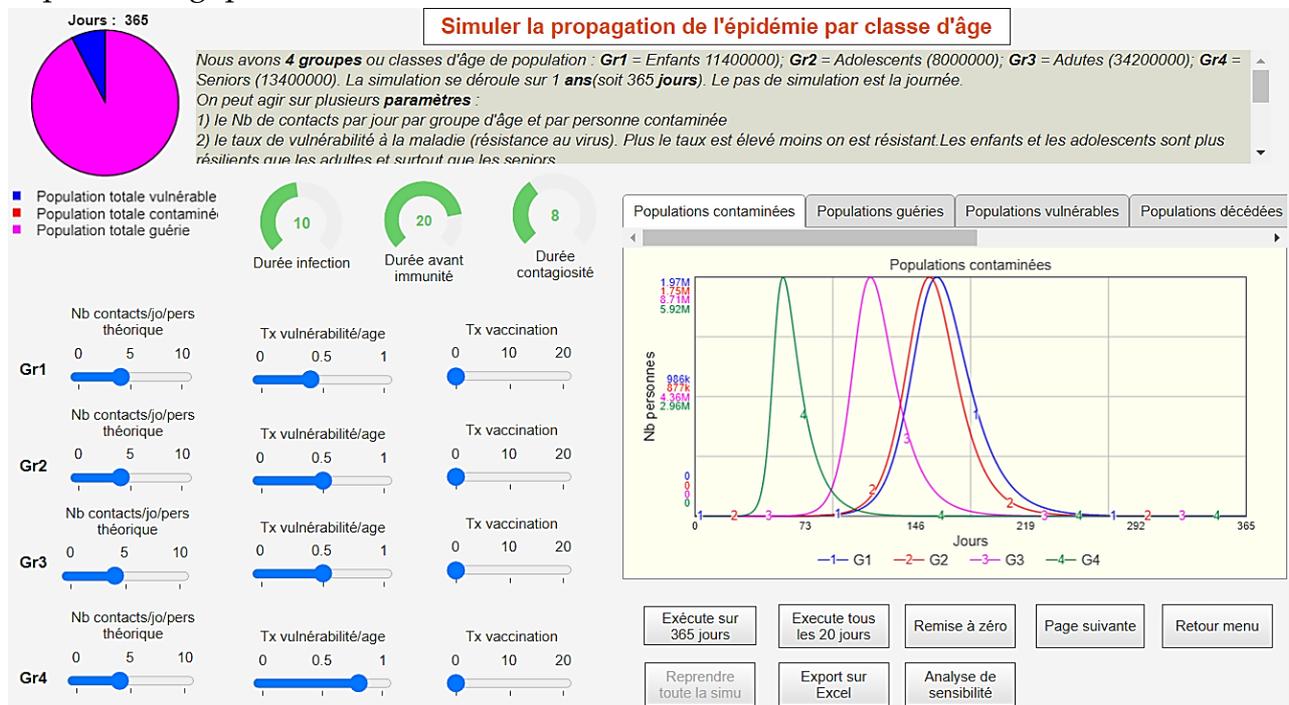


Figure 8 : Le sous-système Contagion

## Le sous-système peur avec l'incidence des rumeurs (médias, réseaux sociaux, etc.)

Plusieurs leviers d'action sont possibles :

- Le plus important est la portée des consignes sanitaires (messages véhiculés par les autorités). Son efficacité est modulée par le degré de précision de son contenu. Évidemment un message flou (imprécis) couplé à un fort risque sanitaire peut avoir un effet contraire par rapport à ses objectifs.

- Le modèle de Kim Witte utilisé est représenté sur les deux processus parallèles : la perception de la menace et l'évaluation de l'efficacité des consignes, c'est la partie gauche en haut de l'écran, qui suit (voir figure 9). L'écart sur l'efficacité perçue par les recommandations et la menace discernée conditionne le degré d'appel à la peur. Ce dernier peut entraîner un taux de rejet des recommandations si la menace ne semble pas être suffisamment traitée (ou comprise) par les consignes transmises par les messages. De nouveau, insistons sur le fait que la population qui n'adopte pas les mesures sanitaires à cause des rejets des informations, a des impacts sur le système contagion en réduisant les gestes barrières et donc en augmentant les contacts avec la population contaminée. Par défaut on a attribué au départ un taux de contacts théoriques à chaque classe d'âge de la population qui évolue au cours du temps en fonction des décisions simulées. Mais pas seulement au niveau des points de contacts physiques car les mesures de vaccination proposées peuvent être partiellement remises en cause par une population qui doute. Nous avons aussi pris en compte cette hypothèse.

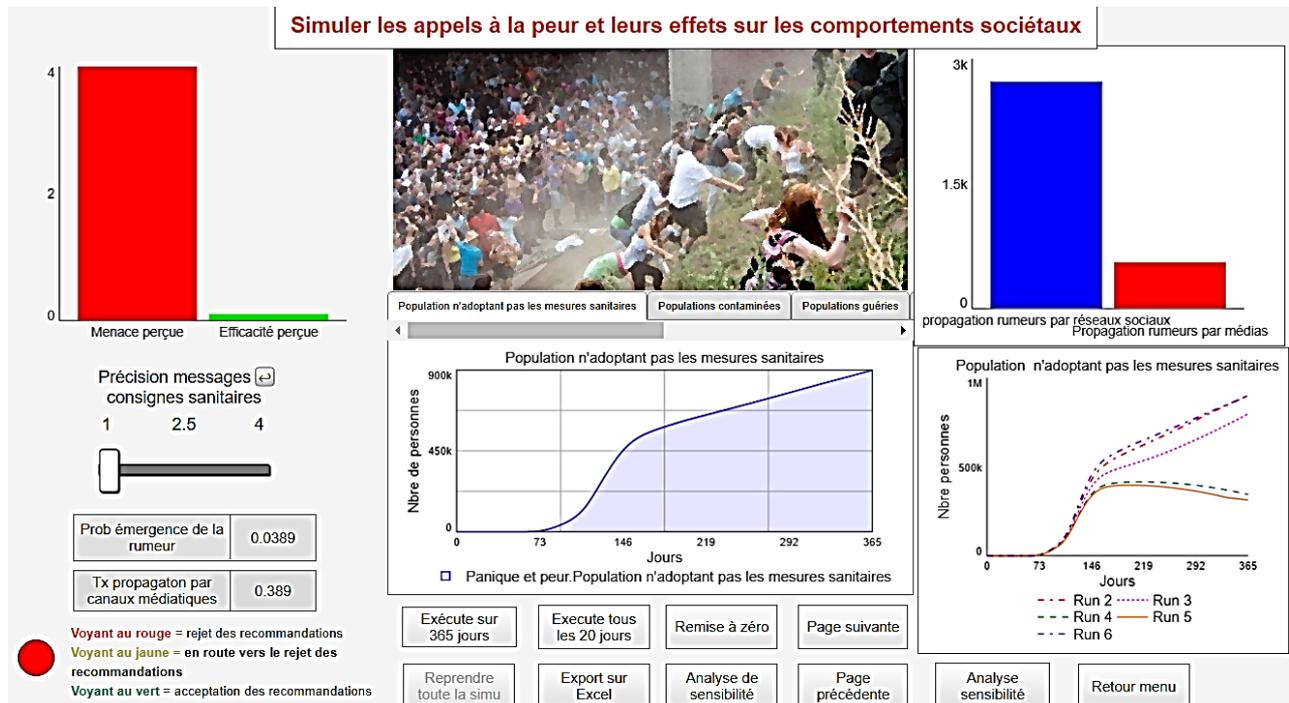


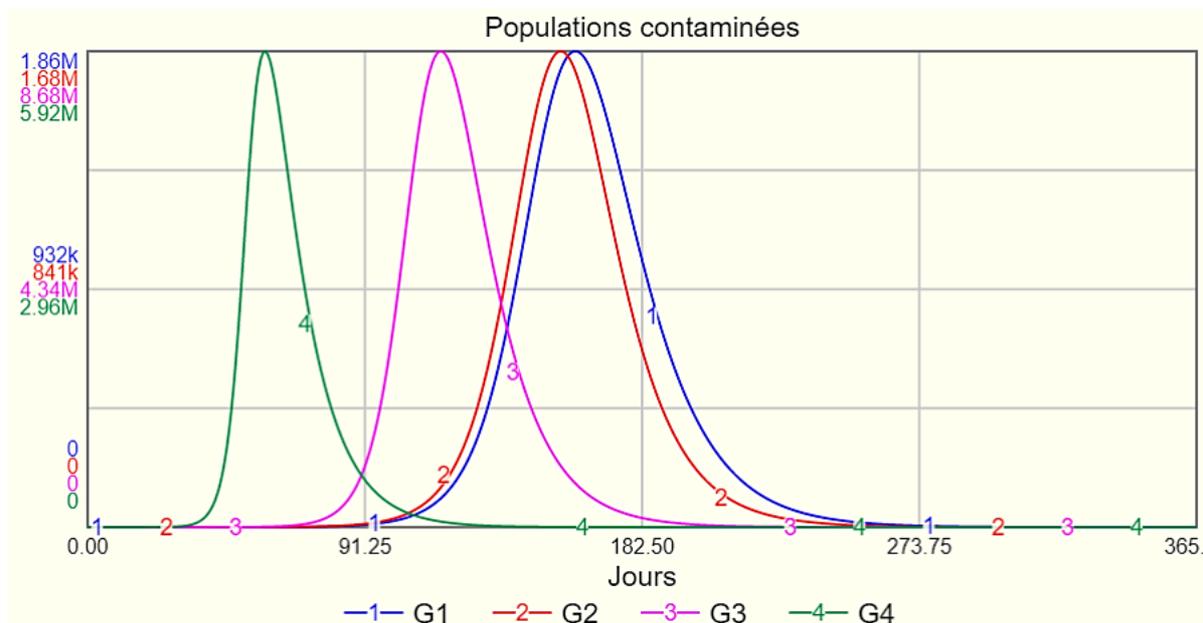
Figure 9 : Le sous-système peur et rumeurs

- La propagation de rumeurs (médias et réseaux sociaux) selon la réceptivité de la population à la peur est modélisé. On a ainsi le taux de diffusion de la rumeur par les canaux médiatiques ; la probabilité d'émergence de la rumeur qui est liée au risque perçu ; le délai de propagation de la rumeur qui peut fluctuer selon son intensité. On pourra observer les deux types de rumeurs (médias et réseaux sociaux sur l'image du cockpit en haut à droite (toujours figure 9 ci-après).

### Simulation de deux scénarios

*Le cas des recommandations sanitaires imprécises ! Le flot soudain et quasi continu d'informations éparses attisent les craintes, la peur et font circuler du faux contenu informationnel sur les réseaux.*

Nous avons pris les chiffres de la population Française soit au total 67 millions de personnes. Les populations contaminées (figure 10) présentent une courbe en cloche caractéristique avec un étalement dans le temps selon le type de population concernée. Sans surprise la catégorie des seniors est la plus touchée.



*Figure 10.: Courbes des quatre tranches d'âge de la population contaminée*

La pandémie est perçue par la population comme une menace sérieuse avec des mesures proposées (consignes, déclarations) jugées inefficaces par manque de clarté ou parfois contradictoires entre-elles (figure 11) ! Notons la propagation très importante des rumeurs sur les réseaux sociaux largement supérieures en intensité à celles des médias. L'appel à la peur rejette les recommandations et encourage la population à ne pas adopter les mesures sanitaires proposées. La simulation (voir la figure 12, courbe de gauche) montre qu'au total plus d'un million de personnes ne suivent pas les consignes, les directives. Cela se traduit par une diminution des gestes barrière (accroissement des contacts, protection sanitaires réduite, etc.).

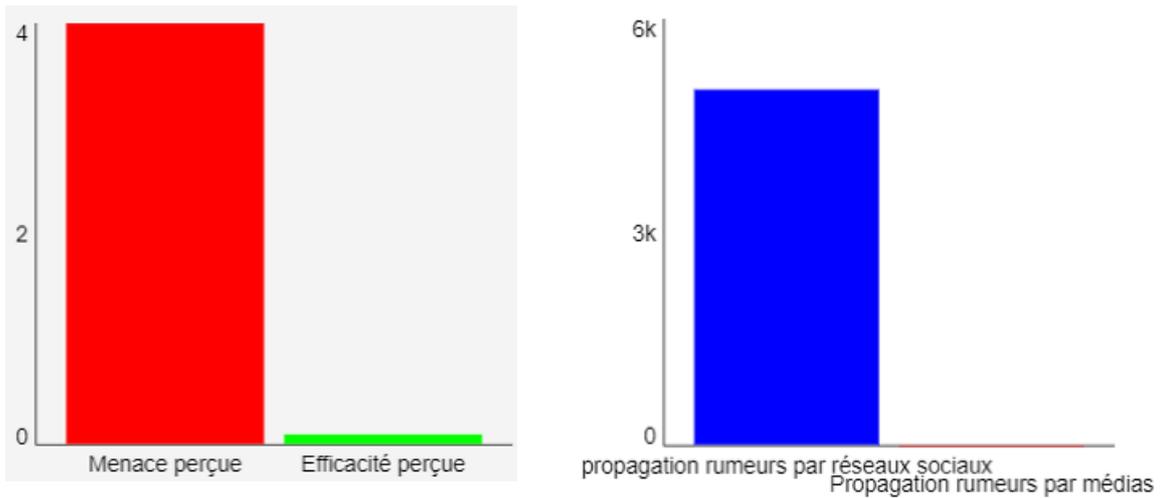


Figure 11 : Menace et efficacité perçue ; propagation de la rumeur

Une variante de ce scénario est celle où l'on organise une vaccination de masse avec rappel. Malgré l'ambiguïté et les contradictions des messages prônant les mesures d'hygiène prophylactiques, on constate un effet bénéfique sur le nombre de personnes contaminées toute classe d'âge confondue (environ 50% de moins que si la vaccination n'avait pas eu lieu). Il y a seulement 170 000 personnes qui n'ont pas accepté ces mesures (figure 12, courbe de droite).

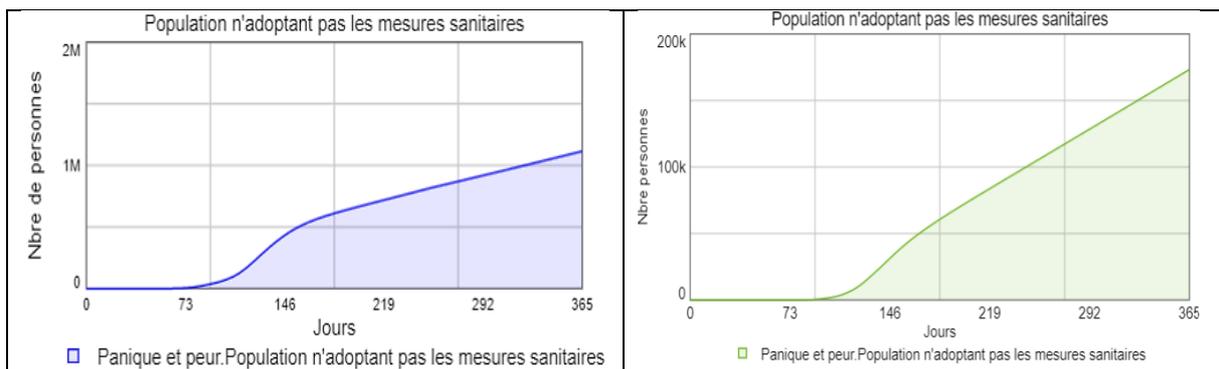


Figure 12 : Décrochage des mesures sanitaires à appliquer

Le cas des recommandations sanitaires cohérentes et moins ambiguës ! Les circulaires d'information, les déclarations médiatiques se font plus précises et moins antinomiques.

La population n'adoptant pas les mesures sanitaires est en baisse (voir figure 13). Comment expliquer cette amélioration ? Rappelons une nouvelle fois que l'appel à la peur est fonction de l'écart sur l'efficacité des mesures envisagées et les menaces sanitaires perçues. Ces dernières régressent par le jeu des réseaux (sociaux et médiatiques) car interprétées positivement. Tout l'intérêt du modèle de Kim Witte réside dans l'analyse de la situation où le danger sanitaire est perçu comme important et les mesures inappropriées ou incomprises. Il montre que les réponses de contrôle de la peur sont définies comme des mécanismes d'évitement ou de contournement qui tentent de la réduire. Dans cette situation, elles incluent le déni, la réactance psychologique et l'évitement défensif qui sont des mécanismes de défenses cognitives. Cependant dans le cas où les mesures sanitaires

sont jugées crédibles pour pallier le danger de la pandémie, les directives sont mieux appliquées. De même, dans le cas où la gravité ou la vulnérabilité du danger est perçue comme faible, l'individu ignore la consigne. Il n'y a aucun changement de comportement.

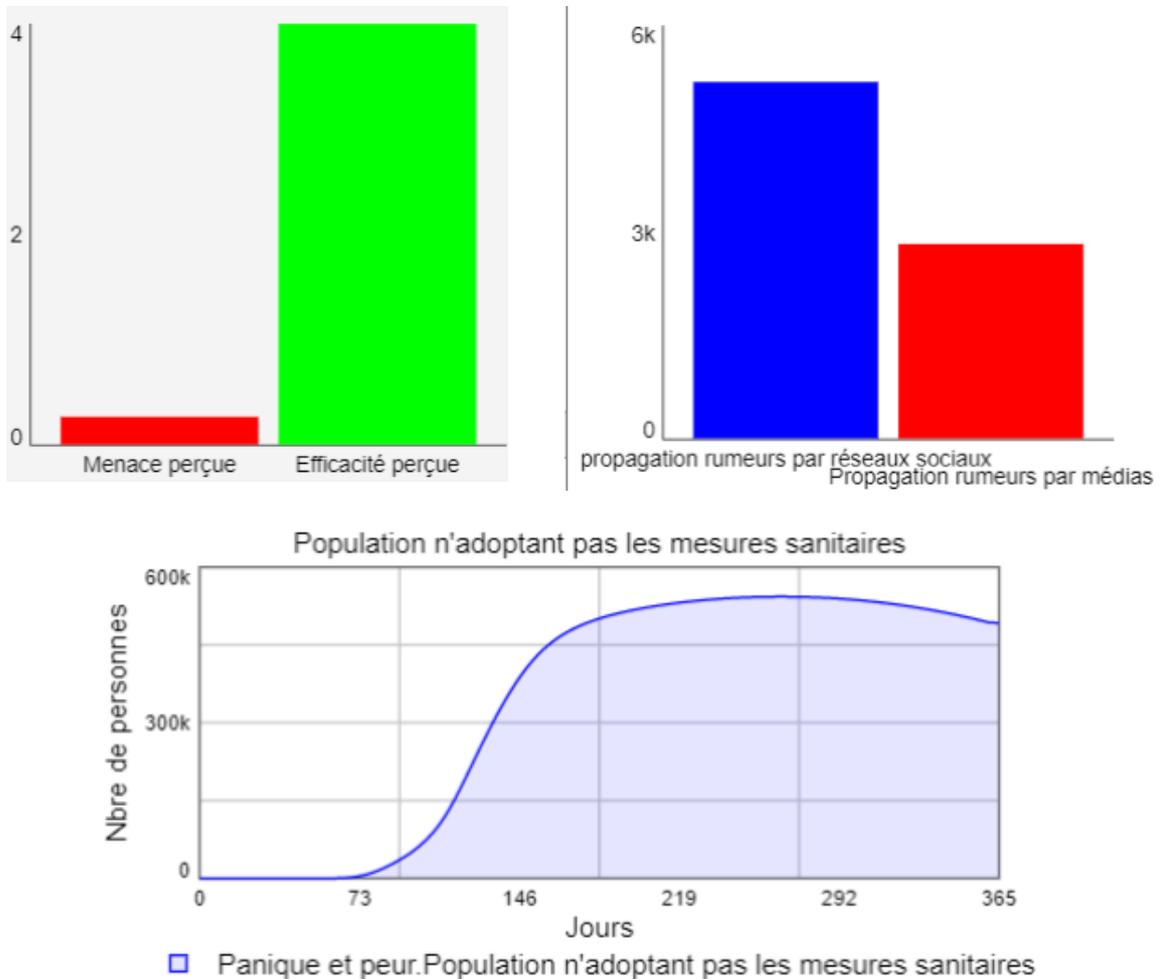


Figure 13 : Scénario concernant les directives, les recommandations sanitaires précises

La figure 14 analyse le nombre de contacts par jour en fonction de la qualité des informations et messages sanitaires. Le résultat statistique n'est pas probant bien que l'on puisse observer un décrochage au 155<sup>ème</sup> jour sur la courbe de droite (correspondant à une meilleure information sanitaire). En fait malgré le renforcement des gestes barrière dans ce scénario, la simulation montre qu'il y a un faible effet sur le nombre de personnes contagieuses (probablement chaque personne ne continue pas à respecter au cours du temps les bonnes pratiques sanitaires initiales et est rattrapée par la pandémie).

Cependant la vaccination dans la mesure où elle est jugée opportune par les messages sanitaires diffusés par les autorités médicales entraîne une nette baisse (50%) de la fréquence des contacts par jour.

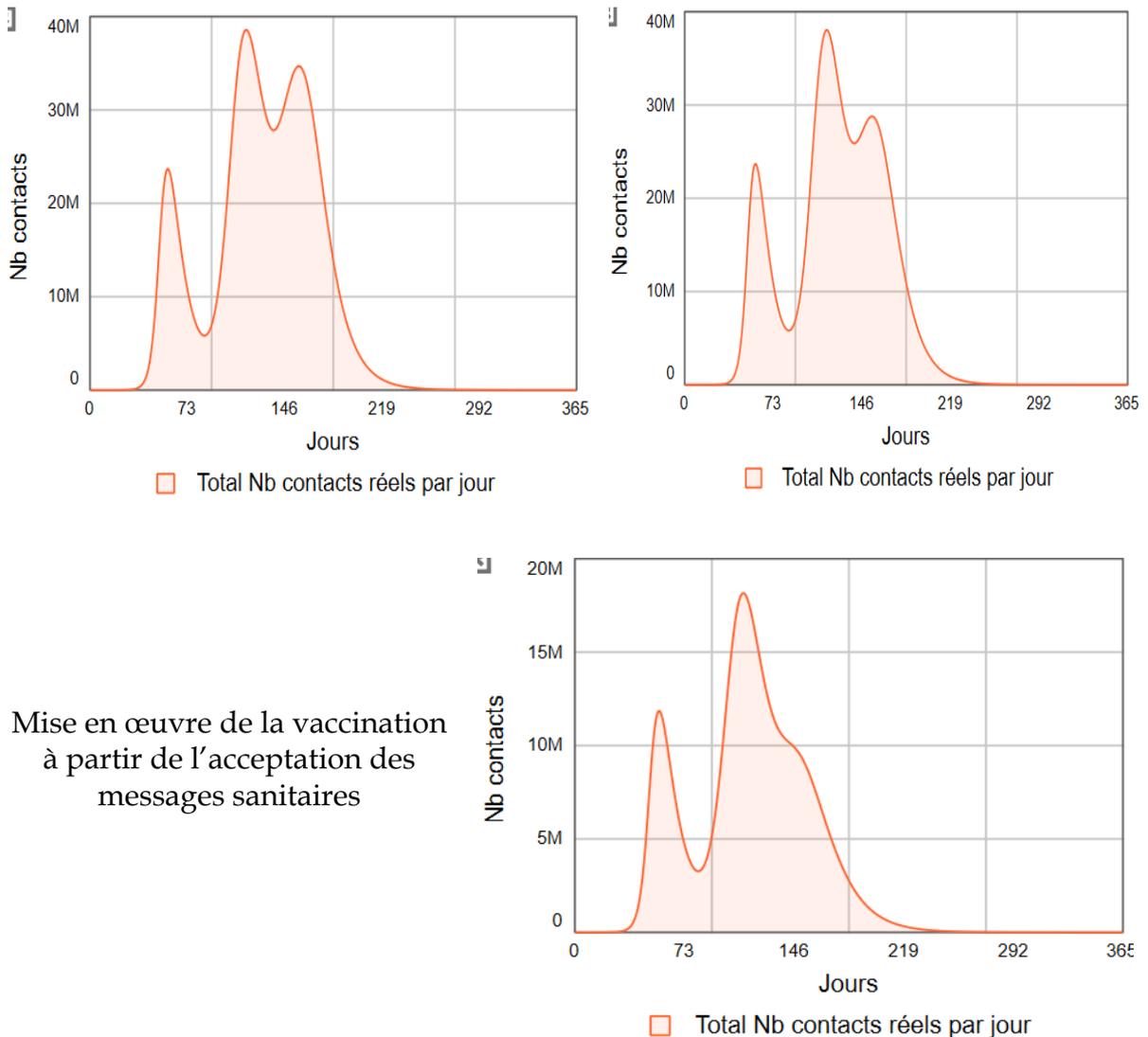


Figure 14 : Nombre de contacts par jour selon le rejet ou l'acceptation des consignes sanitaires

## Discussion

Les gouvernements du monde entier ont pris l'habitude d'utiliser les modélisations épidémiologiques à des fins politiques, en négligeant les incertitudes statistiques qui les accompagnent. Ces modèles passent sous silence l'influence des médias, l'amplification des réseaux sociaux qui sont les caisses de résonance de la rumeur.

Nous avons formalisé un modèle numérique couplant une représentation traditionnelle de la contamination à un système comportemental où l'homme est un « Janus » à deux visages : tantôt rationnel, et alternativement irrationnel. C'est toute la valeur ajoutée de cette présentation jumelant deux systèmes sachant que le modèle est une prothèse collée sur une réalité complexe. Nous avons conscience de la faiblesse de la représentation d'un système dual. Même le modèle le plus précis aura des incertitudes dans ses projections, de sorte que la prévision d'un pic de contamination ne peut être donnée de façon certaine ».

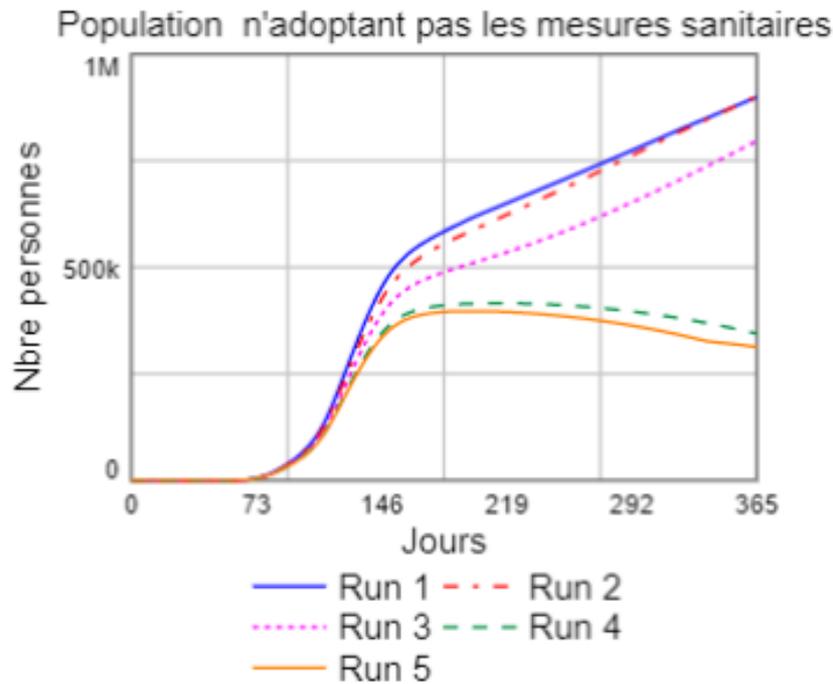
Cependant notre modèle n'a pas pour but de valider des résultats mais plutôt de générer des hypothèses et des résultats hypothétiques contribuant à la compréhension des situations possibles, voire improbables.

La théorie principale du modèle de Kim Witte montre que lorsque les hommes sont confrontés à un événement induisant la peur, ils ont tendance à se lancer dans deux modes simultanés (parallèles) de traitement des messages : une évaluation de l'efficacité perçue (traitement cognitif) et une appréciation de la menace perçue relevant d'un processus émotionnel. L'écart dans l'évaluation des messages conduisent alors à deux attitudes comportementales. Les individus s'engagent soit dans un processus d'acceptation et de maîtrise de la menace, soit dans une activité de contrôle de la peur. Bien sûr, il existe d'autres théories sur la peur et la manière de la traiter. On peut considérer que la prise en compte de la seule théorie de Kim Witte c'est un choix arbitraire.

Le modèle est basé sur des comportements et consolident des populations différentes. Il s'agit d'une limite des modèles compartimentaux car l'hétérogénéité des populations est bien réelle. Les individus peuvent être très différents dans leur nombre de contacts. Certains peuvent faire partie d'un groupe restreint d'amis, de professionnels, ce qui limite leur exposition à des maladies infectieuses, tandis que d'autres peuvent être beaucoup plus ouvertes socialement (spectacles, manifestations sportives), ce qui augmente la probabilité qu'ils soient infectés. Les médias traditionnels jouent un rôle important dans la perception du risque, mais les réseaux sociaux peuvent être encore plus influents, c'est ce que la simulation met en évidence.

L'analyse de sensibilité du modèle

Elle montre comment le changement des valeurs de certaines paramètres influence un résultat spécifique (ce que l'on cherche à comprendre ou à prévoir). Elle permet de demander au logiciel Architect Stella d'exécuter un modèle plusieurs fois avec les valeurs incrémentales d'un paramètre. Nous avons choisi de faire varier la variable : « précision du message consignes sanitaires » afin que l'on puisse comparer les résultats (population n'adoptant pas les mesures sanitaires) les uns par rapport aux autres. On fait évoluer l'intensité des messages sanitaires diffusés au public (des indices 1 à 4 correspondant aux attributs : imprécis, contradictoires à précis, sans ambiguïté). On peut mesurer (Figure 15 et les « Run ») la sensibilité du modèle à la variation de la qualité des consignes sanitaires. La variable « population n'adoptant pas les mesures sanitaires » est très sensible au message véhiculé par les médias et les réseaux sociaux (X3 entre minimum et le maximum).



*Figure 15 : Analyse de sensibilité de la population n'adoptant pas les mesures sanitaires selon la nature des consignes sanitaires*

Hormis la vaccination, les résultats de la simulation montrent que si l'évaluation de l'efficacité perçue des messages sanitaires l'emporte sur l'appréciation de la menace, les impacts sur le nombre de personnes contagieuses, contaminées ne sont pas totalement significatifs. En effet les mesures sanitaires prises ne sont pas suffisamment récurrentes dans le temps. Les gestes barrière diminuent et il y a un rattrapage de la contamination. Toutefois l'efficacité des mesures préventives acceptées et prises par la population a bien entendu des conséquences plus importantes en matière de vaccination.

## Perspectives de recherche

La modélisation mathématique peut-elle contribuer à réduire la polarisation des opinions ? Et doit laisser les modèles mathématiques nous gouverner ?

Pour répondre à ces deux questions, nous pouvons dire que la modélisation et la simulation ouvrent surtout le débat. Certes, nous n'avons pas pu valider le modèle en particulier avec des données sociales, comportementales. Nous avons généré des hypothèses pour comprendre et non pour prévoir. Le modèle est un outil de médiation véritable arbitrage de positions et de représentations différentes. Le modèle a comme autre objectif de contribuer à l'intelligibilité en construisant des mondes, des états possibles évolutifs, au lieu de décrire des états ou des situations futures.

Il y a toute une éducation à faire auprès des gouvernés, des gouvernants, des médias sur l'utilisation des modèles notamment en insistant sur la ou la sous-interprétation des résultats, les hypothèses sous-jacentes retenues, c'est-à-dire l'implicite.

Les modèles mathématiques n'ont pas pour but de répondre à la question : que va-t-il se passer, mais plutôt dans quelle situation serons-nous si telle hypothèse était vérifiée ? Le modèle doit alors être plus génératif d'hypothèses que descriptif et prévisionniste. Il ne doit pas gouverner notre existence en affichant des prévisions statistiques parfois plus ou moins contradictoires.

Il y a une sensibilisation du public, des médias, du pouvoir politique à proposer sur la nature épistémologique du modèle. Car les modèles prévisionnistes peuvent induire en erreur un public, des médias non informés mal préparés. Leurs résultats viennent conforter des préconceptions sans proposer d'éléments nouveaux (biais d'ancrage). Un modèle génératif d'hypothèses est sans aucun doute plus intéressant et formateur.

Quel type d'éducation à mener auprès des gouvernés, des gouvernants, des médias sur l'utilisation des modèles notamment en insistant sur le risque des biais (sous ou sur interprétation des résultats). Il y a là une piste de recherche pédagogique sur l'apprentissage aux modèles. Ce constat s'étend aussi sur la présentation des hypothèses implicites des modèles climatiques, de développement durable souvent passées sous silence et exploitées comme des boules de cristal.

## Références bibliographiques

ARAL M. (2011), *Principles of environmental modeling. Environmental modeling and health risk analysis (ACTS/RISK)*, Springer, p. 37- 61

BATESON G., JACKSON D.D., HALEY J., WEAKLAND J. (1956), *Toward a theory of schizophrenia. Syst. Res.*, 1: 251-264.

BERGER L., BOSTENI V., ITZHAK G., HANSEN LARS P. (2011), *Rational policymaking during a pandemic, PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences)*, January 26, 118.

BLONDE J., GIRANDOLA F. (2016), *Faire « appel à la peur » pour persuader ? Revue de la littérature et perspectives de recherche, L'Année Psychologique*, 116, p. 67-103.

BREHM JW (1966). *Une théorie de la réactance psychologique*. New York : Academic Press.

CARAYOL V., GRAMACCIA G. (2006), « Modèles et modélisations, pour quels usages », *Communication et organisation*, 30, p. 7-10.

CUMENAL D. (2021), *Dynamique des systèmes complexes - Concepts et méthodologie, TI-Techniques de l'Ingénieur*, 2021, Réf : AG1565 v2.

FRESSOZ J.B (2012), *l'apocalypse joyeuse, une histoire du risque technologique*, édition du seuil points (réédition, 2020).

JANIS I. L. (1967), *Effects of fear arousal on attitude change : Recent developments in theory and experimental research*. In Berkowitz, L. (Ed.), *Advances in experimental social psychology* (Vol. 3, pp. 166-225). New York : Academic Press.

JEBEIL J. (2021), *Epistémologie des modèles et des simulations numériques : de la représentation à la compréhension scientifique*, CNRS éditions.

- LOBRY C. (2021), Qu'est-ce que le pic d'une épidémie et comment le contrôler, Cassini.
- RIOCREUX I. (2018), Les marchands de nouvelles, essai sur les pulsions totalitaires des médias, l'Artilleur.
- ROGERS R. W. (1975). A protection motivation theory of fear appeals and attitude change. *Journal of Psychology*, 91, p. 93-114.
- ROUCHIER J., BARBET V. (2020), La diffusion de la Covid-19, que peuvent les modèles, Editions Matériologiques.
- VYNNYCRY E.,
- WHITE R.G (2011), Infectious disease modeling, Oxford. WITTE K. (1992), Putting the fear back into fear appeals : The extended parallel process model. *Communication Monographs*, 59, p. 329-349.