



HAL
open science

Conception d'un outil web gamifié de lutte contre la désinformation anti-vaccin

Kevin Salim Ouazzani Touhami

► **To cite this version:**

Kevin Salim Ouazzani Touhami. Conception d'un outil web gamifié de lutte contre la désinformation anti-vaccin. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-03012463

HAL Id: dumas-03012463

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03012463>

Submitted on 18 Nov 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

U.F.R. DES SCIENCES MEDICALES

Année 2020

Thèse n° 3204

THESE POUR L'OBTENTION DU

DIPLOME D'ETAT de DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement

Le 19/10/2020

Par OUAZZANI TOUHAMI, Kevin Salim

Né le 02/05/1992 à Drancy

Conception d'un outil web gamifié de lutte contre la désinformation anti-vaccin.

Sous la direction du Professeur Christophe TZOURIO
Neurologue, Directeur du laboratoire de recherche Bordeaux Population Health,
INSERM U1219, Université de Bordeaux

Membres du jury :

Monsieur le Professeur François ALLA, PU-PH ¹	Président
Monsieur le Docteur Edouard LHOMME, PH ^{2,3}	Rapporteur
Madame la Docteur Sylvie MAURICE, MCU-PH ⁴	Examineur
Monsieur le Docteur Jean-Arthur MICOULAUD-FRANCHI, MCU-PH ^{5,6}	Examineur
Monsieur le Docteur Benoît ELLEBOODE ⁷	Examineur

¹Service de Soutien Méthodologique et Innovation en Prévention, CHU de Bordeaux

²Unité de Soutien Méthodologique à la Recherche Clinique, CHU de Bordeaux

³Conseiller scientifique vaccin, commission interministérielle recherche, Ministère des Solidarités et de la Santé

⁴Service de Coordination et Analyse de l'Information Médicale, CHU de Bordeaux

⁵Service d'explorations fonctionnelles du système nerveux, Clinique du sommeil, CHU de Bordeaux

⁶USR CNRS 3413 Sommeil - Addiction- Neuropsychiatrie, CHU de Bordeaux

⁷Directeur Général de l'Agence Régionale de Santé - Nouvelle Aquitaine

Remerciements

Monsieur le Professeur Christophe Tzourio

Merci de m'avoir offert l'opportunité de réaliser cette thèse dans les meilleures conditions, et pour vos conseils avisés au cours de l'année précédente. Votre bienveillance m'a guidé lorsqu'il s'agissait de faire des choix éclairés, et m'a donné l'envie de prendre quelques risques pour, je l'espère, innover dans ce champ passionnant qu'est la santé des étudiants.

Monsieur le Professeur François Alla

Merci de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider cette thèse. J'espère qu'elle sera, sinon à la hauteur de vos attentes, au moins l'occasion pour moi de continuer à apprendre auprès de vous et de tirer des enseignements de nos échanges sur la promotion de la santé, dans toutes ses dimensions. J'espère avoir la chance de pouvoir continuer à collaborer avec vous dans le futur.

Monsieur le Docteur Edouard Lhomme

Je ne saurai jamais assez de vous remercier pour ces quatre années de collaborations et de tutorat qui, je l'espère pour les deux, ne s'achèveront pas avec cette soutenance. Votre rigueur scientifique et votre générosité s'imposent comme des modèles que je m'efforcerai de suivre tout au long de ma carrière.

Madame le Docteur Sylvie Maurice

Merci pour votre gentillesse et vos conseils toujours pertinents. La joie et la passion qui émanent de vos enseignements m'ont été extrêmement précieuses, et ont joué leur rôle dans le plaisir que j'ai eu à réaliser ce travail.

Monsieur le Docteur Jean-Arthur Micoulaud Franchi

C'est un honneur pour moi de vous compter parmi les membres de ce jury, autant pour le regard expert que vous porterez sur les aspects scientifiques, conceptuels et philosophiques de ce projet, que pour notre relation de confiance qui m'a permis de m'impliquer avec vous dans des projets de grande valeur intellectuelle.

Monsieur le Docteur Benoît Elleboode

Un immense merci pour votre contribution à cette thèse, autant pour le jugement juste et clairvoyant que vous en ferez, que pour l'infinie richesse de vos enseignements depuis notre rencontre. Je vous tiens en exemple parmi les grands Hommes de la santé publique, votre parcours exceptionnel en est l'illustration, et que j'espère ne pas trop décevoir avec ce travail simple et personnel.

Le Dr Ilaria Montagni prend une place particulière dans la réalisation de cette thèse pour ses multiples relectures, son soutien sans faille, et sa clarté d'esprit à l'épreuve de ma désorganisation chronique. Ilaria, mille fois merci pour ton humeur toujours positive et tes encouragements indispensables : j'espère que nous pourrons collaborer sur de beaux projets scientifiques à l'avenir.

A ma compagne, mon alliée, ma mentore lorsqu'il s'agit du bonheur, Elodie, je dédie ces quelques pages : merci d'avoir toujours su m'écouter, de m'avoir laissé le temps de réaliser ce travail et d'en avoir saisi l'importance.

A ma sœur, Johanna, esprit brillant, j'espère que tu ne jugeras pas trop sévèrement cette modeste œuvre.

A mes parents, Christiane et Driss, qui ont façonné de leurs propres mains, à la lumière de leur persévérance, leur intelligence et leur abnégation, au travail et à la maison, le cadre qui a permis l'aboutissement de ce parcours, quelque fois chaotique, mais toujours enrichissant. Je les remercie de m'avoir remis les premières clés et outils essentiels qui m'ont aidé à franchir les obstacles de la vie. J'espère que vous verrez dans ce travail une fierté, indissociable de vos efforts courageux. Efforts qui m'ont protégé des dangers du monde, que vous avez parfois bien trop connus, et dont je n'ai plus peur.

A Simon, Thomas, Pierre-Antoine, Clara : nos échanges et nos expériences communes ne sauraient être évaluées à leur juste valeur en quelques lignes, et il faudrait des heures encore pour expliciter leur contribution à ce que je suis devenu, et indirectement, à l'essence de ce travail. Merci pour vos mots de sagesse, de rire et votre contribution toute entière à mon bonheur.

Aux femmes et hommes qui, depuis le début de mon internat m'ont accompagné dans la recherche d'un idéal professionnel, mais surtout personnel et humain. Amis, internes, tuteurs, chefs, collaborateurs, dont certains jugent ce travail aujourd'hui : vous êtes trop nombreux pour que je puisse vous citer sans risquer de doubler la taille de cette thèse ou pire, d'en omettre certains. Merci du fond du cœur.

Table des matières

1.	Introduction.....	5
1.1.	Contexte de ce travail.....	5
1.2.	Réticences face à la vaccination	6
1.3.	Hésitation vaccinale en France et conséquences sur la couverture vaccinale	7
1.4.	De la nécessité d’ériger des interventions validées et innovantes : du modèle du changement à la gamification	9
1.4.1.	Théories des interventions en prévention et promotion de la santé	9
1.4.2.	Désinformation sur internet.....	12
1.4.3.	Gamification.....	15
1.5.	Interventions appliquées à l’hésitation vaccinale et à la désinformation	16
1.6.	Population cible, question(s) de recherche, objectifs et hypothèse.....	17
1.7.	Guide de lecture	18
2.	Méthode.....	18
2.1.	Cadre général.....	18
2.2.	Alignement des modèles	21
2.2.1.	Inoculation-Désinformation	23
2.2.2.	Désinformation-Littératie en santé	27
2.3.	Recueil de données de désinformation.....	28
2.3.1.	Sources de désinformation et contenu des réseaux sociaux	28
2.3.2.	Algorithme de recherche et accès aux données	28
2.3.3.	Annotation	29
2.4.	Mise en pratique des modèles théoriques : développement du jeu	31
2.4.1.	Langage de développement	31
2.4.2.	Conception.....	31
3.	Résultats.....	33

3.1.	Désinformation présente sur les réseaux sociaux.....	33
3.1.1.	Sélection des pages de désinformation.....	33
3.1.2.	Résultats de l'annotation.....	34
3.2.	Mécanismes et thèmes désinformation.....	40
3.3.	Outil gamifié	45
4.	Discussion	47
4.1.	Résultats principaux	47
4.1.1.	Désinformation recueillie sur internet	47
4.1.2.	Convergence des modèles.....	47
4.1.3.	Outil web.....	48
4.2.	Forces de ce travail.....	48
4.3.	Limites.....	49
5.	Conclusion	51
6.	Références.....	53

1. Introduction

1.1. Contexte de ce travail

Les données de cette thèse ont été recueillies en début d'année 2020, et l'outil conçu dans les mois suivant cette période. L'opportunité de travailler sur la vaccination et la désinformation nous a été offerte par le Pr Christophe Tzourio, directeur du laboratoire Bordeaux Population Health, U1219, et le Dr Ilaria Montagni, lors d'un stage au sein de la cohorte i-Share. Cette cohorte regroupe 30 000 étudiants français et a pour objectif de mesurer sous de nombreux angles l'état de santé mentale des étudiants. La vaccination, et les réticences qu'elle engendre, étaient donc un thème incontournable au sein d'une équipe habituée à travailler sur des questions de perception des risques et de compréhension des recommandations sanitaires auprès d'un jeune public, constitué de potentiels futurs parents, particulièrement exposés aux contenus de désinformation et sujets à l'hésitation vaccinale.

Ce thème s'est avéré d'autant plus pertinent dans le contexte de l'épidémie de COVID-19 de mars 2020, qui a fait (re-)émerger des problématiques de désinformation, d'infodémie et de messages contradictoires concernant cette crise sanitaire et les options thérapeutiques associées (hydroxy-chloroquine, hypothétique disponibilité d'un vaccin, efficacité des masques...).

Parallèlement, une collaboration portant sur le sujet de la perception de l'hydroxychloroquine et ses dérivés sur Twitter a été initiée avec l'équipe Kapcode, start-up spécialisée dans l'analyse des réseaux sociaux. Ce projet n'est pas présenté ici, mais dont les résultats pourront être exploités dans la continuité de ce travail.

L'ensemble des réalisations présentées dans cette thèse est une œuvre personnelle réalisée de manière quasi-autonome, de sa conception théorique jusqu'au développement de l'outil.

1.2. Réticences face à la vaccination

La réticence à la vaccination (ou hésitation vaccinale ou *vaccine hesitancy* en anglais) est définie en 2014 par le Groupe stratégique consultatif d'experts (SAGE) de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) comme un « *retard dans l'acceptation des vaccins ou le refus de ceux-ci malgré la disponibilité de services de vaccination. C'est un phénomène complexe, spécifique au contexte et variant selon le moment, le lieu et les vaccins. Il est influencé par des facteurs tels que la sous-estimation du danger, la commodité et la confiance* » (1). Ces trois déterminants correspondent au modèle dit des « 3C » en anglais : *complacency* (sous-estimation du danger), *convenience* (commodité), et *confidence* (confiance). La sous-estimation du danger correspond généralement aux situations où les risques associés aux pathologies prévenues par la vaccination sont perçus comme faibles et la vaccination n'est pas perçue comme indispensable. La commodité correspond à tous les facteurs physiques qui peuvent influencer négativement la vaccination : disponibilité du vaccin, accessibilité des lieux de vaccination, prix, barrières du langage, littératie en santé etc...

Plus récemment, deux autres déterminants, basés sur des modèles psychosociaux (2,3) sont venus compléter le modèle des « 3C » pour former le modèle des « 5C » (4) : *calculation* (investissement de l'individu dans la recherche d'informations relatives aux vaccins) et *collective responsibility* (volonté de protéger autrui au travers de sa propre vaccination et de l'immunité de groupe).

L'OMS place l'hésitation vaccinale comme l'une des 10 plus grandes menaces pour la santé en 2019 (5). Le rapport «*Wellcome Global Monitor 2018*» (6) de l'Organisation Non Gouvernementale (ONG) Wellcome UK, largement engagée dans des initiatives majeures de santé publique avait pour objectif de « fournir des données scientifiques robustes sur les attitudes vis-à-vis de la science et de la santé [...] » à travers le monde. Parmi les sujets abordés, un sondage de grande ampleur portait sur les attitudes vis-à-vis des vaccins. D'après le rapport tiré de ce sondage, 79% de la population mondiale (140 pays représentés) sondée (n=140 000) est en accord avec l'idée que les vaccins sont « sûrs », et 84% est en accord avec l'idée que les vaccins sont « efficaces ». Ce premier résultat rassurant est nuancé par les particularités régionales observées.

En effet, dans les régions à revenus élevés (Europe, Amérique du Nord), cette confiance dans les vaccins s'amointrit jusqu'à atteindre 59% de réponses en Europe de l'Ouest qui « doutent » de la sûreté des vaccins. Dans les pays développés, la réticence à la vaccination est associée à une baisse de la couverture vaccinale (7) et à la résurgence de pathologies prévenues par la vaccination (8,9) comme la rougeole (10), la poliomyélite (11), ou la coqueluche (12).

1.3. Hésitation vaccinale en France et conséquences sur la couverture vaccinale

D'après ce même sondage par l'ONG *Wellcome UK*, en France, le scepticisme atteint des niveaux exceptionnels, même au regard de ses voisins Européens, puisque 33% des sondés estiment que les vaccins ne sont pas « sûrs », en faisant ainsi le pays le plus sceptique du sondage sur cette question. En particulier, on note que 19% des sondés français jugent que les vaccins ne sont pas « efficaces » et que 10% jugent que la vaccination n'est pas « importante pour les enfants ». Dès 2016, le niveau de scepticisme atteint en France par rapport à ses voisins européens était déjà remarquablement élevé (13).

La loi française du 30 décembre 2017 (14) a étendu l'obligation vaccinale à 11 vaccins. Pour rappel, seuls 3 vaccins étaient obligatoires avant promulgation de cette loi : Diphtérie, Tétanos et Poliomyélite (DTP). A partir du 1^{er} janvier 2018, 8 vaccins viennent les compléter chez les enfants et nourrissons de moins de 2 ans (Coqueluche, *Haemophilus influenzae b*, Hépatite B, Méningocoque C, Pneumocoque, Rougeole, Oreillons, Rubéole). Un an après la prise d'effet de la loi, la couverture vaccinale des enfants à un an d'âge pour le vaccin obligatoire combiné Rougeole-Oreillon-Rubéole (ROR) restait insuffisante (77,7%) puisqu'inférieure au seuil de 95% recommandé par l'OMS (5) malgré une augmentation par rapport à l'année 2016 (+3%) certainement due à l'obligation (15). Il en était de même pour Méningocoque C (65% à un an), mais pas le Pneumocoque (99.4%) et l'Hépatite B (98%). Cette différence pouvait probablement s'expliquer 1) par le schéma vaccinal commun entre Pneumocoque, Hépatite B, et les 3 vaccins précédemment obligatoires (Diphtérie-Tétanos-Poliomyélite, DTP) (16), 2) par l'existence d'un vaccin hexavalent qui comprenait déjà l'Hépatite B et les 3 vaccins précédemment

obligatoires (17). L'obligation vaccinale fait partie de l'arsenal législatif utilisable pour tenter de rétablir et maintenir la couverture vaccinale à des niveaux efficaces.

L'hésitation vaccinale en France peut avoir de nombreuses causes (18–20). Ainsi, dans le modèle des « 5C », l'hésitation vaccinale en France pourrait s'expliquer principalement (21) par une sous-estimation du danger secondaire à une faible prévalence des pathologies couvertes par les vaccins et par une défiance importante alimentée par des polémiques historiques infondées (Hépatite B et sclérose en plaque (22), grippe H1N1 (23) et Meningocoque C (24). Ces polémiques érodant la confiance des français dans les vaccins, associées à une défiance qui toucherait même les médecins généralistes (25), sont une spécificité française qui pourrait expliquer sa particularité en termes de réticence vaccinale.

De plus, le caractère « obligatoire » de l'obligation vaccinale peut être mal perçu, voir être vécu comme « *autoritaire* », et ainsi alimenter une défiance supplémentaire vis-à-vis des vaccins (26), en particulier lorsqu'il s'accompagne d'une communication insuffisante ou mal structurée comme l'évoque le rapport HUREL sur la vaccination (27). Cette défiance est également alimentée par la présence de sources alternatives non institutionnelles véhiculant des informations erronées et véhiculant une image négative des vaccins : sites web populaires dits *mainstream*, réseaux sociaux, praticiens de médecines dites « alternatives »...(28). Par exemple, la proportion de messages négatifs à propos de la vaccination véhiculés par les médias français est historiquement importante, comparativement à d'autres pays. Dès lors, il semble légitime de s'interroger sur la manière de concevoir des leviers efficaces permettant de limiter les effets de l'hésitation vaccinale, en tenant compte de ces causes complexes et multifactorielles, et en limitant les effets négatifs potentiels.

1.4. De la nécessité d'ériger des interventions validées et innovantes : du modèle du changement à la gamification

1.4.1. Théories des interventions en prévention et promotion de la santé

Les interventions populationnelles en santé publique regroupent toutes les actions qui permettent de faire effet de levier sur les déterminants de santé en influençant les conditions sociales, économiques et environnementales d'une population (30,31). Ces interventions peuvent être des programmes ou des politiques limitées au domaine de la santé, même si elles sont dans l'idéal transversales et recouvrent d'autres secteurs comme l'enseignement, l'éducation, le logement, l'emploi...

L'objectif de ces interventions est de modifier ou maintenir un comportement individuel ou collectif bénéfique pour la santé (32). Leurs formes sont diverses (33) (communication et marketing, recommandations, régulation, fiscalité, législation, planification environnementale et sociale, services) et utilisent des leviers du changement différents (éducation, persuasion, récompense, coercition, formation, restriction, changement de l'environnement, rôles modèles, *empowerment*).

De manière générale, ces interventions doivent préférentiellement se baser sur des modèles théoriques éprouvés (« Behaviour Change Techniques » ou BCTs) (34) pour être conçues, évaluées et estimées efficaces. De nombreuses théories existent et peuvent être regroupées en fonction de la dimension du changement ciblée ou des méthodes utilisées (35). Pour conceptualiser un cadre intégrateur des théories du changement, Michie and al. (2011) ont érigé le système COM-B (*Capability Opportunity Motivation-Behaviour*, voir figure 1) où le comportement (*Behaviour*) est le résultat d'une interaction entre l'aptitude (*Capability*) psychologique et/ou physique à agir, l'opportunité (*Opportunity*) résidant dans des facteurs extérieurs à l'individu qui rendent l'action possible, et la motivation (*Motivation*), qui regroupe l'ensemble des objectifs, processus conscients, habitudes, émotions et prises de décisions qui aboutiront à une action individuelle. Plus

concrètement, 6 sous-domaines d'intervention ont été identifiés et permettent d'influer de manière variable sur les 3 composantes centrales du COM-B : l'éducation, la persuasion, l'incitation, la coercition, la formation, la restriction, la restructuration de l'environnement social et/ou physique, la promotion par l'exemple et, enfin, l'habilitation.

Par exemple, d'après ce cadre théorique, l'éducation permet d'influer sur l'aptitude psychologique et la motivation réfléctive (c'est-à-dire qui fait appel à la réflexion) alors que les interventions de persuasion et d'incitation ne permettent d'influer que sur la motivation (réfléctive et automatique, c'est-à-dire également basée sur les émotions, ce qui n'est pas le cas de l'éducation).

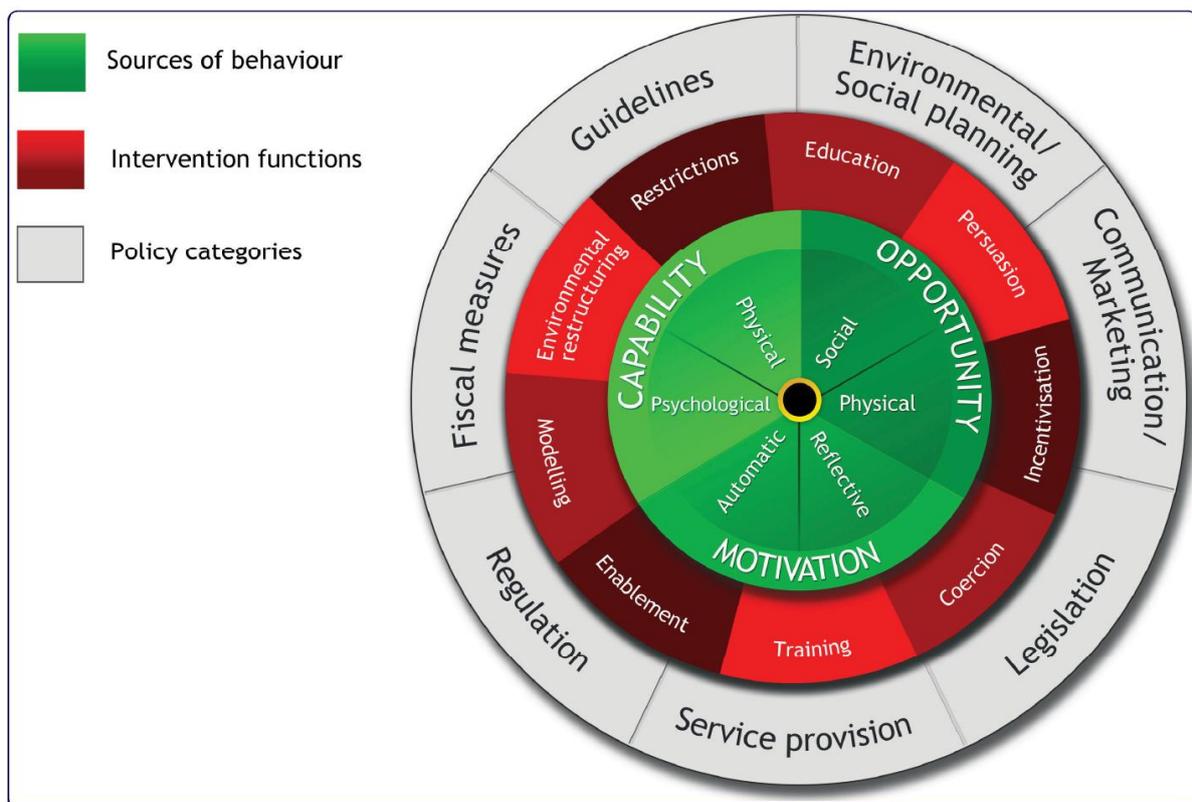


Figure 1. Roue du changement selon Michie and al. (2011)

Outre ces théories axées sur le changement, le modèle de la littératie en santé peut être considéré comme un concept central aidant à la conception d'interventions en santé publique selon une perspective informationnelle et communicationnelle. Ce modèle lie la littératie en général, c'est-à-dire la capacité d'un individu à lire, comprendre, et utiliser l'information dans sa vie courante (36) avec la santé (37). En somme, la littératie en santé peut se définir comme

l'interaction des connaissances, de la motivation, et des compétences d'un individu qui lui permettent d'accéder à, de comprendre, de s'approprier et d'utiliser des informations relatives à la santé. D'après ce modèle, l'information permet à l'individu de prendre des décisions de santé éclairées, dans les domaines du soin, de la prévention et de la promotion de la santé qui ont pour objectif commun de maintenir ou améliorer sa qualité de vie tout au long de celle-ci. Dans sa conception même, le modèle de la littératie en santé se fonde sur la notion d'information, et constitue donc une théorie incontournable pour traiter du sujet de la désinformation.

La théorie de l'inoculation est un modèle théorique développé pour la promotion de la santé depuis les années 1960 (38–42). Il est largement utilisé dans le domaine de la communication en général. Ce modèle décrit, en reprenant la métaphore biologique de la vaccination, comment un individu peut être, de manière préemptive (analogie du vaccin), formé à reconnaître et contre-argumenter des « menaces » (analogie du virus) pour sa santé, ou son intégrité, en l'exposant à une version « diluée » et facilement identifiable de l'information erronée ou de la situation menaçante. Ainsi, lors de l'exposition ultérieure à une véritable « menace » (analogie de l'agent infectieux rencontré par la suite), il est plus à même de résister en argumentant (analogie de l'anticorps). Cette théorie a été utilisée avec succès (43) dans des interventions visant à protéger les individus des fake news diffusées lors des élections américaines(44) ou des informations erronées sur le changement climatique (45,46). Cette approche a également été utilisée dans le domaine de la santé, comme pour la promotion de l'usage du préservatif ou la prévention du tabagisme chez les plus jeunes (38,41,42,47,48).

Par ailleurs, des interventions utilisant des techniques de marketing social peuvent également s'avérer efficaces. Les messages délivrés s'appuient alors sur un versant « émotionnel » (conséquences sociales et/ou psychologiques des recommandations en santé) plutôt qu'un message purement rationnel (49). Par exemple, l'utilisation du « *story-telling* » lors d'une campagne de communication de promotion de la vaccination attirait davantage de lecteurs que les autres approches, comme, par exemple, la diffusion des chiffres épidémiques (50). Dans une étude (51) nord-américaine portant sur l'intention des parents de faire vacciner leurs enfants et le lien autisme/vaccin ROR, les messages réfutant le lien vaccin/autisme diminuaient l'intention de faire vacciner, les parents ayant déjà une opinion défavorable sur les

vaccins. Par ailleurs, l'exposition à des images d'enfants malades atteints de pathologies prévenues par la vaccination avaient l'effet inverse attendu en confortant les sujets dans l'idée que les vaccins menaçaient les enfants et qu'il existait un lien entre autisme et vaccin.

Au-delà de son développement en association avec d'autres théories de la persuasion, la théorie de l'inoculation est à confronter à d'autres modèles plus récents et plus spécifiques au domaine de la santé, notamment ceux permettant de résister à la pression sociale (52) et s'appuyant sur la *Theory of Planned Behavior* (2,53). La *Theory of Planned Behaviour* ou Théorie du Comportement Planifié, explicite le comportement (*Behaviour*) comme étant dans la continuité d'une *intention*. Cette même intention est le résultat d'une interaction entre l'attitude de l'individu vis-à-vis du comportement cible, la perception de la norme sociale par l'individu, et le sentiment d'auto-efficacité, c'est-à-dire la perception de sa capacité à mettre en place ce comportement. En pratique (34), il s'agit souvent d'encourager l'individu à développer son propre éventail de compétences lui permettant de résister à la pression sociale (ou « norme sociale »). Dans le contexte de la désinformation, on peut assimiler cette pression à l'afflux constant d'informations néfastes ou erronées(54–56). A l'échelle individuelle, les paramètres de ce type d'intervention associés à une réussite sont : un engagement précoce à tenir des objectifs, une considération des relations entre le système de valeur personnel et du comportement de l'individu, et l'« inoculation » psychologique contre la pression (35). Nous retrouvons donc ici des concepts liés à la théorie de l'inoculation.

1.4.2. Désinformation sur internet

La désinformation peut être définie comme un « *processus aboutissant à l'intégration, par un public, d'information distordues, incomplètes ou fausses (avec des conséquences éventuelles sur certaines de ses décisions futures), ces altérations trouvant leur origine dans une démarche volontaire, [c'est-à-dire dont l'objectif est] de tromper* » (57). Pour certains, elle diffère ainsi de la mésinformation, dont l'intention n'est pas volontairement néfaste mais correspond à une situation d'« *erreur honnête* », et de la malinformation, qui correspond à une situation de sélection d'informations exactes sélectionnées et présentées dans l'intention de nuire

(58). Nous choisissons ici d'englober mésinformation et malinformation dans le concept général de la désinformation.

Internet joue un rôle important dans la dissémination d'informations anti-vaccination, en particulier à l'adresse des parents (65–67) à tel point que certains auteurs n'hésitent pas à utiliser le terme « boîte de pandore » moderne en tant que source de grandes avancées mais aussi de complications sans fins (64,68). De nombreux sujets de santé sont soumis à la désinformation présente sur internet, mais sans surprise, les maladies infectieuses et la vaccination constituent un sujet central et récurrent (69). Dans certains cas, l'éducation ne pourrait pas suffire à combattre la désinformation présente sur Internet (70) et même s'avérer contre-productive en antagonisant les opposants aux vaccins (71). En effet, ces positions anti-vaccinales, qui peuvent alimenter l'hésitation vaccinale d'autrui, se fondent généralement sur des modèles de santé alternatifs non scientifiques, des interprétations particulières de la responsabilité parentale, et le manque de confiance dans les experts. Ces positions pourraient être plus largement diffusées via Internet et les réseaux sociaux. Même si, comme évoqué précédemment, les médias peuvent être le relais d'informations erronées sur les vaccins, ces dernières trouvent également leurs sources au sein de communautés anti-vaccins réunies sur le web (69).

Ces communautés, qui justifient volontiers leur position par des arguments conspirationnistes, génèrent et diffusent un contenu anti-vaccin basé sur des arguments rhétoriques plutôt que rationnels, et des anecdotes personnelles visant à induire une émotion le plus souvent négative (peur, colère, tristesse...) (72). Enfin dans l'autre sens, l'information erronée présente sur ces réseaux sociaux peut aisément être reprise par les médias plus traditionnels à forte audience, comme cela a été le cas sur le lien autisme-vaccination (73).

Par exemple, Facebook est un réseau social en ligne fondé en 2004 (74) qui regroupe environ 2,5 milliards d'utilisateurs dans le monde, dont 37 millions d'utilisateurs français (75). Il s'agit du deuxième site le plus visité en France (76) , après Google. Il permet notamment à ses utilisateurs de joindre et créer des groupes. Ces groupes de discussion et de partage peuvent être publics : visibles par simple recherche, joignables sans restriction dont le contenu est visible à tous. Les « publications » constituent le contenu central de ces groupes et peuvent être publiées

par n'importe quel utilisateur du grand public. Il s'agit d'un élément de texte, accompagné d'une image, d'un lien, d'une vidéo ou d'un fichier audio, qui peut être commenté et « aimé » par les autres utilisateurs ou l'auteur de la publication lui-même. Ces publications publiques, et les éventuels commentaires sous-jacents, sont visibles pour l'ensemble des membres du groupe mais également par des utilisateurs ne faisant pas partie du groupe. Leur visibilité est donc relativement large et leur diffusion facilitée par le jeu des liens entre utilisateurs.

L'exemple le plus représentatif de la désinformation, tout sujet confondu, présente sur Facebook est celui la campagne présidentielle américaine de 2016 : Facebook a servi notamment à différents adversaires politiques de moyen de diffusion de fausses informations, destinées à décrédibiliser leurs adversaires ou leur campagne (77). Facebook et ses dirigeants ont une position promouvant volontairement la liberté d'expression (78), le site n'exerçant qu'une faible modération sur ses contenus. Il s'agit d'une démarche assez récente (79) et consécutive au scandale qui a suivi, celui de *Cambridge Analytica* mais pas nécessairement ciblée sur la vaccination, sur ses contenus, en particuliers sur les « fake news » (messages de désinformation). Concernant les questions de santé et notamment sur la vaccination, elles sont notoirement polarisées sur ce réseau, avec l'existence de « chambres d'écho », à savoir des communautés fermées véhiculant des messages peu contradictoires, produisant une quantité importante de contenu anti-vaccin (80). Il reste difficile d'évaluer cette activité étant donné les limitations techniques mises en place par la plateforme pour accéder aux données.

Par ailleurs, on observe, avec le développement des technologies de l'information depuis les années 2000, des phénomènes de surcharge d'information (ou « infobésité » ou « sur-information »), qui correspond à « *une situation de difficulté de compréhension et à une incapacité à prendre une décision face à un excès, une complexité de l'information, son haut niveau de redondance, de contradiction et d'inconsistance* » (56). En santé, cette situation peut amener le patient à considérer des sources non légitimes ou non expertes sur un sujet, comme valides. Cette validité se base davantage sur la popularité du diffuseur (influenceur, site web...) que sur sa validité expérimentale ou scientifique.

Plus récemment, des phénomènes d' « infodémie » (81) ont émergé suite à la pandémie mondiale de COVID-19. Ce terme, créé en 2002 par l'OMS (82),

correspond à une surabondance d'informations observées sur internet et les réseaux sociaux suivant l'évolution d'une réelle épidémie et relayées par plusieurs médias. Outre le problème *quantitatif* posé par la sur-information, présente en quantité trop importante, ces sources alternatives font également partie d'un problème *qualitatif* plus large, non spécifique, de désinformation sur Internet (83–85).

1.4.3. Gamification

Les conséquences négatives ne sont pas les seuls fruits de la croissance des technologies de l'information. La e-santé « *eHealth* » ou santé digitale « *digital health* » recouvre un vaste domaine d'applications des technologies de l'information et de la télécommunication au service de la santé (86). L'une des applications de la e-santé, et en particulier des outils liés à Internet, est d'induire ou de faciliter, puis de maintenir un comportement améliorant la santé individuelle (87). Chez les sujets jeunes, les interventions e-santé ciblant un changement de comportement sont efficaces à court terme dans le cadre du tabagisme, de la nutrition, de la consommation d'alcool et de la promotion de l'activité physique (88).

A mi-chemin entre modalité d'intervention et e-santé, la gamification, ou ludification, est définie comme l'application de mécanismes propres au domaine des jeux vidéo à d'autres domaines, comme par exemple celui de la santé (89,90). Le champ des mécanismes de gamification est vaste et varié : interfaces ludiques, système de progression, de récompense, défis, compétitions, jeux multi-joueurs, personnalisation des avatars... Des études précédemment menées font état de son efficacité pour l'initiation et le maintien de certains comportements bénéfiques pour la santé (89,91,92).

Dans une revue de la littérature réalisée par Montagni and al. (95) s'intéressant à la portée des interventions « gamifiées » utilisées pour améliorer les connaissances sur les vaccins et la couverture vaccinale, les interventions efficaces pour changer l'attitude vaccinale possédaient généralement 3 caractéristiques : intervention de type jeu de rôle, système de récompense, et système de progression. Par ailleurs, les auteurs recommandent : 1) de ne pas présenter l'aspect éducatif au premier plan de ces outils, et d'en faire un objectif implicite afin de ne pas décourager les sujets, 2) d'utiliser des mécaniques comme le système de récompense, ou un

tableau de classement, pour impliquer émotionnellement l'utilisateur, et rendre l'outil ludique, tout en limitant son caractère frustrant, 3) de trouver un équilibre entre attractivité et efficacité et de ne pas négliger l'aspect visuel, et 4) d'adapter les outils à la cible et de la co-construire avec le public visé.

1.5. Interventions appliquées à l'hésitation vaccinale et à la désinformation

Plusieurs modalités d'intervention ont été évaluées pour répondre au phénomène de réticence vaccinale (18,19). Les interventions les plus efficaces pour améliorer la couverture vaccinale sont celles 1) qui sont multimodales, 2) qui ciblent spécifiquement des populations non- ou sous-vaccinées, 3) qui sont adaptées à la population cible, et 4) dont l'un des objectifs au moins est d'augmenter les connaissances sur les vaccins. Les interventions qui améliorent l'accès à la vaccination et celles qui s'appuient sur des influenceurs religieux ou meneurs d'opinion sont également citées comme efficaces. Deux revues systématiques de la littérature récente (94,95) ont mis en évidence l'efficacité de la gamification spécifiquement utilisée dans le champ de la vaccination.

L'ensemble des interventions analysées dans l'étude d'Ohannessian and al. (94) portaient sur la vaccination en elle-même (connaissances, protection contre les conséquences de la non-vaccination, gérer une épidémie à travers le jeu...) et n'intervenaient pas sur le traitement d'une information reçue sur la vaccination par le sujet. Or, les phénomènes de réticences ne semblent pas être efficacement réduits par une simple communication sur les connaissances (96), l'attitude des individus restant la même malgré l'apport de nouvelles informations. En particulier, la correction d'informations fausses en apportant des éléments factuels peut avoir des effets variables voir contreproductifs (51), en diminuant l'intention de vaccination chez des sujets avec un niveau de méfiance élevé vis-à-vis des effets indésirables des vaccins (97). Ainsi, les interventions axées autour de l'éducation, même si elles peuvent corriger les connaissances et, éventuellement, les attitudes, pourraient ne pas être efficaces pour changer les comportements vis-à-vis de la vaccination, c'est-à-dire aboutir à l'acte de vaccination. Cette hypothèse est renforcée, par exemple,

dans le cadre de la vaccination anti-HPV (98) où il n'est pas mis en évidence d'effet positif significatif de ce type d'intervention sur la vaccination.

Dans le cadre plus large de la désinformation, de nombreuses stratégies ont été implémentées et évaluées, allant du « fact-checking » (vérification d'informations) en temps réel (99–102), à la vérification automatique de rumeurs utilisant des techniques de machine-learning (103–105), ou encore à l'intégration dans les programmes scolaires européens d'un module « littératie média digital » (106). Ces interventions, en particulier celles corrigeant la désinformation « après-coup » ne parviennent pas toujours à prévenir sa diffusion (51,107), la désinformation se propageant toujours plus vite et plus profondément (108) que les informations légitimes ou scientifiques (109). Une intervention qui « préviendrait » l'acceptation individuelle de désinformation, s'appuyant sur des modèles comme ceux de l'inoculation et de la littératie en santé, permettrait ainsi de s'affranchir d'une vérification « à posteriori » peu efficace (110) et fastidieuse (44).

1.6. Population cible, question(s) de recherche, objectifs et hypothèse

L'enfance est une période critique pour la vaccination en population générale, au moins pour les 11 vaccins obligatoires (16). Il paraît donc logique de s'adresser aux futurs parents, n'ayant pas encore eu d'enfants, qui seront probablement exposés à une désinformation plus importante lors du projet parental, d'une part à cause leur jeune âge et d'autre part leur quête d'information sur les besoins et obligations vis-à-vis de l'enfant à naître. Les étudiants constituent donc une population cible pertinente pour cette intervention, puisqu'il s'agit de potentiel futurs parents étant donné que selon l'INSEE l'âge moyen d'une mère lors de la naissance de son première enfant est de 29 ans en France en 2019. Or, toujours d'après l'INSEE, la tranche 18-29 ans correspond à celle des étudiants du supérieur.

De plus, une population plus jeune sera plus sensible aux messages de prévention basée sur un jeu interactif car plus attrayant et correspondant à leur condition de natifs digitaux.

Nous faisons l'hypothèse qu'il est possible de concevoir, à partir de théories du changement et de la théorie de l'inoculation, un outil web gamifié utilisant des données de désinformations réelles, en respectant les prémices des différents modèles théoriques utilisés.

L'objectif principal de ce travail était de concevoir un outil numérique basé sur les théories du changement et de l'inoculation visant à prévenir la désinformation sur les vaccins et l'hésitation vaccinale chez les sujets jeunes. Secondairement, il s'agissait de mesurer la désinformation au sujet des vaccins présente sur un réseau social.

1.7. Guide de lecture

Le travail présenté dans cette thèse étant à la fois conceptuel et pratique, le lecteur pourra trouver les éléments relatifs à la théorie psycho-sociale, aux modèles fondateurs de l'intervention dans la sous-partie « Alignement des modèles » de la méthode, et une approche plus informatique et technique à partir de la sous-partie « Recueil des données de désinformation ». Les résultats présentent essentiellement la désinformation observée dans les données issues des réseaux sociaux et brièvement l'outil final.

2. Méthode

2.1. Cadre général

La conception de l'outil gamifié s'est déroulée en 3 étapes successives : 1) l'alignement des modèles de désinformation, de l'inoculation et de littératie en santé, 2) le recueil de données de désinformations et leur intégration dans le cadre ontologique donné par VAXMO, 3) le développement de l'outil gamifié à partir de ce cadre théorique et des données réelles de désinformation. Ces trois étapes sont présentées ci-après.

Un diagramme de Gantt présente le déroulement effectif de ces étapes (fig.2), de l'initiation du projet en décembre 2019 jusqu'à la rédaction de cette thèse.

L'ensemble du code de développement de l'outil et des données de désinformation recueillies et analysées depuis Facebook sont disponibles sur le github au lien suivant :

<https://github.com/Kwazao/gitvaxannot>

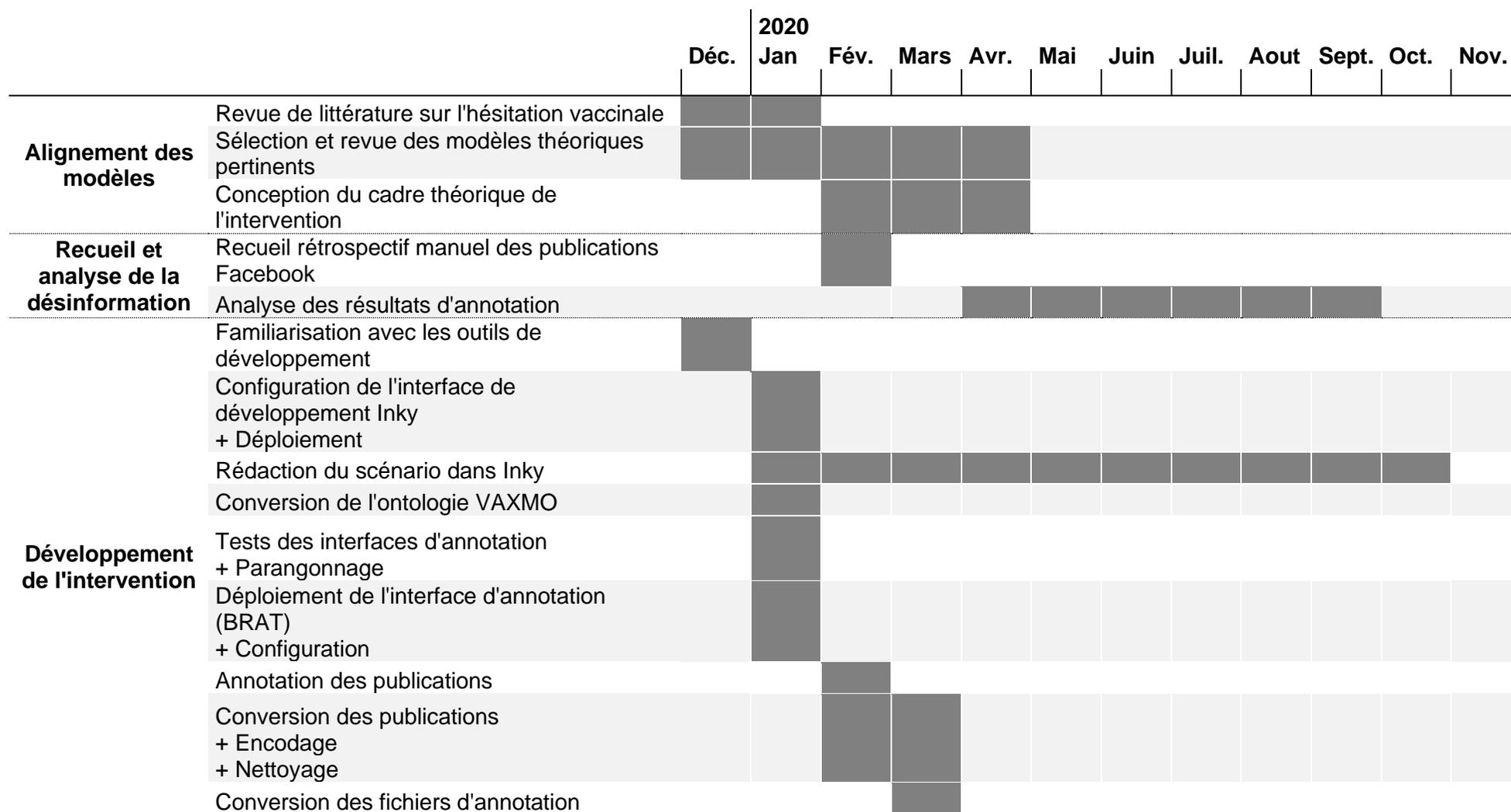


TABLEAU 1. Diagramme de Gantt représentant les étapes de conceptions de l'outil

2.2. Alignement des modèles

Pour répondre à l'objectif principal, l'outil « gamifié » satisfait plusieurs exigences. En premier lieu, il est basé sur deux modèles théoriques validés : théorie de l'inoculation et modèle de désinformation. Par ailleurs, il suit les recommandations énoncées par Montagni and al. sur les interventions gamifiées dans l'hésitation vaccinale et son contenu s'appuie sur des données réelles de désinformation présente sur les réseaux.

Ainsi, l'élaboration de l'outil gamifié se situe au centre de 3 aires conceptuelles (voir figure 2) :

- Le modèle de la désinformation, qui regroupe un modèle général (59) et spécifique aux vaccins (64) structuré sous la forme d'une ontologie (63) ;
- Un modèle théorique de l'intervention, s'appuyant sur une théorie générale, la théorie de l'inoculation (40) , un cadre théorique plus précis relatif à la santé, la littératie en santé (37) et enfin des travaux spécifiques à la gamification sur le thème de la vaccination (95);
- Des données réelles de désinformations issues des réseaux sociaux.

A l'intersection entre le modèle de désinformation et le modèle théorique de l'intervention (aire A sur la figure 2), un premier enjeu d'alignement des modèles a émergé. De manière similaire, un enjeu de structuration de l'information et un enjeu de conception (« *game-design* ») apparaissaient entre le modèle de désinformation et les données réelles d'une part, et le modèle de l'intervention et les données réelles d'autre part.

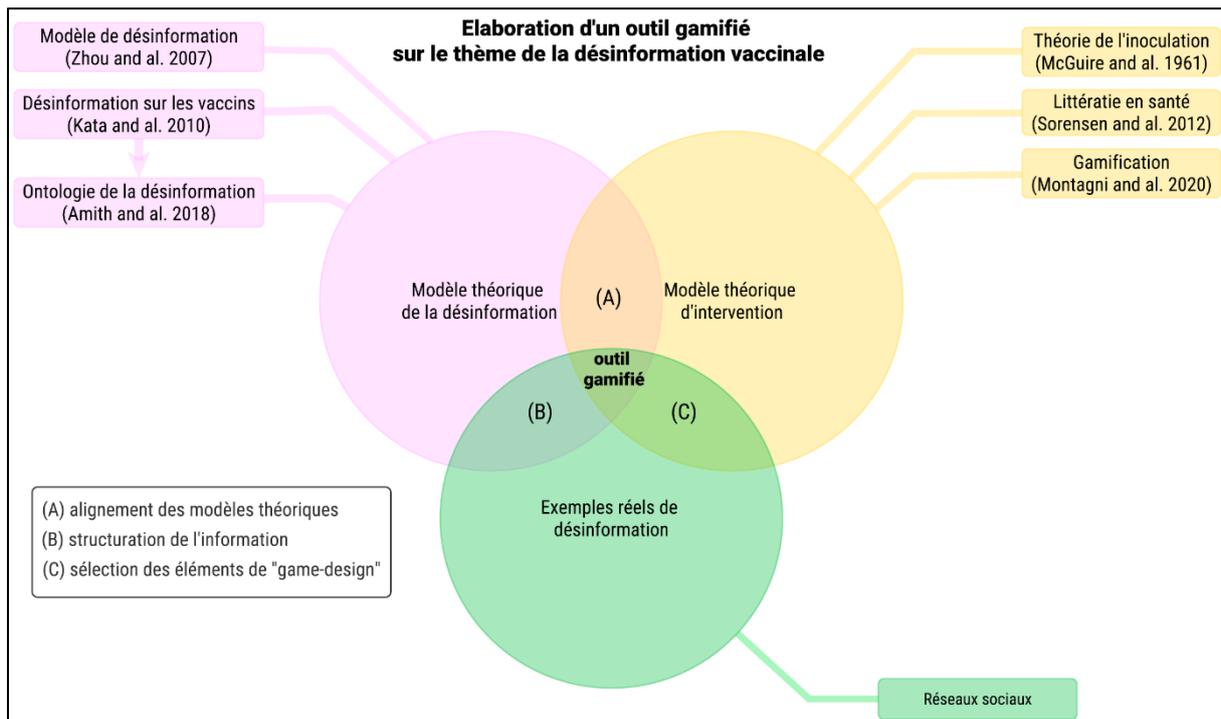


Figure 2. Diagramme de Venn représentant les fondations théoriques de l'élaboration de l'outil.

Eclaircissements sur la représentation de la désinformation à l'aide d'une ontologie de domaine

Pour catégoriser la désinformation présente sur Internet, un modèle de représentation de la désinformation a été proposé par Zhou and al. (59), la regroupant en 4 grands mécanismes : 1) dissimulation, c'est-à-dire suppression volontaire d'informations pour éviter une prise de conscience, 2) ambivalence, c'est-à-dire volonté de maintenir l'incertitude sur un sujet, 3) distorsion, c'est à dire déformation d'une information légitime et 4) falsification de l'information, ce qui correspond à la création d'informations erronées. Une ontologie a été élaborée à partir de ce modèle.

De manière schématique, une ontologie est une représentation structurée d'un ensemble d'objets (« concepts ») appartenant au réel, de leurs caractéristiques (« attributs ») et de leurs éventuelles relations (60–62). Elles sont utiles pour raisonner avec les objets du domaine réel ainsi représenté. Lors de leur conception, les ontologies peuvent aider à structurer un champ théorique de connaissances à partir de données peu structurées (corpus de textes etc.), d'avis d'experts et de contraintes logiques. Le champ d'application utilisations des ontologies est très large

(web sémantique, intelligence artificielle, informatique médicale...) et nous ne détaillerons pas ici l'étendue de leurs intérêts. Dans notre cas, une ontologie publiée et validée sur la désinformation médicale sert de classification de référence en l'absence de consensus ou d'échelle de mesure de la désinformation préexistante. Son utilisation assure également une certaine reproductibilité.

Dans le domaine plus restreint de l'hésitation vaccinale, VAXMO (63) est également une ontologie de la désinformation concernant la vaccination issue de l'ontologie de la désinformation générale (MO) et enrichie avec les éléments de désinformation spécifiques à la vaccination mis en évidence par Kata and al. (64). Il s'agit d'une ontologie pouvant être améliorée, aussi certains concepts semblent se superposer entre l'ontologie de la désinformation (MO) et VAXMO. On retiendra le regroupement de « manque de sources » (*lack of source*) comme une forme de falsification. Les auteurs suggèrent de regrouper « dissimulation » (*concealment*) avec « théorie du complot » (*conspiracy theory*). Or il semble que la dissimulation fait plutôt référence à une information cachée par la source de la désinformation, mais pas comme une preuve d'une information cachée par un gouvernement, une instance, ou une autre personne. Nous avons également rapproché « auto-référence » (*self reference*) comme une forme de distorsion et « culture de la peur » (*fear mongering*) à l'ambivalence. La classification modifiée est présentée en sur le github du projet.

2.2.1. Inoculation-Désinformation

Menace et argumentaire préemptif

La menace, élément central dans la théorie de l'inoculation, est constituée par l'ensemble des messages qui viennent compromettre une position pré-existante chez l'individu (41). Elle peut être implicite, lorsque l'individu ignore que sa position sur un sujet va être remise en question, ou explicite lorsque le sujet est prévenu qu'il existe un risque qu'il soit exposé à des contre-arguments (40). Ici, nous avons défini la menace comme l'ensemble des messages anti-vaccins comportant au moins une dimension de désinformation selon le modèle de désinformation de Kata and al. et Amith and al.

Le deuxième concept inhérent à la théorie de l'inoculation, la « *refutational preemption* », que nous traduirons par l'argumentaire préemptif, ou contre-argumentaire, est défini comme le contenu spécifique qui va permettre de renforcer la résistance d'une attitude face au changement et donc à la menace. Le contre-argumentaire, qui s'oppose à la position initiale de l'individu sur un sujet, lui permet de générer des arguments lui permettant de résister aux prochaines « attaques » contre sa position et lui confèrent ainsi une résistance face à la menace (111). Dans le cas présent, il s'agissait des arguments et du contenu de l'outil gamifié qui explicitent la désinformation et permettent au sujet de comprendre les mécanismes de cette dernière, dans le cadre de la vaccination.

Des travaux de Banas et al (43) et Pfau et al. (112) ont permis d'explorer les paramètres de la théorie de l'inoculation permettant de la rendre plus efficace. Hormis la présence des deux concepts fondateurs que sont la menace et l'argumentaire préemptif, la nature des arguments avancés et la forme dans laquelle ils sont délivrés ont un effet sur l'efficacité de l'intervention.

Nous avons tenté un rapprochement des concepts présents dans la théorie de l'inoculation, de ses critères de réussite, de la désinformation et de leur application dans l'outil gamifié. Ces données sont résumées dans le tableau 2 qui illustre aussi la mise en pratique des concepts au sein de l'outil gamifié.

TABLEAU 2. Concepts de la théorie de l'inoculation appliqués à l'intervention

Théorie de l'inoculation	Définition, <i>exemple</i>	Application dans l'outil gamifié
Menace (<i>threat</i>)	<p>La menace est définie comme une vulnérabilité de l'individu qui possède une position argumentative établie sur un sujet donné.</p> <p><i>Un individu est convaincu que de faire vacciner son enfant, et l'un de ses proches lui parle de la possibilité d'effets indésirables graves, comme l'autisme, ce qui remet en question sa position</i></p>	<p>Le thème du jeu est celui de la désinformation : la menace est constituée par l'ensemble des éléments de désinformation qui viendront « attaquer » une position antérieure sur la vaccination. Pour plus de réalisme, de véritables exemples de désinformations sont utilisés pour représenter la menace.</p>
Argumentaire préemptif ou contre-argumentaire (<i>refutational preemption</i>)	<p>Ensemble des éléments permettant à l'individu de réfuter des arguments de la menace.</p> <p><i>Les vaccins ne sont effectivement pas sans risques mais ces derniers sont rarissimes, bien documentés, et l'autisme n'en est pas un, il s'agit d'une fausse information destinée à faire peur.</i></p>	<p>Des informations éclairées sont données à la fois sur les arguments antivaccins eux-mêmes, appuyés sur la littérature scientifique, mais aussi sur les mécanismes de la désinformation, comme la falsification ou la distorsion de l'association entre vaccination et autisme.</p>
Effet "parapluie" (<i>umbrella effect</i>)	<p>La résistance à la persuasion se généralise au-delà des arguments réfutés lors de l'intervention, et confère une protection élargie aux attaques de persuasion, même si les arguments réfutés sont différents des véritables attaques rencontrées par la suite.</p> <p><i>L'individu peut identifier le mécanisme de falsification utilisé par les groupes antivaccins qui invoquent des effets indésirables inexistantes.</i></p>	<p>Quelques exemples typiques de désinformations sont utilisés pour le contenu du jeu.</p>
Argumentaire passif et actif	<p>Les arguments préemptifs passifs, c'est-à-dire donnés par un intervenant extérieur ou actif, c'est-à-dire énoncés par le sujet lui-même ont une efficacité similaire.</p>	<p>Mise en situation de l'individu avec argumentaire passif initialement.</p>

L'utilisation de la réactance psychologique (cognition et émotions négatives dirigées vers la menace, attaques sur la liberté individuelle etc..) confère une résistance plus élevée à la menace.

Les discours antivaccins utilisant de la désinformation, s'ils sont perçus comme une atteinte à la liberté de choix, auront davantage d'effet sur la résistance. De même, si les discours de désinformations génèrent une émotion forte dirigée contre ses messages, l'efficacité de l'intervention (résistance à la persuasion) est augmentée.

Utilisation de situations peut éthiques/morales et montrer les dessous de la manipulation. Le jeu « minimise » de manière caricaturale les conséquences et l'éthique des ordres.

Critères renforçant l'efficacité de l'intervention (111,112)

L'utilisation d'un discours avec un contrôle élevé (*High controlling language*), c'est-à-dire plus incitatif, orienté, éloigné d'une position neutre, pour le contre-argumentaire a un effet plus grand sur la résistance à la persuasion.

Les discours antivaccins de désinformation qui utilisent des impératifs, ordres et des messages très orientés constituent une menace plus crédible, génèrent plus d'émotions, et sont perçus comme une plus grande menace à la liberté de choix.

Mise en situation avec injonctions : le « joueur » est mis dans la position d'un exécutant et des ordres censés diffuser de la désinformation lui sont donnés.

La perception d'une menace à la liberté de choix renforce l'effet de l'intervention sur la résistance à la persuasion.

Les discours antivaccins explicités comme une menace à la liberté de choix, lorsqu'ils utilisent de la désinformation, seront perçus comme une menace importante et auront davantage d'effet pour augmenter la résistance à la persuasion.

Implicitement, le jeu expose la nature « manipulatoire » de la désinformation et son effet négatif sur la liberté de choix de l'individu.

2.2.2. Désinformation-Littératie en santé

Dans le modèle de la littératie en santé, 4 dimensions sont relatives à l'information en santé : l'accès et/ou l'obtention d'une information relative à la santé, la compréhension de cette information, l'évaluation de l'information, et enfin l'application de l'information. La désinformation intervient logiquement sur au moins les trois premières dimensions (accès à l'information, compréhension de l'information et évaluation de l'information).

La figure 2 représente l'impact de la désinformation sur ces 4 dimensions. Le tableau 3 explicite la nature du lien supposé entre désinformation et littéracie en santé.

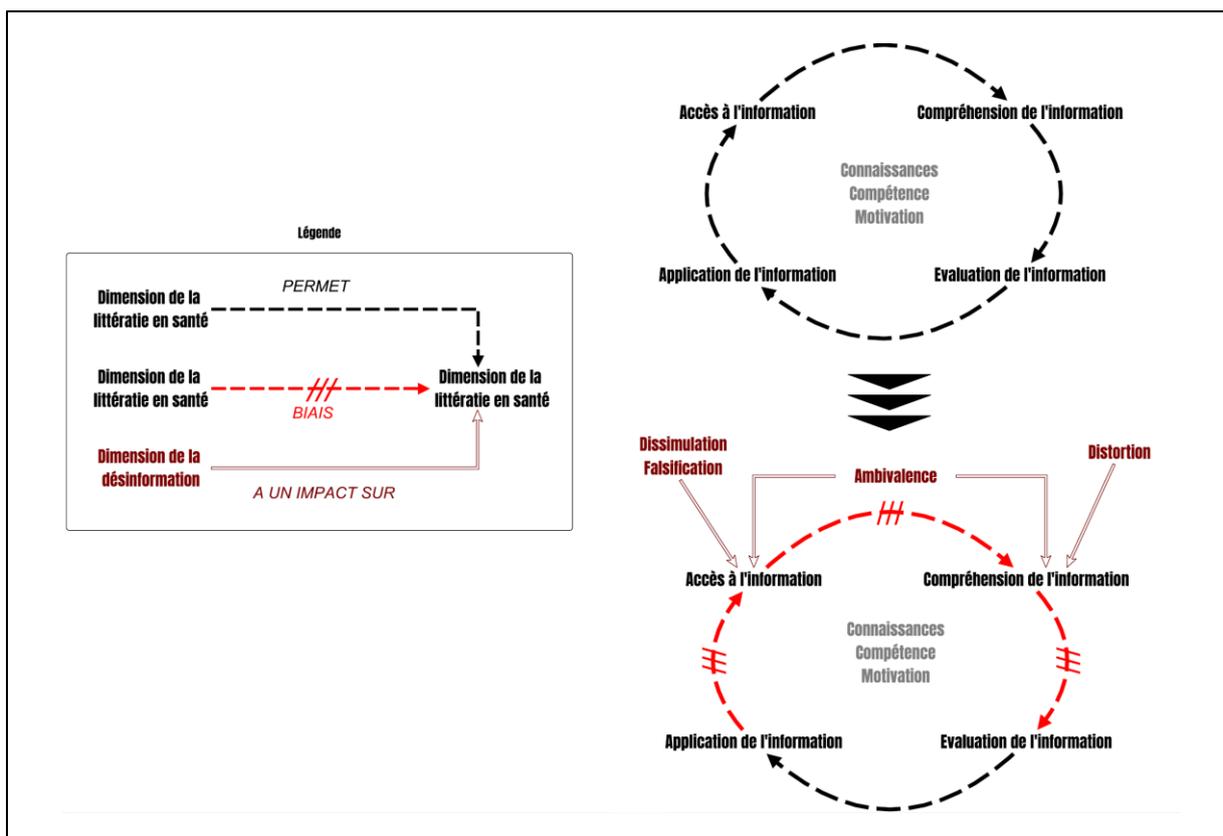


Figure 2. Diagramme de l'impact de la désinformation sur le modèle d'information de la littératie en santé.

TABLEAU 3. Concepts de désinformations appliqués à l'information dans le modèle de la littératie en santé.

	Accès à l'information	Compréhension de l'information	Evaluation de l'information	Application de l'information
Dissimulation	L'information est dissimulée et donc difficilement accessible	-	-	-
Falsification	L'information est accessible mais fausse	-	-	-
Distorsion	-	La compréhension de l'information est altérée et ne reflète pas la réalité	-	-
Ambivalence	L'information est accessible, vérifiable, mais remise en question	L'information est compréhensible mais ne reflète pas la réalité	-	-

2.3. Recueil de données de désinformation

2.3.1. Sources de désinformation et contenu des réseaux sociaux

Les données de désinformation ont été recueillies directement sur des publications publiques du site Facebook dont le sujet principal était la vaccination.

2.3.2. Algorithme de recherche et accès aux données

Une requête simple dans le moteur de recherche intégré à Facebook des pages publiques a été effectuée avec le terme simple de « vaccin », afin de cibler les groupes publics indifféremment de leur position pro ou anti-vaccinale. Les publications incluses étaient toutes les publications publiées dans un groupe

publique de langue française non institutionnel (OMS, Santé Publique France...) dont la position était explicitement anti-vaccin, entre novembre 2019 et janvier 2020 inclus. Le recueil de données était manuel, en collectant le texte de chaque publication, sa date de publication, et s'ils étaient présents les liens vers d'autres publications, images, ou audio. Aucune donnée identifiante ou personnelle n'était recueillie. Depuis 2018, le site ne permet pas d'accéder aux contenus des groupes privés ou public via ses API sans autorisation des administrateurs des groupes concernés, limitant ainsi l'accès aux données via des méthodes manuelles ou semi-automatiques.

2.3.3. Annotation

Méthodologie d'annotation

Les documents (publications) étaient annotés par un annotateur unique en utilisant l'ontologie VAXMO présentée ci-dessus, à l'aide de BRAT, un outil d'annotation open source sous licence MIT.

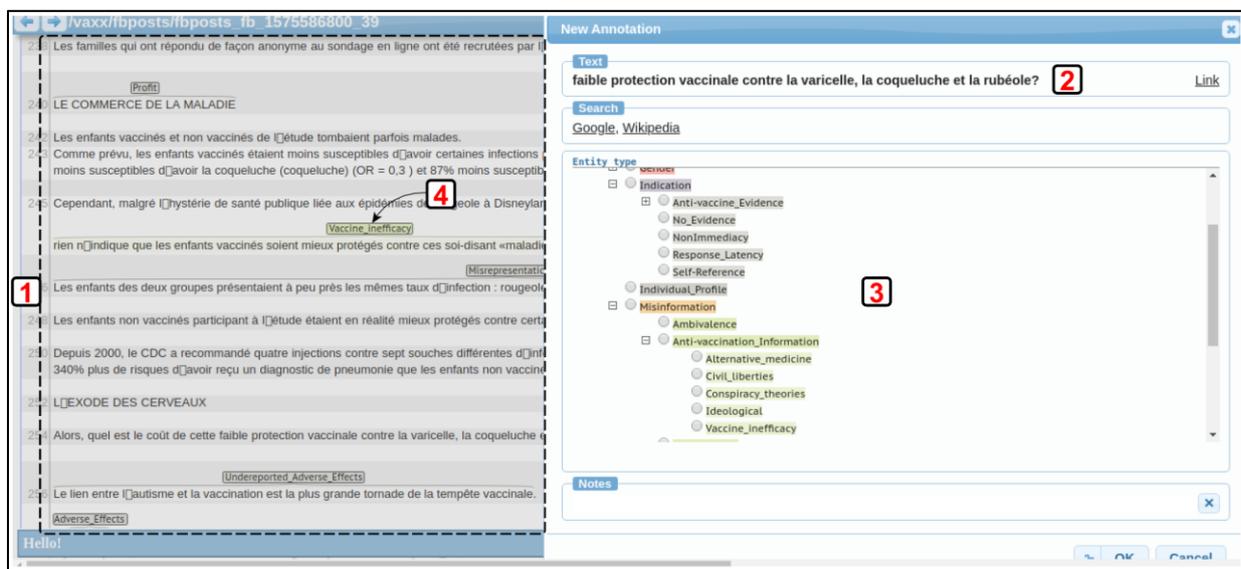


Figure 3 : Capture d'écran de l'outil d'annotation BRAT. (1) Texte à annoter, (2) Extrait de texte sélectionné pour annotation d'un concept, (3) Liste des concepts (entités) disponibles pour l'annotation, (4) Visualisation de l'extrait annoté dans le texte d'origine.

La tâche d'annotation a nécessité une conversion de l'ontologie VAXMO, au format .owl vers le format .obo à l'aide du script bash ROBOT, puis du format .obo vers un fichier config interprétable par BRAT à l'aide d'un script R. Les fichiers d'annotation au format BioNLP étaient convertis à l'aide d'un script R. Le diagramme des données est représenté dans la figure 4.

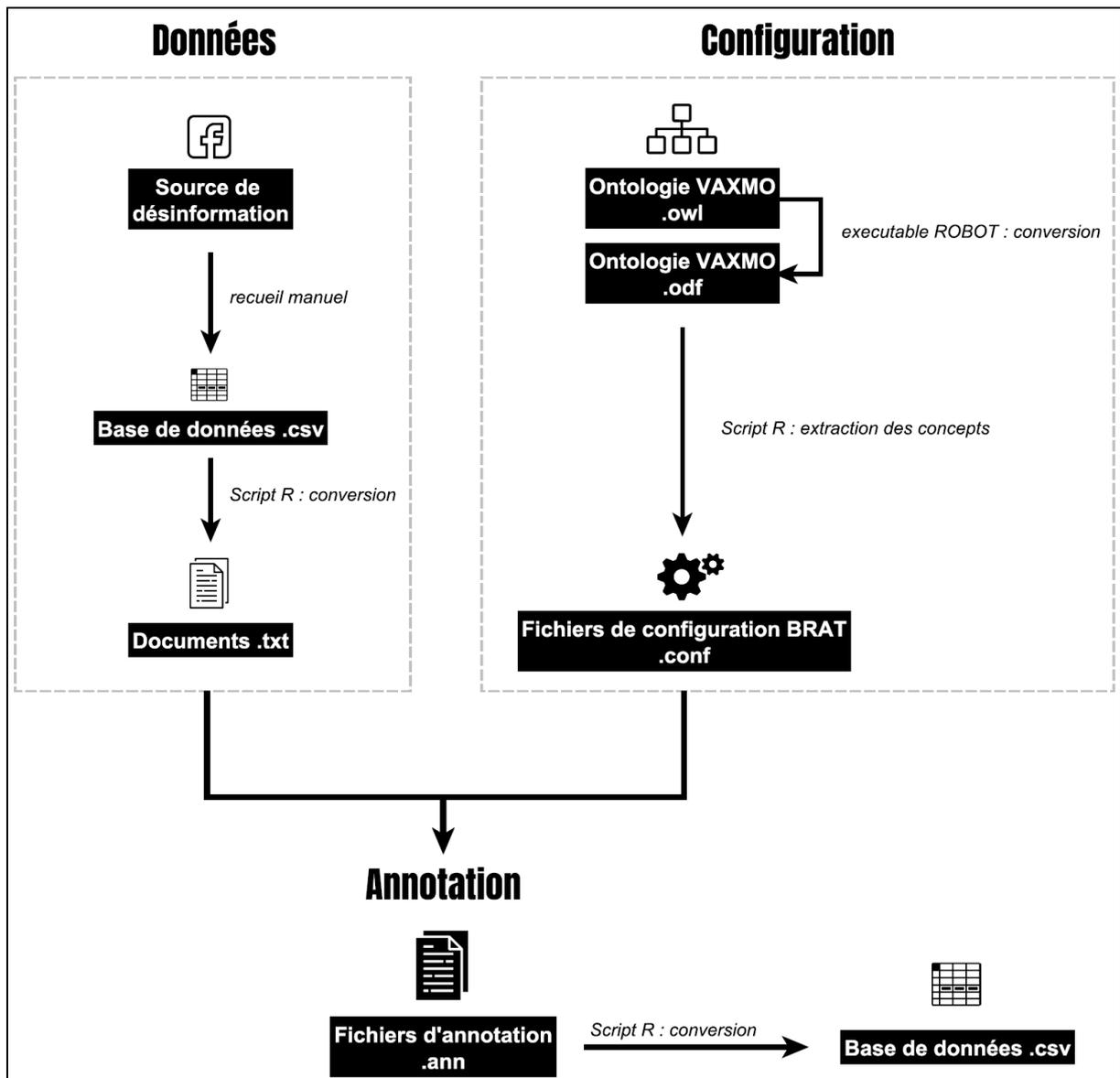


Figure 4. Flux de données et configuration de la tâche d'annotation.

2.4. Mise en pratique des modèles théoriques : développement du jeu

2.4.1. Langage de développement

L'outil gamifié a été développé à l'aide du pseudo-langage open source, ink (113,114) et son interface, inky, dédiés à la conception de jeux interactifs narratifs. L'interface est présentée dans la figure xx

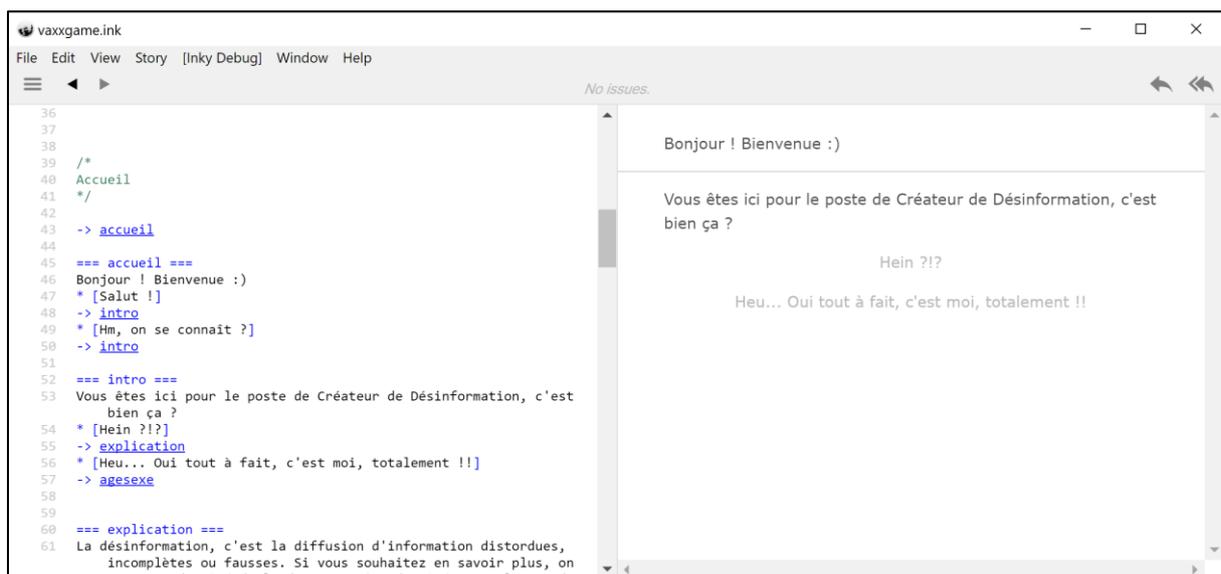


Figure 5. Capture d'écran de l'interface de codage Inky. A gauche, le pseudo code, à droite, l'interface de test.

2.4.2. Conception

Présentation générale

L'outil se présente sous la forme d'une page web interactive, sur laquelle s'affiche un texte, avec la possibilité pour l'utilisateur de réaliser des choix à la manière d'un jeu de rôle d'aventure. Chaque choix conduit à l'étape suivante dans la narration. Le design est volontairement simple, et les textes de narrations sont courts afin de faciliter l'immersion et de ne pas surcharger l'utilisateur avec des informations inutiles.

Éléments de scénario

Phase 1 : présentation du contexte à l'utilisateur

L'utilisateur est mis dans le rôle d'un « Créateur de désinformation » chargé de diffuser des messages de désinformation au sujet des vaccins, sur les réseaux sociaux. Une définition simple de la désinformation est donnée, avec un renvoi vers de la documentation précisant les concepts. Le ton est familier et directif, avec un « niveau de contrôle » élevé. Cette phase est aussi l'occasion de recueillir des données individuelles (âge, sexe) qui pourront être analysées ultérieurement.

Phase 2 : aventure narrative avec choix

Après ces explications de contexte, il est demandé à l'utilisateur, toujours sur un ton directif, de diffuser (virtuellement) des messages de désinformation sur divers réseaux sociaux (Facebook et Twitter). Ces messages de désinformation sont conçus à partir du modèle de désinformation et des exemples réels de désinformations recueillis sur Facebook, secondairement structurés. Le narrateur laisse parfois la possibilité à l'utilisateur d'émettre des doutes sur l'éthique et/ou le bienfondé des messages, pour ensuite les minimiser ou même les ignorer, conduisant toujours l'utilisateur à diffuser le message. Cette absence d'option vise à provoquer une émotion négative vis-à-vis du narrateur, qui est la source initiale du message de désinformation (contre-argumentaire dans la théorie de l'inoculation) et à donner un sentiment d'atteinte à la liberté de l'utilisateur (111) permettant ainsi de potentialiser l'effet de l'intervention. Même si l'utilisateur a l'impression de faire des choix, la narration reste linéaire et ses décisions n'influent pas sur la suite des évènements.

Phase 3 : synthèse et présentation des éléments de désinformation au joueur

La phase 2 se termine après un nombre prédéterminé d'interactions avec le narrateur où toutes les dimensions de la désinformation ont été présentées. L'utilisateur se voit alors présenter un résumé de la désinformation qu'il a *virtuellement* propagé et des liens vers de documents explicatifs et sources plus complètes sur le sujet.

3. Résultats

3.1. Désinformation présente sur les réseaux sociaux

3.1.1. Sélection des pages de désinformation

La recherche avec le mot-clé 'vaccin' a ramené 111 pages publiques éligibles en français. Après revue manuelle de ces pages, 14 (%) avaient un caractère anti-vaccin ou propice à la désinformation sur les vaccins. Dix pages ont été exclues car elles n'étaient pas actives au moment de la période d'inclusion des publications. Au total, 4 pages ont été analysées et 43 publications publiées lors de la période éligible ont été retenues pour être annotées.

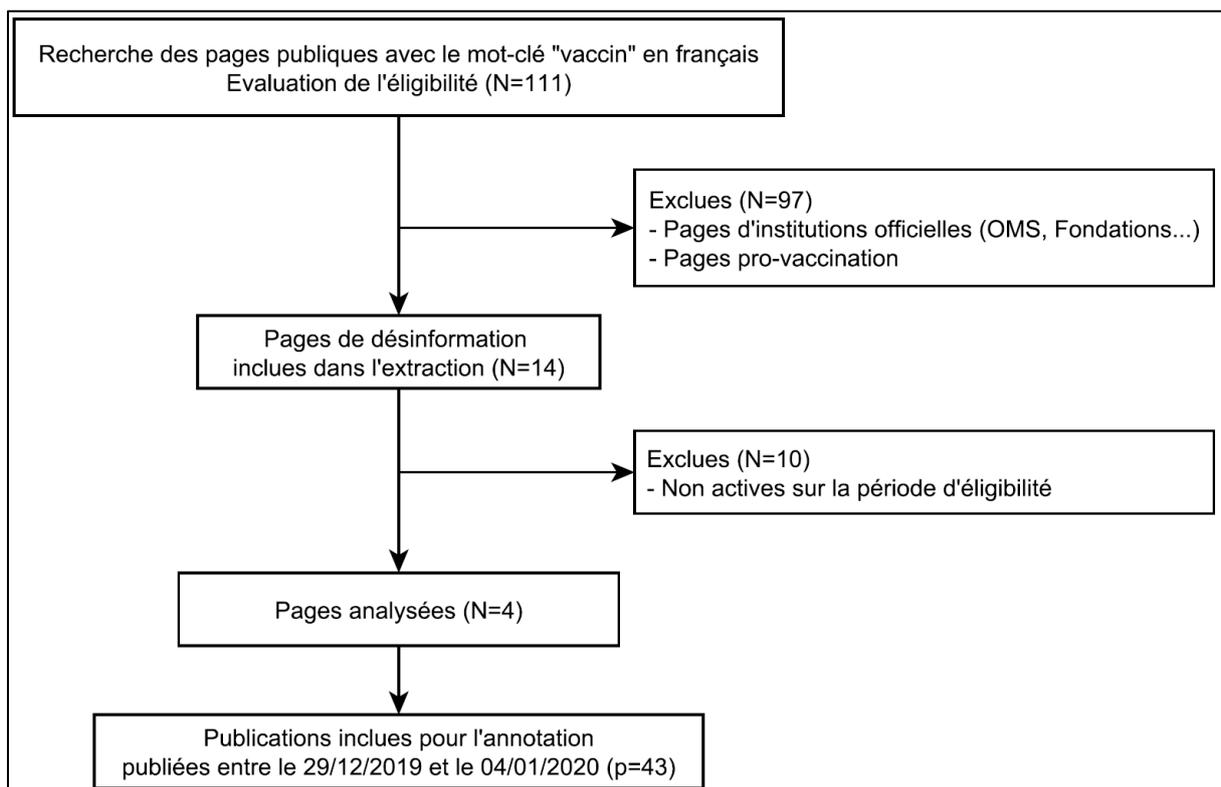


Figure 6. Diagramme de flux des publications incluses pour l'annotation

3.1.2. Résultats de l'annotation

Vaccins abordés

Toutes les publications recueillies abordaient le sujet des vaccins. En revanche, il était fréquent que certaines publications soient plus précises sur le type de vaccin. Le vaccin anti-HPV était le plus souvent mentionné (6 publications soit 14 %). Le vaccin contre la grippe et anti-HBV étaient mentionnés dans 7% des cas (n=3), le vaccin contre la Coqueluche et contre la grippe dans 2 publications (4.7%) et la Variole une unique fois (2.3%).

TABLEAU 4. Vaccins abordés dans les 43 publications.

Vaccins (N= 43 publications)	n (%)
Vaccin anti-HBV	3 (7.0)
Vaccin anti-HPV	6 (14.0)
Vaccin contre la grippe	2 (4.7)
Vaccin ROR	3 (7.0)
Vaccin contre la variole	1 (2.3)
Vaccin contre la coqueluche	2 (4.7)

Thème de désinformation (présents dans Kata and al.)

Les effets indésirables des vaccins et la toxicité des vaccins étaient les deux sujets les plus abordés, avec respectivement 32.6% et 37.2% des publications qui les mentionnaient. En deuxième position, les pathologies idiopathiques (14% des publications) et la futilité des vaccins au regard de la diminution « naturelle » des maladies (11.6%) étaient les deux sujets les plus abordés. Faiblement représentée avec 7% des publications, on retrouvait ensuite l'atteinte de l'immunité, puis avec 5% l'effet des vaccinations simultanées, les lots contaminés, la sous-déclaration des effets indésirables et le fait que les vaccins préviennent des pathologies « triviales ».

TABLEAU 4. Fréquence des thèmes relatifs à la sécurité et l'efficacité des vaccins abordés dans les publications

Sécurité et efficacité (N = 43 publications)	n (%)
Mention d'effets indésirables	14 (32.6)
Poisons : les vaccins contiennent des poisons/toxines/contaminants	16 (37.2)
Pathologiques idiopathiques : les vaccins provoquent des pathologies d'étiologie inconnue (autisme...)	6 (14.0)
Atteinte de l'immunité : les vaccins érodent l'immunité, créent une immunité temporaire/insuffisante	3 (7.0)
Vaccinations simultanées : de multiples injections augmentent les risques d'effets indésirables	2 (4.7)
"Lots contaminés" certains lots de vaccins seraient davantage toxiques	2 (4.7)
Sous-déclaration : les effets indésirables de vaccins sont sous-déclarés	2 (4.7)
Diminution des maladies : l'incidence des pathologies infectieuses diminue sans les vaccins (hygiène...)	5 (11.6)
Maladies triviales : les maladies prévenues par les vaccins sont peu communes/peu contagieuses/peu dangereuses	2 (4.7)

Globalement, la thématique des « alternatives » à la médecine était assez peu représentée, dans certains cas non-représentées pour le « débat nécessaire » et les « produits à vendre ». La promotion de traitements alternatifs apparaissait dans deux publications (4.7%).

TABLEAU 5. Fréquence des thèmes relatifs aux alternatives aux vaccins abordés dans les publications.

Médecine alternative (N = 43 publications)	n (%)
Traitement alternatif : promotion d'un traitement supérieur à la vaccination (homéopathie)	2 (4.7)
Critique de la biomédecine : les connaissances médicales actuelles sont fausses (les bases théoriques de la microbiologie sont fausses)	
- Pas de preuve d'efficacité des vaccins	2 (4.7)
- Inefficacité des vaccins à long terme	1 (2.3)
Débat nécessaire : suggestion que débattre de la vaccination est efficace/nécessaire	0
"Retour à la nature" : promotion d'approches "naturelles" (ex : les enfants devraient s'immuniser naturellement)	1 (2.3)
Produits à vendre : promotion de traitement alternatifs (ex : vitamines, huiles essentielles)	0

Le risque de totalitarisme était évoqué dans 9.3% des publications, et le respect des droits parentaux dans une seule publication.

TABLEAU 6. Fréquence des thèmes relatifs aux libertés individuelles abordés dans les publications.

Libertés civiques (N = 43 publications)	n (%)
Droits parentaux : les libertés civiques sont enfreintes en empêchant les parents de faire des choix sur la vaccination	1 (2.3)
Surveillance : les programmes de vaccinations harcèlent les parents qui ne font pas vacciner leurs enfants	0
Totalitarisme : les vaccins font l'objet d'un contrôle excessif par le gouvernement	4 (9.3)

Les théories et recherche de vérité alternative étaient représentées par deux grandes idées : les vaccins et politiques vaccinales sont conçues pour le profit (9.3%) et la vaccination est au centre d'un complot (6%). La mention des médecins, tour à tour agents dénonçant un scandale depuis l'intérieur (9.3%), ou au contraire complices (7%) était non négligeable. Finalement, la nécessité d'un « choix éclairé » qui remettait en question la légitimité de la vaccination était également assez importante (9.3%).

TABLEAU 7. Fréquence des thèmes relatifs aux théories du complot et à la recherche d'une vérité cachée abordés dans les publications.

Théorie du complot / recherche de la vérité (N = 43 publications)	n (%)
Profit : la vaccination est motivée par le profit	10 (23.3)
Collusion : les promoteurs des vaccins bénéficient des dommages créés par les vaccins	1 (2.3)
Protection : le gouvernement protège les médecins/industriels des conséquences négatives de la vaccination	1 (2.3)
Complot : des informations sur les vaccins sont cachées au grand public	6 (14.0)
Médecins rebelles : certains médecins "éclairés" échappent à l'ordre établi médical	4 (9.3)
Médecins fautifs : certains médecins sont ignorants, ou ont peur d'une sanction s'ils n'appliquent pas les recommandations	3 (7.0)
Culture de la peur : les dangers de la vaccination sont exagérés pour effrayer les parents	3 (7.0)
Théories inhabituelles : théories inattendues sur les objectifs de la vaccination.	1 (2.3)
Connaissance privilégiée : information sur les vaccins ignorée/rejetée par le monde médical	0
Anti-science: la biomédecine est dans l'erreur, il existe des modèles de pensée alternatifs valables (intuition, instinct...)	0
Choix éclairé : encourager à faire ses propres choix personnels pour son enfant	4 (9.3)

Les questions de moralité, religion, idéologies étaient centrées autour de l'aspect « immoral » de la vaccination, souvent dans le cadre d'expériences sociales ou scientifiques intolérables.

TABLEAU 8. Fréquence des thèmes relatifs à la morale, aux religions et à l'idéologie abordés dans les publications.

Moralité, religion, idéologie (N= 43 publications)	n (%)
Arguments religieux : Dieu est contre la vaccination	0
Actes immoraux : la vaccination est associée à un acte immoral (ex : expérimentation sur les enfants)	5 (11.6)
Anti-utilitarisme : la vaccination universelle sacrifie un faible nombre au profit des autres	2 (4.7)
Idéologie générale non définie	1 (2.3)

Type de désinformation

Il était possible d'identifier au moins une forme nette de désinformation dans 14 publications (32.6%). Aucune publication ne permettait de mettre en évidence une tentative de dissimulation d'information de la part de l'auteur. La falsification était le type de désinformation le plus représenté (27.9%), devant la distorsion (18.6%) et l'ambivalence (7%), peu représentée.

TABLEAU 9. Type de désinformation présente dans les publications

Type de désinformation (N= 43 publications)	n (%)
Désinformation	14 (32.6)
- Distorsion	8 (18.6)
- Falsification	12 (27.9)
- Ambivalence	3 (7.0)

Les sources étaient insuffisantes ou absentes dans 23.3% des publications, et il existait des références à des « pseudo experts » de la vaccination dans 11.6% des cas. Des sources obsolètes étaient citées dans 2 publications et des biais importants d'interprétation de sources apparaissaient également dans 2 publications.

TABLEAU 10. Traitement des sources par les auteurs dans les publications

Sources (N= 43 publications)	n (%)
Manque de sources ou pas de sources	10 (23.3)
Auto-référence : les sources citées sont des pseudo-experts de la vaccination non scientifiques ou dont les théories ne sont pas consensuelles	5 (11.6)
Sources obsolètes	2 (4.7)
Biais de confirmation/mésinformation : la recherche de sources et d'information semble orientée pour confirmer une position pré-existante	2 (4.7)

Contenu associé

Du contenu associé était souvent adjoint aux publications. Vingt-six publications contenaient un lien vers une vidéo, et 25.6% des publications renvoyaient vers un lien externe. Des images étaient associées à 3 publications et un fichier audio à 2 d'entre elles.

TABLEAU 11. Contenu associé aux publications

Contenu associé (N= 43 publications)	n (%)
Lien externe	11 (25.6)
Image	3 (7.0)
Audio	2 (4.7)
Vidéo	26 (60.5)

3.2. Mécanismes et thèmes désinformation

Les différentes dimensions de désinformation n'étaient pas représentées pour tous les sujets abordés. Les tableaux 12a à 12f permettent de visualiser cette relation entre les grandes dimensions de désinformation et les thèmes abordés dans les publications. Cette matrice permet également de générer un outil plus réaliste puisqu'il tient compte des combinaisons désinformation/thématique « possibles » observées sur des publications réelles. Ces tableaux ont servi de base à la génération de messages de désinformation présents dans l'outil gamifié. La présence d'un « tick » (symbole « coché ») indique l'existence d'au moins une publication où le mécanisme de désinformation (colonnes) co-existe avec le thème ou la dimension de VAXMO (lignes). L'absence de « tick » indique l'absence de publication où ces deux dimensions étaient présentes.

Concernant le traitement des sources (tableau 12a) l'invention d'une information (« mensonge ») et l'insuffisance de source ou leur absence ont été traitées comme un mécanisme global de falsification. L'auto-référence ne pouvait pas être traitée comme une forme de falsification puisque les sources existaient, mais maintenaient l'agent recevant l'information dans un état d'incertitude par rapport à la réalité, ce qui correspondait bien à la définition de l'ambivalence. Enfin la distorsion englobait à la fois l'utilisation malhonnête de sources légitimes (« représentation erronée ») mais également l'ensemble des biais de confirmation, où des sources sélectionnées pour confirmer une position étaient utilisées, en excluant toute donnée contradictoire.

TABLEAU 12a. Traitement des sources en fonction des types de désinformation

Thématiques de désinformation	Dimensions de la désinformation [Kata and al]		
	Distorsion (n=8)	Ambivalence (n=3)	Falsification (n=12)
Sources insuffisantes ou absence de sources	✓	✓	✓
Biais de confirmation et représentation erronée : la recherche de sources et d'information semble orientée pour confirmer une position préexistante ou les sources ne sont pas interprétées correctement	✓	✓	✓
Auto-référence : les sources citées sont des pseudo-experts de la vaccination non scientifiques ou dont les théories ne sont pas consensuelles	✓	✓	✓
Mensonge : invention d'une information	✓	-	✓

Les thèmes de sécurité et d'efficacité des vaccins étaient en grande majorité associés à la distorsion et la falsification mais seule la sous-déclaration des effets indésirables faisait l'objet à la fois d'une distorsion, d'une ambivalence et d'une falsification. Le thème des maladies triviales n'était pas associé à des formes de distorsion de l'information mais à la falsification et ambivalence. Toutes les thématiques (n=7) étaient associées à une forme de falsification, et il en était de même pour la distorsion, à l'exception du sujet des « lots contaminés » et des « maladies triviales ». Les « lots contaminés » n'étaient représentés sous aucune forme de désinformation, c'est-à-dire qu'à chaque fois que le sujet était traité, les sources étaient légitimes et bien représentées.

TABLEAU 12b. Thématiques de sécurité et d'efficacité en fonction des types de désinformation

Sécurité et efficacité	Distorsion (n=8)	Ambivalence (n=3)	Falsification (n=12)
Mention d'effets indésirables	✓	✓	✓
Poisons : les vaccins contiennent des poisons/toxines/contaminants	✓	-	✓
Pathologiques idiopathiques : les vaccins provoquent des pathologies d'étiologie inconnue (autisme...)	✓	-	✓
Atteinte de l'immunité : les vaccins érodent l'immunité, créent une immunité temporaire/insuffisante	✓	-	✓
Vaccinations simultanées : de multiples injections augmentent les risques d'effets indésirables	✓	-	✓
"Lots contaminés" certains lots de vaccins seraient davantage toxiques	-	-	-
Sous-déclaration : les effets indésirables de vaccins sont sous-déclarés	✓	✓	✓
Maladies triviales : les maladies prévenues par les vaccins sont peu communes/peu contagieuses/peu dangereuses	-	✓	✓

Dans les thèmes de « médecine alternative », l'argument de « retour à la nature » se présentait également sous les 3 formes de désinformation, tandis que la promotion d'un traitement alternatif à la vaccination n'était pas associée à des mécanismes d'ambivalence. La critique de la biomédecine reposait sur le mécanisme de distorsion de l'information, uniquement.

TABLEAU 12c. Thématiques de médecine alternative en fonction des types de désinformation

Médecine alternative	Distorsion (n=8)	Ambivalence (n=3)	Falsification (n=12)
Traitement alternatif : promotion d'un traitement supérieur à la vaccination (homéopathie)	✓	-	✓
Critique de la biomédecine : les connaissances médicales actuelles sont fausses (les bases théoriques de la microbiologie sont fausses)	✓	-	-
"Retour à la nature" : promotion d'approches "naturelles" (ex : les enfants devraient s'immuniser naturellement)	✓	✓	✓

Lorsqu'ils étaient évoqués, les droits parentaux ne l'étaient que sous l'angle de la falsification. En revanche, la thématique du totalitarisme s'appuyait sur les 3 mécanismes.

TABLEAU 12d. Thématiques de libertés individuelles en fonction des types de désinformation

Libertés civiques	Distorsion (n=8)	Ambivalence (n=3)	Falsification (n=12)
Droits parentaux : les libertés civiques sont enfreintes en empêchant les parents de faire des choix sur la vaccination	-	-	✓
Totalitarisme : les vaccins font l'objet d'un contrôle excessif par le gouvernement	✓	✓	✓

Les thèmes liés aux théories du complot et recherche de vérité alternative s'appuyaient systématiquement sur une forme de falsification de l'information. En revanche, les exemples d'ambivalence concernaient uniquement la protection des médecins et industriels par le gouvernement, les théories du complot, l'accusation de médecins complices, et la nécessité de réaliser un choix éclairé. La distorsion des faits concernait toutes les théories, excepté la protection des médecins/industriels, la présence de médecins rebelles, et fautifs.

TABLEAU 12e. Thématiques de théories du complot/recherche de la vérité en fonction des types de désinformation

Théorie du complot / recherche de la vérité	Distorsion (n=8)	Ambivalence (n=3)	Falsification (n=12)
Profit : la vaccination est motivée par le profit	✓	-	✓
Collusion : les promoteurs des vaccins bénéficient des dommages créés par les vaccins	✓	-	✓
Protection : le gouvernement protège les médecins/industriels des conséquences négatives de la vaccination	-	✓	✓
Complot : des informations sur les vaccins sont cachées au grand public	✓	✓	✓
Médecins rebelles : certains médecins "éclairés" échappent à l'ordre établi médical	-	-	✓
Médecins fautifs : certains médecins sont ignorants, ou ont peur d'une sanction s'ils n'appliquent pas les recommandations	-	✓	✓
Culture de la peur : les dangers de la vaccination sont exagérés pour effrayer les individus	✓	-	✓
Choix éclairé : encourager à faire ses propres choix personnels pour son enfant	✓	✓	✓

Les thématiques de moralité, religion et idéologie étaient représentées par des mécanismes de falsification et de distorsion, mais jamais d'ambivalence.

TABLEAU 12f. Thématiques de moralité, religion, idéologies, en fonction du type de désinformation

Moralité, religion, idéologie	Distorsion (n=8)	Ambivalence (n=3)	Falsification (n=12)
Actes immoraux : la vaccination est associée à un acte immoral (ex : expérimentation sur les enfants)	✓	-	✓
Anti-utilitarisme : la vaccination universelle sacrifie un faible nombre au profit des autres	✓	-	✓

3.3. Outil gamifié

Phase 1

Une courte présentation du concept et du contexte (mise en situation de l'utilisateur) était réalisée au court de cette phase. Les données sociodémographiques, non identifiantes, étaient recueillies lors de cette phase. L'une des questions permettait de savoir si l'utilisateur était un expert de santé publique ou d'infectiologie. Les captures d'écran (figures 7) présentent cette première phase. L'utilisateur pouvait cliquer les phrases de couleur jaune pour progresser. Les premiers éléments augmentant la réactance sont introduits : ton direct, tutoiement, éthique discutable de diffusion volontaire de désinformation...

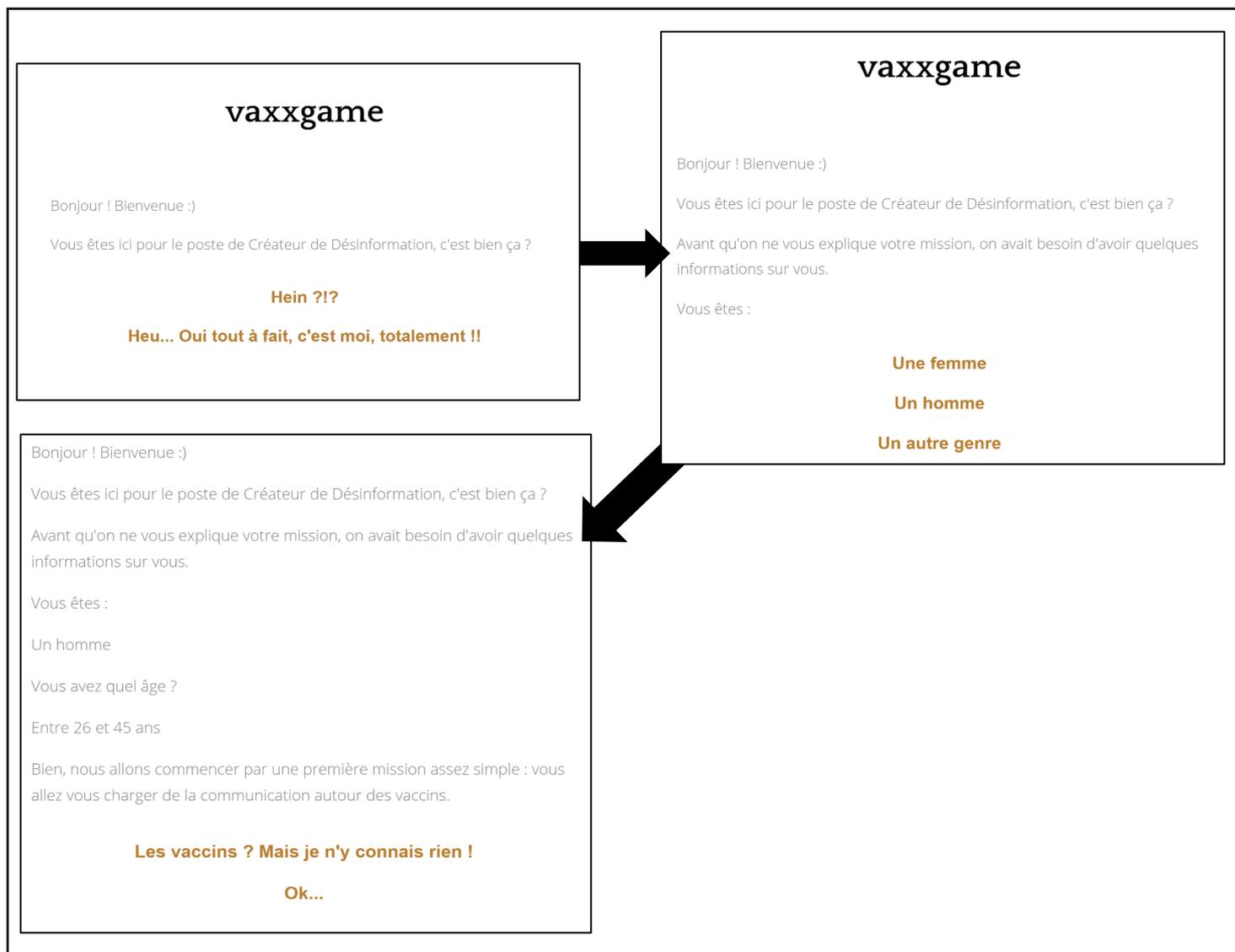


Figure 7. Capture d'écran de l'outil gamifié, en phase (1) d'introduction à l'utilisateur, présentation du concept, mise en situation, premiers éléments de réactance.

Phase 2

A partir de l'ensemble des combinaisons possibles présentées dans les tableaux précédents, les messages de désinformations de la phase 2 du scénario ont été générés. Des captures d'écrans représentent cette étape (figure 8). Une mécanique de crédibilité et d'influence a été ajoutée, non présentée ici, mais n'a que peu d'impact sur le déroulement du jeu.

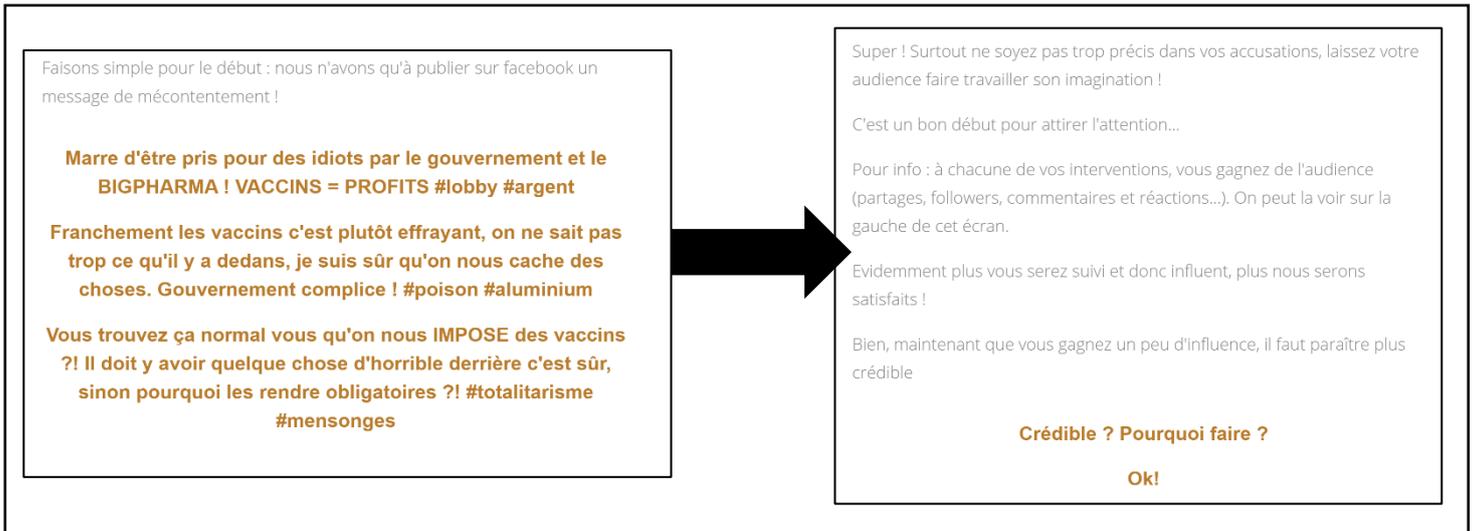


Figure 8. Capture d'écran de l'outil gamifié, en phase 2 : exposition à des argumentaires préemptifs.

Phase 3

La phase 3 est en cours de développement au moment de la rédaction de cette thèse. Il s'agit dans un premier temps compiler et présenter les principales connaissances sur la désinformation sur les vaccins dans un format court et compréhensible pour l'utilisateur. Il peut s'agir par exemple de définitions (désinformation, falsification...) des grands concepts de désinformation et de leurs effets directs ou indirects (baisse de la couverture vaccinale, émotions engendrées, fausse impression de crédibilité...).

Plusieurs marqueurs visuels directs sont envisagés pour représenter l'effet de la désinformation sur l'hésitation vaccinale : jauges, scores, trophées... afin de « récompenser » l'utilisateur.

4. Discussion

4.1. Résultats principaux

4.1.1. Désinformation recueillie sur internet

Une analyse de 111 pages publiques sur un réseau social en français, a permis de mettre en évidence 43 publications réparties dans 4 pages publiques qui contenaient des éléments de désinformations. La désinformation se présentait sous la forme d'une falsification dans la plupart des cas, devant la distorsion et l'ambivalence, dans cet ordre. Il n'a pas été mis en évidence d'éléments relatifs à une forme de dissimulation d'information. Les thématiques les plus souvent abordées étaient relatives à la toxicité des vaccins et leur effets indésirables, qui étaient à la fois associés à des formes de falsification et de distorsion. Les autres éléments d'efficacité et de toxicité étaient omniprésents, de même que les théories du complot ou l'évocation des profits engendrés par l'industrie pharmaceutique grâce aux vaccins. Ces deux derniers éléments étaient significativement associés à une forme de falsification, tandis que seule la théorie du complot était significativement associée à la distorsion des faits. Enfin, on observait fréquemment une absence de sources pour étayer les affirmations sur les vaccins, alors que très nombreuses publications renvoyaient vers des liens externes ou étaient associées à des contenus multimédias, vidéos en tête. Les différents exemples et associations de thématiques avec les mécanismes de désinformation ont servi de bases pour l'élaboration de l'outil web.

4.1.2. Convergence des modèles

La théorie de l'inoculation, les modèles de désinformation et de littératie en santé peuvent converger pour élaborer une intervention s'appuyant sur des données réelles de désinformation. Les mécanismes de désinformation prennent leur place au sein du modèle de la littératie en santé, tandis que la théorie de l'inoculation sert de fondement permettant d'articuler les différents exemples de désinformation au sein d'une intervention basée sur les preuves.

4.1.3. Outil web

Une première version alpha du jeu fonctionnelle a été développée, à un stade permettant d'importantes modifications de fond et de forme. Cette version doit désormais être confrontée au retour d'expérience d'utilisateurs réels pour poursuivre son développement. Une phase d'évaluation est à prévoir, et certains éléments sont déjà inclus, comme les mesures de certains paramètres démographique dans ce but.

4.2. Forces de ce travail

Même s'il s'agissait d'un prototype, ce travail avait pour principale force de se baser sur des théories validées et un modèle de la désinformation appliqué à des données réelles. Au-delà de son intérêt pour quantifier la désinformation présente sur un réseau en particulier, adresser l'hésitation vaccinale sous l'angle de la désinformation et non pas des connaissances constituait une innovation intéressante. L'utilisation d'une méthodologie parfaitement reproductible, de la structuration de la désinformation à l'élaboration de l'outil en lui-même, ajoutent à l'intérêt de notre démarche. A notre connaissance, il s'agit d'une première tentative de combattre la désinformation visant spécifiquement la vaccination, en utilisant une théorie de la persuasion.

L'état actuel de l'outil, et son développement en *open-source*, facilement déployable sur internet, en font un projet évolutif intéressant qui pourra être enrichi et évalué secondairement.

Cet outil prend sa place dans la théorie de la roue du changement COM-B comme une technique de persuasion, c'est-à-dire agissant sur la *motivation* essentiellement. Cependant, son caractère « préventif » et axé sur une menace rendue « inoffensive » dans ce contexte, la rend également éligible au statut d'intervention de *training* (« formation ») et est susceptible d'influencer les aptitudes psychologiques d'un individu à résister à la désinformation. L'un des avantages de la théorie de l'inoculation est qu'il n'est pas nécessaire d'explicitement toutes les situations pour que l'argumentaire préemptif soit efficace puisqu'il existe un effet « parapluie » qui couvrirait les menaces futures de manière assez large. En pratique, cela pourrait

impliquer une protection vis-à-vis d'autres messages de désinformations portés sur des thématiques de santé plus large (maladies chroniques, alimentation...)

4.3. Limites

Outre un échantillon de taille relativement modeste, il existait de nombreuses limites qu'il convient de bien éliciter. Premièrement, l'ensemble de l'évaluation de la désinformation, de la sélection des pages jusqu'à l'annotation de la désinformation, se base sur le travail d'un seul évaluateur, soumis à une subjectivité non corrigée par une double lecture absente ou à priori un « guide d'annotation » qui aurait pu statuer sur les éventuelles imprécisions sur la nature du codage. D'un point de vue épistémologique, la nature « subjective » de la désinformation peut d'ailleurs être étendue au-delà de sa simple évaluation : les « médias de masse », comme les réseaux sociaux, « *n'ont pas pour objet de formuler une vérité de type scientifique* » (115). Il faudrait envisager, par exemple, le contexte du *constructivisme radical* (116), qui repose sur l'idée que la réalité « construite » par l'individu est le fruit de l'interaction entre l'esprit humain avec cette réalité, et *non pas une réalité indépendante* (117). Dès lors, nous pourrions considérer que les éléments de désinformations présents chez des individus, dans une partie de la société, constituent une *construction alternative*, qui est *valide pour ces individus* comme notre réalité construite de ce qu'est une *information valide*, l'est pour nous. Aussi, il ne s'agit plus simplement de combattre la désinformation mais bien de re-construire une réalité à partir d'outils de représentations (pouvant être remis en question) et d'une démarche scientifique rigoureuse (pouvant être critiquée), tout en évaluant soigneusement le système de valeurs, de pensée, de *construction* d'autrui qui a permis l'émergence d'une réalité que nous considérons *désinformée*.

Deuxièmement, la sélection des pages les plus explicitement « anti-vaccin » conduit à un évident biais de sélection, puisqu'implicitement nous avons fait l'hypothèse que seuls les plus ardents anti-vaccins produiront de la désinformation, ce qui évidemment n'est pas le cas, même des médias traditionnels « fiables » pouvant véhiculer à leur insu des messages de désinformation. En effet, rappelons-le, il n'est pas nécessaire d'avoir une intention de nuire pour à minima, mal informer.

Troisièmement, malgré l'utilité prouvée et l'usage efficace de la théorie de l'inoculation qui en a été faite dans le combat contre les *fake news* lors des élections américaines et sur le thème du réchauffement climatique, elle constitue un cadre théorique assez limité, axé sur la persuasion. Un alignement avec une approche favorisant l'*empowerement* (118,119), au sein d'une stratégie basée sur le triptyque *rapidité – anticipation – rationalisation* utile en temps de crise comme celui de l'épidémie SARS-COV2 (120), puisque dans le cas de la désinformation la crise existe en continu, pourrait être pertinente. Même si notre approche s'appuie sur une rationalisation de la désinformation, favorise la circulation d'une libre information (anti ou pro-vaccin) et se focalise sur l'aptitude à distinguer en tant qu'agent autonome l'information légitime d'une désinformation, sans imposer une « vérité » absolue, il nous paraît indispensable de réaliser un important travail d'intégration de la théorie de l'inoculation et de la désinformation dans ce modèle rationnel plus large. Ainsi, cela permettrait d'éviter l'écueil d'une intervention autoritaire, infantilisante. Par ailleurs, la linéarité des choix lors de l'intervention est peut-être une limite qu'il conviendra de dépasser en proposant une intervention « adaptative », évoluant au gré des capacités et aptitudes de chaque individu et à leur état antérieur de connaissances sur la désinformation. Les interventions conçues sur-mesure (*tailored*) étant d'après la littérature souvent plus efficaces (121).

Enfin, quelques limites techniques sont à souligner. Même si l'objet de ce travail était la désinformation, il conviendra de noter que l'absence de mention des vaccins Anti-pneumocoque, DTP et Haemophilus Influenzae dans les sujets de désinformation était en réalité due à leur absence dans l'ontologie VAXMO utilisée pour annoter les documents. Ainsi, nous proposons de compléter et de mettre à jour l'ontologie, qui est proposée dans sa version modifiée sur le github sous le nom de fichier '*vaxmo_mod.owl*'.

5. Conclusion

Ce travail a permis d'élaborer un prototype d'outil ciblant la désinformation anti-vaccin, basé sur des théories validées et des données de désinformation structurées. La poursuite de son développement est indispensable, notamment en s'appuyant sur un retour d'utilisateurs correspondant à la population cible : les jeunes de 18-25 ans, futurs parents. Il faudra veiller à évaluer l'efficacité de cet outil qui ici n'a pas été prouvée. Le design idéal, et applicable ici, serait de comparer deux groupes : l'un bénéficiant de l'outil et l'autre d'une simple information sur la désinformation, voir aucune intervention, et ensuite de comparer 1) leur capacité à identifier la désinformation dans de nouveaux messages 2) leur attitudes et intentions de vacciner leurs enfants avant-après 3) la prescription et délivrance, grâce aux données du SNDS, des vaccins obligatoires. Cette dernière partie est la plus délicate d'un point de vue réglementaire mais semble possible techniquement puisque les données de remboursement (SNIIRAM) sont présentes et accessibles dans le SNDS.

L'intervention conçue ici agissant peu sur les opportunités de changement dans le modèle COM-B, il n'est pas difficile d'imaginer de faire participer des individus, volontaires, à des campagnes de repérage de fake news, s'appuyant ensuite sur l'outil pour évaluer leur progression. Ainsi, de telles campagnes ouvertes constitueraient une opportunité sociale de changement dans la théorie COM-B.

Le nombre important de liens vers des contenus multimédias externes, en particuliers vidéo, met en exergue la nécessité de se doter d'outils permettant d'analyser, au-delà du texte, tout type de contenu de désinformation (122). La méthodologie de recueil de désinformation était basée sur des outils assez simples (annotation, et ontologie de domaine), alors qu'il serait intéressant d'automatiser certaines parties, en utilisant par exemple un *web-crawler* recueillant les publications dans différentes communautés pour une analyse secondaire, à l'instar de la méthodologie utilisée par Schmidt et al. (80), davantage basée sur des outils de recherche d'information comme cela a été fait pour produire des outils de repérage automatisés de *fake news*. Enfin, des outils encore plus récents comme les *language models* (123–125), dont certains adaptés aux textes longs (126) pourraient permettre de classer automatiquement certains messages typiques de désinformation.

Enfin, il est important de considérer que la vie d'un message de désinformation s'intègre dans un contexte de réseau (ici réseau social, mais plus globalement, le réseau d'information humain qu'est internet). L'étude de la diffusion de messages et l'identification de communautés homogènes partageant des points de vue communs sur le *web* sont des sujets largement étudiés (72,81,127–129), notamment grâce à des outils d'analyse des réseaux (*network analysis*). Sur le versant interventionnel, certains travaux ont pour objet l'étude des points les plus « sensibles » à une correction d'information. En somme, il s'agit d'identifier les communautés ou les individus à « cibler » au sein de réseau connecté pour une intervention qui engendreraient un changement de l'ensemble d'une communauté ou d'un groupe. De manière surprenante, lorsque l'information est modélisée comme un « virus » se propageant dans un réseau, les plus gros « influenceurs » ne seraient pas ceux possédant le plus de liens avec les individus au sein d'un réseau, mais ceux possédant le plus de liens « courts » et « directs » avec l'ensemble du réseau (130). Ainsi, il serait possible d'identifier les individus à « former » pour repérer de la désinformation afin de, peut-être, avoir un effet sur l'ensemble du réseau et contrer la diffusion d'une information erronée. Ces techniques avancées représentent à la fois une opportunité intéressante pour la santé publique mais un risque important en termes éthiques et humains, comme l'ont déjà illustré certaines utilisations abusives pour influencer des élections démocratiques (131–136) ou même encore générer des conflits politiques et sociaux sur internet en utilisant la discorde, notamment sur le sujet de la vaccination (137).

6. Références

1. MacDonald NE. Vaccine hesitancy: Definition, scope and determinants. *Vaccine*. 14 août 2015;33(34):4161-4.
2. Ajzen I. The theory of planned behavior. *Organ Behav Hum Decis Process*. 1 déc 1991;50(2):179-211.
3. The Health Belief Model and Preventive Health Behavior - Irwin M. Rosenstock, 1974 [Internet]. [cité 17 janv 2020]. Disponible sur: <https://journals-sagepub-com.docelec.u-bordeaux.fr/doi/abs/10.1177/109019817400200405>
4. Betsch C, Schmid P, Heinemeier D, Korn L, Holtmann C, Böhm R. Beyond confidence: Development of a measure assessing the 5C psychological antecedents of vaccination. *PLoS ONE* [Internet]. 7 déc 2018 [cité 10 sept 2020];13(12). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6285469/>
5. Ten health issues WHO will tackle this year [Internet]. [cité 17 déc 2019]. Disponible sur: <https://www.who.int/emergencies/ten-threats-to-global-health-in-2019>
6. Wellcome Global Monitor 2018 | Reports | Wellcome [Internet]. [cité 29 sept 2020]. Disponible sur: <https://wellcome.org/reports/wellcome-global-monitor/2018>
7. Lo NC, Hotez PJ. Public Health and Economic Consequences of Vaccine Hesitancy for Measles in the United States. *JAMA Pediatr*. 1 sept 2017;171(9):887-92.
8. Phadke VK, Bednarczyk RA, Salmon DA, Omer SB. Association Between Vaccine Refusal and Vaccine-Preventable Diseases in the United States: A Review of Measles and Pertussis. *JAMA*. 15 mars 2016;315(11):1149-58.
9. Vaccine hesitancy: An overview: *Human Vaccines & Immunotherapeutics*: Vol 9, No 8 [Internet]. [cité 8 janv 2020]. Disponible sur: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.4161/hv.24657>
10. Stahl JP, Salmon D, Bruneel F, Caumes E, Freymuth F, Bru JP, et al. Adult patients hospitalized for measles in France, in the 21st century. *Médecine Mal Infect*. 1 oct 2013;43(10):410-6.
11. Oostvogel PM, van der Avoort HGAM, Mulders MN, van Loon AM, Conyn-van Spaendonck MAE, Rümke HC, et al. Poliomyelitis outbreak in an unvaccinated community in the Netherlands, 1992-93. *The Lancet*. 3 sept 1994;344(8923):665-70.
12. Gangarosa E, Galazka A, Wolfe C, Phillips L, Miller E, Chen R, et al. Impact of anti-vaccine movements on pertussis control: the untold story. *The Lancet*. 31 janv 1998;351(9099):356-61.

13. Larson HJ, Figueiredo A de, Xiahong Z, Schulz WS, Verger P, Johnston IG, et al. The State of Vaccine Confidence 2016: Global Insights Through a 67-Country Survey. *EBioMedicine*. 1 oct 2016;12:295-301.
14. Décret n° 2018-42 du 25 janvier 2018 relatif à la vaccination obligatoire - Légifrance [Internet]. [cité 29 sept 2020]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000036543886/>
15. Lévy-Bruhl D, Fonteneau L, Vaux S, Barret A-S, Antona D, Bonmarin I, et al. Assessment of the impact of the extension of vaccination mandates on vaccine coverage after 1 year, France, 2019. *Eurosurveillance* [Internet]. 27 juin 2019 [cité 6 janv 2020];24(26). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6607743/>
16. DGS_Anne.M, DICOM_Jocelyne.M, DGS_Anne.M, DICOM_Jocelyne.M. Le calendrier des vaccinations [Internet]. Ministère des Solidarités et de la Santé. 2020 [cité 29 sept 2020]. Disponible sur: <https://solidarites-sante.gouv.fr/prevention-en-sante/preserver-sa-sante/vaccination/calendrier-vaccinal>
17. INFANRIX HEXA vaccin hexavalent contre diphtérie, tétanos, coqueluche, hépatite B, poliomyélite, infections à H. influenzae type b [Internet]. Haute Autorité de Santé. [cité 29 sept 2020]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/c_1622351/fr/infanrix-hexa-vaccin-hexavalent-contre-diphtherie-tetanos-coqueluche-hepatite-b-poliomyelite-infections-a-h-influenzae-type-b
18. Dubé E, Gagnon D, MacDonald NE. Strategies intended to address vaccine hesitancy: Review of published reviews. *Vaccine*. 14 août 2015;33(34):4191-203.
19. Fokoun C. Strategies implemented to address vaccine hesitancy in France: A review article. *Hum Vaccines Immunother*. 14 juin 2018;14(7):1580-90.
20. Lévy-Bruhl D. La vaccination des enfants en France : enjeux et défis actuels. *Rev Prat*. 2016;66:6.
21. Les Français et la vaccination : pourquoi tant d'h... - MesVaccins.net [Internet]. [cité 8 janv 2020]. Disponible sur: <https://www.mesvaccins.net/web/news/9598-les-francais-et-la-vaccination-pourquoi-tant-d-hesitation>
22. Balinska MA. Hepatitis B vaccination and French Society ten years after the suspension of the vaccination campaign: how should we raise infant immunization coverage rates? *J Clin Virol Off Publ Pan Am Soc Clin Virol*. nov 2009;46(3):202-5.
23. Peretti-Watel P, Verger P, Raude J, Constant A, Gautier A, Jestin C, et al. Dramatic change in public attitudes towards vaccination during the 2009 influenza A(H1N1) pandemic in France. *Eurosurveillance*. 31 oct 2013;18(44):20623.

24. Sécurité du vaccin contre la méningite C Meningite... - MesVaccins.net [Internet]. [cité 8 janv 2020]. Disponible sur: <https://www.mesvaccins.net/web/news/9262-securite-du-vaccin-contre-la-meningite-c-meningite-c-etait-une-fausse-alerte>
25. Martinez L, Tugaut B, Raineri F, Arnould B, Seyler D, Arnould P, et al. L'engagement des médecins généralistes français dans la vaccination : l'étude DIVA (Déterminants des Intentions de Vaccination). *Sante Publique (Bucur)*. 22 avr 2016;Vol. 28(1):19-32.
26. Mathieu P, Gautier A, Raude J, Goronflot T, Launay T, Debin M, et al. Population perception of mandatory childhood vaccination programme before its implementation, France, 2017. *Eurosurveillance* [Internet]. 20 juin 2019 [cité 17 déc 2019];24(25). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6593904/>
27. Hurel MS. Rapport sur la politique vaccinale. :122.
28. Ward JK, Peretti-Watel P, Larson HJ, Raude J, Verger P. Vaccine-criticism on the internet: New insights based on French-speaking websites. *Vaccine*. 18 févr 2015;33(8):1063-70.
29. Larson HJ, Smith DM, Paterson P, Cumming M, Eckersberger E, Freifeld CC, et al. Measuring vaccine confidence: analysis of data obtained by a media surveillance system used to analyse public concerns about vaccines. *Lancet Infect Dis*. 1 juill 2013;13(7):606-13.
30. Hawe P, Potvin L. What Is Population Health Intervention Research? *Can J Public Health*. janv 2009;100(1):18-14.
31. Kristén L, Ivarsson A, Parker J, Ziegert K. Future challenges for intervention research in health and lifestyle research—A systematic meta-literature review. *Int J Qual Stud Health Well-Being* [Internet]. 14 août 2015 [cité 17 déc 2019];10. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4539386/>
32. Sheeran P, Klein WMP, Rothman AJ. Health Behavior Change: Moving from Observation to Intervention. *Annu Rev Psychol*. 3 janv 2017;68(1):573-600.
33. Michie S, van Stralen MM, West R. The behaviour change wheel: A new method for characterising and designing behaviour change interventions. *Implement Sci IS*. 23 avr 2011;6:42.
34. Kok G, Gottlieb NH, Peters G-JY, Mullen PD, Parcel GS, Ruitter RAC, et al. A taxonomy of behaviour change methods: an Intervention Mapping approach. *Health Psychol Rev*. 2 juill 2016;10(3):297-312.
35. Michie S, Richardson M, Johnston M, Abraham C, Francis J, Hardeman W, et al. The Behavior Change Technique Taxonomy (v1) of 93 Hierarchically Clustered Techniques: Building an International Consensus for the Reporting of Behavior Change Interventions. *Ann Behav Med*. août 2013;46(1):81-95.
36. OCDE, Statistiques Canada. La littératie à l'ère de l'information: Rapport final de l'Enquête internationale sur la littératie des adultes [Internet]. OECD; 2000 [cité 7 sept 2020].

Disponible sur: https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/la-litteratie-a-l-ere-de-l-information_9789264281769-fr

37. Sørensen K, Van den Broucke S, Fullam J, Doyle G, Pelikan J, Slonska Z, et al. Health literacy and public health: A systematic review and integration of definitions and models. *BMC Public Health*. 25 janv 2012;12(1):80.

38. McGuire WJ, Papageorgis D. Effectiveness of Forewarning in Developing Resistance to Persuasion. *Public Opin Q*. 1962;26(1):24.

39. McGuire WJ. Some Contemporary Approaches¹¹The research by the author which is reported in this chapter was greatly facilitated by two successive grants from the National Science Foundation, Division of Social Sciences. He wishes to acknowledge the aid itself and the enlightened manner in which it was administered by the Foundation. In: Berkowitz L, éditeur. *Advances in Experimental Social Psychology* [Internet]. Academic Press; 1964 [cité 30 juill 2020]. p. 191-229. Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065260108600520>

40. Compton J. Inoculation Theory. In: *The SAGE Handbook of Persuasion: Developments in Theory and Practice* [Internet]. 2455 Teller Road, Thousand Oaks California 91320 United States: SAGE Publications, Inc.; 2012 [cité 16 déc 2019]. p. 220-36. Disponible sur: http://sk.sagepub.com/reference/hdbk_persuasion2ed/n14.xml

41. Compton J, Jackson B, Dimmock JA. Persuading Others to Avoid Persuasion: Inoculation Theory and Resistant Health Attitudes. *Front Psychol* [Internet]. 9 févr 2016 [cité 11 déc 2019];7. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4746429/>

42. Compton J. Prophylactic Versus Therapeutic Inoculation Treatments for Resistance to Influence. *Commun Theory* [Internet]. 20 avr 2019 [cité 3 août 2020]; Disponible sur: <https://academic.oup.com/ct/advance-article/doi/10.1093/ct/qtz004/5475562>

43. Banas JA, Rains SA. A Meta-Analysis of Research on Inoculation Theory. *Commun Monogr*. sept 2010;77(3):281-311.

44. Roozenbeek J, van der Linden S. The fake news game: actively inoculating against the risk of misinformation. *J Risk Res*. 4 mai 2019;22(5):570-80.

45. Linden S van der, Leiserowitz A, Rosenthal S, Maibach E. Inoculating the Public against Misinformation about Climate Change. *Glob Chall*. 2017;1(2):1600008.

46. Linden S van der, Maibach E, Cook J, Leiserowitz A, Lewandowsky S. Inoculating against misinformation. *Science*. 1 déc 2017;358(6367):1141-2.

47. Wong NCH, Harrison KJ. Nuances in Inoculation: Protecting Positive Attitudes toward the HPV Vaccine & the Practice of Vaccinating Children. *Womens Health Issues Care* [Internet]. 29 oct 2015 [cité 11 déc 2019];2014. Disponible sur: <https://www.scitechnol.com/nuances-inoculation->

protecting-positive-attitudes-toward-hpv-vaccine-practice-vaccinating-children-ecGk.php?article_id=2390

48. Compton JA, Pfau M. Inoculation Theory of Resistance to Influence at Maturity: Recent Progress In Theory Development and Application and Suggestions for Future Research. *Ann Int Commun Assoc.* janv 2005;29(1):97-146.

49. Bloom BR, Marcuse E, Mnookin S. Addressing Vaccine Hesitancy. *Science.* 25 avr 2014;344(6182):339-339.

50. Finnegan G, Holt D, English PM, Glismann S, Thomson A, Salisbury DM, et al. Lessons from an online vaccine communication project. *Vaccine.* 22 oct 2018;36(44):6509-11.

51. Nyhan B, Reifler J, Richey S, Freed GL. Effective Messages in Vaccine Promotion: A Randomized Trial. *Pediatrics [Internet].* 1 févr 2014 [cité 3 mars 2020]; Disponible sur: <https://pediatrics.aappublications.org/content/early/2014/02/25/peds.2013-2365>

52. Planning Health Promotion Programs: An Intervention Mapping Approach, 4th Edition | Wiley [Internet]. Wiley.com. [cité 29 sept 2020]. Disponible sur: <https://www.wiley.com/en-us/Planning+Health+Promotion+Programs%3A+An+Intervention+Mapping+Approach%2C+4th+Edition-p-9781119035497>

53. Ajzen I. Perceived Behavioral Control, Self-Efficacy, Locus of Control, and the Theory of Planned Behavior¹. *J Appl Soc Psychol.* 2002;32(4):665-83.

54. Klerings I, Weinhandl AS, Thaler KJ. Information overload in healthcare: too much of a good thing? *Z Für Evidenz Fortbild Qual Im Gesundheitswesen.* 1 janv 2015;109(4):285-90.

55. Lee K, Roehrer E, Cummings E. Information overload in consumers of health-related information: a scoping review protocol. *Jbi Database Syst Rev Implement Rep.* oct 2017;15(10):2457-63.

56. Roetzel PG. Information overload in the information age: a review of the literature from business administration, business psychology, and related disciplines with a bibliometric approach and framework development. *Bus Res.* déc 2019;12(2):479-522.

57. Santé, science, doit-on tout gober? [Internet]. Belin Editeur. 2017 [cité 10 janv 2020]. Disponible sur: <https://www.belin-editeur.com/sante-science-doit-tout-gober>

58. Moreau E. François Heinderyckx, La Malinformation. Paris, éditions Labor, 2002. *Études Commun Lang Inf Médiations.* 1 déc 2003;(26):182-3.

59. Zhou L, Zhang D. An Ontology-Supported Misinformation Model: Toward a Digital Misinformation Library. *IEEE Trans Syst Man Cybern - Part Syst Hum.* sept 2007;37(5):804-13.

60. Gruber TR. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing? *Int J Hum-Comput Stud.* 1 nov 1995;43(5):907-28.

61. Faye DC, Curé O, Blin G. A survey of RDF storage approaches. :26.
62. Maynard D. Benchmarking ontology-based annotation tools for the Semantic Web. :9.
63. Amith M, Tao C. Representing vaccine misinformation using ontologies. *J Biomed Semant* [Internet]. 31 août 2018 [cité 10 janv 2020];9. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6119244/>
64. Kata A. A postmodern Pandora's box: Anti-vaccination misinformation on the Internet. *Vaccine*. 17 févr 2010;28(7):1709-16.
65. Dubé E, Bettinger JA, Halperin B, Bradet R, Lavoie F, Sauvageau C, et al. Determinants of parents' decision to vaccinate their children against rotavirus: results of a longitudinal study. *Health Educ Res*. 1 déc 2012;27(6):1069-80.
66. Gualano MR, Bert F, Voglino G, Buttinelli E, D'Errico MM, De Waure C, et al. Attitudes towards compulsory vaccination in Italy: Results from the NAVIDAD multicentre study. *Vaccine*. 31 mai 2018;36(23):3368-74.
67. Aquino F, Donzelli G, De Franco E, Privitera G, Lopalco PL, Carducci A. The web and public confidence in MMR vaccination in Italy. *Vaccine*. 16 août 2017;35(35, Part B):4494-8.
68. Stahl J-P, Cohen R, Denis F, Gaudelus J, Martinot A, Lery T, et al. The impact of the web and social networks on vaccination. New challenges and opportunities offered to fight against vaccine hesitancy. *Médecine Mal Infect*. 1 mai 2016;46(3):117-22.
69. Wang Y, McKee M, Torbica A, Stuckler D. Systematic Literature Review on the Spread of Health-related Misinformation on Social Media. *Soc Sci Med*. 1 nov 2019;240:112552.
70. Meszaros JR, Asch DA, Baron J, Hershey JC, Kunreuther H, Schwartz-Buzaglo J. Cognitive processes and the decisions of some parents to forego pertussis vaccination for their children. *J Clin Epidemiol*. 1 juin 1996;49(6):697-703.
71. Blume S. Anti-vaccination movements and their interpretations. *Soc Sci Med*. 1 févr 2006;62(3):628-42.
72. Kang GJ, Ewing-Nelson SR, Mackey L, Schlitt JT, Marathe A, Abbas KM, et al. Semantic Network Analysis of Vaccine Sentiment in Online Social Media. *Vaccine*. 22 juin 2017;35(29):3621-38.
73. Jang SM, Mckeever BW, Mckeever R, Kim JK. From Social Media to Mainstream News: The Information Flow of the Vaccine-Autism Controversy in the US, Canada, and the UK. *Health Commun*. 2 janv 2019;34(1):110-7.
74. Facebook. In: Wikipédia [Internet]. 2020 [cité 9 avr 2020]. Disponible sur: <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Facebook&oldid=168970230>

75. Nombre d'utilisateurs de Facebook en France [Internet]. [cité 8 avr 2020]. Disponible sur: <https://www.journaldunet.com/ebusiness/le-net/1125276-les-utilisateurs-de-facebook-en-france/>
76. Sensio E. Audience Internet Global en France en juin 2020 - Médiamétrie [Internet]. [cité 30 sept 2020]. Disponible sur: <http://www.mediametrie.fr/fr/audience-internet-global-en-france-en-juin-2020>
77. The Data That Turned the World Upside Down [Internet]. [cité 30 sept 2020]. Disponible sur: <https://www.vice.com/en/article/mg9vvn/how-our-likes-helped-trump-win>
78. Pezet J. Est-il vrai que Facebook a décidé de ne rien faire contre les «fake news» des responsables politiques ? [Internet]. Libération.fr. 2019 [cité 8 avr 2020]. Disponible sur: https://www.liberation.fr/checknews/2019/10/15/est-il-vrai-que-facebook-a-decide-de-ne-rien-faire-contre-les-fake-news-des-responsables-politiques_1757517
79. Working to Stop Misinformation and False News [Internet]. Working to Stop Misinformation and False News | Facebook Media. [cité 14 sept 2020]. Disponible sur: <https://www.facebook.com/facebookmedia/blog/working-to-stop-misinformation-and-false-news>
80. Schmidt AL, Zollo F, Scala A, Betsch C, Quattrocioni W. Polarization of the vaccination debate on Facebook. *Vaccine*. 14 juin 2018;36(25):3606-12.
81. Lancet T. The truth is out there, somewhere. *The Lancet*. 1 août 2020;396(10247):291.
82. Première conférence de l'OMS sur l'infodémiologie [Internet]. [cité 11 sept 2020]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/events/detail/2020/06/30/default-calendar/1st-who-infodemiology-conference>
83. Web of deception: misinformation on the internet: edited by Anne P. Mintz. Medford, NJ: Information Today, 2002. 275p. \$24.95 (paperbound). ISBN 0-910965-60-9. *J Acad Librariansh*. 1 nov 2002;28(6):435.
84. DePaulo BM, Lindsay JJ, Malone BE, Muhlenbruck L, Charlton K, Cooper H. Cues to deception. *Psychol Bull*. 2003;129(1):74-118.
85. Grazioli S, Jarvenpaa SL. Perils of Internet fraud: an empirical investigation of deception and trust with experienced Internet consumers. *IEEE Trans Syst Man Cybern - Part Syst Hum*. juill 2000;30(4):395-410.
86. E-santé [Internet]. Haute Autorité de Santé. [cité 30 sept 2020]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/c_2056029/en/e-sante
87. Webb T, Joseph J, Yardley L, Michie S. Using the Internet to Promote Health Behavior Change: A Systematic Review and Meta-analysis of the Impact of Theoretical Basis, Use of Behavior Change Techniques, and Mode of Delivery on Efficacy. *J Med Internet Res*. 2010;12(1):e4.

88. Oosterveen E, Tzelepis F, Ashton L, Hutchesson MJ. A systematic review of eHealth behavioral interventions targeting smoking, nutrition, alcohol, physical activity and/or obesity for young adults. *Prev Med.* 1 juin 2017;99:197-206.
89. Johnson D, Deterding S, Kuhn K-A, Staneva A, Stoyanov S, Hides L. Gamification for health and wellbeing: A systematic review of the literature. *Internet Interv.* 1 nov 2016;6:89-106.
90. Groh F. Gamification : State of the Art Definition and Utilization. In 2012.
91. Sardi L, Idri A, Fernández-Alemán JL. A systematic review of gamification in e-Health. *J Biomed Inform.* 1 juill 2017;71:31-48.
92. Lister C, West JH, Cannon B, Sax T, Brodegard D. Just a Fad? Gamification in Health and Fitness Apps. *JMIR Serious Games.* 2014;2(2):e9.
93. Montagni I, Tzourio C, Cousin T, Sagara JA, Bada-Alonzi J, Horgan A. Mental Health-Related Digital Use by University Students: A Systematic Review. *Telemed E-Health [Internet].* 19 mars 2019 [cité 5 déc 2019]; Disponible sur: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/tmj.2018.0316>
94. Ohannessian R, Yaghobian S, Verger P, Vanhems P. A systematic review of serious video games used for vaccination. *Vaccine.* 31 août 2016;34(38):4478-83.
95. Montagni I, Mabchour I, Tzourio C. Digital Gamification to Enhance Vaccine Knowledge and Uptake: Scoping Review. *JMIR Serious Games.* 18 mai 2020;8(2):e16983.
96. Giese H, Neth H, Moussaïd M, Betsch C, Gaissmaier W. The echo in flu-vaccination echo chambers: Selective attention trumps social influence. *Vaccine [Internet].* 18 déc 2019 [cité 7 janv 2020]; Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264410X19315634>
97. Nyhan B, Reifler J. Does correcting myths about the flu vaccine work? An experimental evaluation of the effects of corrective information. *Vaccine.* 9 janv 2015;33(3):459-64.
98. Fu LY, Bonhomme L-A, Cooper SC, Joseph JG, Zimet GD. Educational interventions to increase HPV vaccination acceptance: A systematic review. *Vaccine.* 7 avr 2014;32(17):1901-20.
99. Bode L, Vraga EK. In Related News, That was Wrong: The Correction of Misinformation Through Related Stories Functionality in Social Media. *J Commun.* 1 août 2015;65(4):619-38.
100. Sethi RJ. Crowdsourcing the Verification of Fake News and Alternative Facts. In: *Proceedings of the 28th ACM Conference on Hypertext and Social Media [Internet].* New York, NY, USA: Association for Computing Machinery; 2017 [cité 30 sept 2020]. p. 315–316. (HT '17). Disponible sur: <https://doi.org/10.1145/3078714.3078746>
101. Tschitschek S, Singla A, Rodriguez MG, Merchant A, Krause A. Fake News Detection in Social Networks via Crowd Signals. *ArXiv171109025 Cs [Internet].* 24 nov 2017 [cité 12 août 2019]; Disponible sur: <http://arxiv.org/abs/1711.09025>

102. Tacchini E, Ballarin G, Della Vedova ML, Moret S, de Alfaro L. Some Like it Hoax: Automated Fake News Detection in Social Networks. ArXiv170407506 Cs [Internet]. 24 avr 2017 [cité 12 août 2019]; Disponible sur: <http://arxiv.org/abs/1704.07506>
103. Vosoughi S, Mohsenvand M 'Neo', Roy D. Rumor Gauge: Predicting the Veracity of Rumors on Twitter. ACM Trans Knowl Discov Data. 14 juill 2017;11(4):50:1–50:36.
104. Wang WY. « Liar, Liar Pants on Fire »: A New Benchmark Dataset for Fake News Detection. ArXiv170500648 Cs [Internet]. 1 mai 2017 [cité 12 août 2019]; Disponible sur: <http://arxiv.org/abs/1705.00648>
105. Ruchansky N, Seo S, Liu Y. CSI: A Hybrid Deep Model for Fake News Detection. Proc 2017 ACM Conf Inf Knowl Manag - CIKM 17. 2017;797-806.
106. House of Lords - Growing up with the internet - Select Committee on Communications [Internet]. [cité 7 sept 2020]. Disponible sur: https://publications.parliament.uk/pa/ld201617/ldselect/ldcomuni/130/13007.htm#_idTextAnchor031
107. Lewandowsky S, Ecker UKH, Seifert CM, Schwarz N, Cook J. Misinformation and Its Correction: Continued Influence and Successful Debiasing. Psychol Sci Public Interest [Internet]. 17 sept 2012 [cité 7 sept 2020]; Disponible sur: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1529100612451018>
108. Vosoughi S, Roy D, Aral S. The spread of true and false news online. Science. 9 mars 2018;359(6380):1146-51.
109. Bessi A, Coletto M, Davidescu GA, Scala A, Caldarelli G, Quattrociocchi W. Science vs Conspiracy: Collective Narratives in the Age of Misinformation. Amblard F, éditeur. PLOS ONE. 23 févr 2015;10(2):e0118093.
110. Chan MS, Jones CR, Jamieson KH, Albarracín D. Debunking: A Meta-Analysis of the Psychological Efficacy of Messages Countering Misinformation: Psychol Sci [Internet]. 12 sept 2017 [cité 7 sept 2020]; Disponible sur: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0956797617714579>
111. Miller CH, Ivanov B, Sims J, Compton J, Harrison KJ, Parker KA, et al. Boosting the Potency of Resistance: Combining the Motivational Forces of Inoculation and Psychological Reactance. Hum Commun Res. 2013;39(1):127-55.
112. An C. Efficacy of inoculation strategies in promoting resistance to political attack messages: Source credibility perspective. [Internet] [Thesis]. 2003 [cité 6 août 2020]. Disponible sur: <https://shareok.org/handle/11244/555>
113. ink - inkle's narrative scripting language [Internet]. [cité 1 sept 2020]. Disponible sur: <https://www.inklestudios.com/ink/>
114. inkle/ink [Internet]. GitHub. [cité 1 sept 2020]. Disponible sur: <https://github.com/inkle/ink>

115. Rabault H. La réalité comme artefact : le constructivisme sociologique de Niklas Luhmann. *Droit Soc.* 22 avr 2015;n° 89(1):207-18.
116. von Glasersfeld E. *Radical Constructivism: A Way of Knowing and Learning*. Studies in Mathematics Education Series: 6 [Internet]. Falmer Press, Taylor & Francis Inc; 1995 [cité 1 oct 2020]. Disponible sur: <https://eric.ed.gov/?id=ED381352>
117. Jonnaert P, Masciotra D. *Constructivisme : choix contemporains: Hommage à Ernst von Glasersfeld*. PUQ; 2004. 338 p.
118. Crawford Shearer NB. Health Empowerment Theory as a Guide for Practice. *Geriatr Nurs N Y N.* 2009;30(2 Suppl):4-10.
119. Joseph R. The theory of empowerment: A critical analysis with the theory evaluation scale. *J Hum Behav Soc Environ.* 17 févr 2020;30(2):138-57.
120. Santé publique : pour l'empowerment plutôt que l'infantilisation [Internet]. AOC media - Analyse Opinion Critique. 2020 [cité 29 sept 2020]. Disponible sur: <https://aoc.media/opinion/2020/07/07/sante-publique-pour-lempowerment-plutot-que-linfantilisation/>
121. Bannink R, Broeren S, Joosten-van Zwanenburg E, van As E, van de Looij-Jansen P, Raat H. Effectiveness of a Web-based tailored intervention (E-health4Uth) and consultation to promote adolescents' health: randomized controlled trial. *J Med Internet Res.* 30 mai 2014;16(5):e143.
122. Donzelli G, Palomba G, Federigi I, Aquino F, Cioni L, Verani M, et al. Misinformation on vaccination: A quantitative analysis of YouTube videos. *Hum Vaccines Immunother.* 10 mai 2018;14(7):1654-9.
123. Devlin J, Chang M-W, Lee K, Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *ArXiv181004805 Cs* [Internet]. 24 mai 2019 [cité 1 oct 2020]; Disponible sur: <http://arxiv.org/abs/1810.04805>
124. Martin L, Muller B, Suárez PJO, Dupont Y, Romary L, de la Clergerie ÉV, et al. CamemBERT: a Tasty French Language Model. *Proc 58th Annu Meet Assoc Comput Linguist.* 2020;7203-19.
125. Brown TB, Mann B, Ryder N, Subbiah M, Kaplan J, Dhariwal P, et al. Language Models are Few-Shot Learners. *ArXiv200514165 Cs* [Internet]. 22 juill 2020 [cité 1 oct 2020]; Disponible sur: <http://arxiv.org/abs/2005.14165>
126. Zaheer M, Guruganesh G, Dubey A, Ainslie J, Alberti C, Ontanon S, et al. Big Bird: Transformers for Longer Sequences. *ArXiv200714062 Cs Stat* [Internet]. 28 juill 2020 [cité 28 sept 2020]; Disponible sur: <http://arxiv.org/abs/2007.14062>
127. Gunaratne K, Coomes EA, Haghbayan H. Temporal trends in anti-vaccine discourse on Twitter. *Vaccine.* 14 août 2019;37(35):4867-71.

128. Jin F, Wang W, Zhao L, Dougherty E, Cao Y, Lu C-T, et al. Misinformation Propagation in the Age of Twitter. *Computer*. déc 2014;47(12):90-4.
129. Johnson NF, Velásquez N, Restrepo NJ, Leahy R, Gabriel N, El Oud S, et al. The online competition between pro- and anti-vaccination views. *Nature* [Internet]. 13 mai 2020 [cité 10 juin 2020]; Disponible sur: <http://www.nature.com/articles/s41586-020-2281-1>
130. Wang J, Wang W, Wang C. Modeling and Analysis of Conflicting Information Propagation in a Finite Time Horizon. *IEEEACM Trans Netw*. 2020;1-14.
131. Gibney E. The scant science behind Cambridge Analytica's controversial marketing techniques. *Nature* [Internet]. 29 mars 2018 [cité 13 sept 2019]; Disponible sur: <http://www.nature.com/articles/d41586-018-03880-4>
132. Laterza V. Cambridge Analytica, independent research and the national interest. *Anthropol Today*. 2018;34(3):1-2.
133. Isaak J, Hanna MJ. User Data Privacy: Facebook, Cambridge Analytica, and Privacy Protection. *Computer*. août 2018;51(8):56-9.
134. Wade M. Psychographics: the behavioural analysis that helped Cambridge Analytica know voters' minds [Internet]. *The Conversation*. [cité 13 sept 2019]. Disponible sur: <http://theconversation.com/psychographics-the-behavioural-analysis-that-helped-cambridge-analytica-know-voters-minds-93675>
135. How Cambridge Analytica's Facebook targeting model really worked [Internet]. *The Independent*. 2018 [cité 13 sept 2019]. Disponible sur: <https://www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/how-cambridge-analytica-s-facebook-targeting-model-really-worked-according-to-the-person-who-built-a8289901.html>
136. The Science Behind Cambridge Analytica: Does Psychological Profiling Work? [Internet]. *Stanford Graduate School of Business*. [cité 13 sept 2019]. Disponible sur: <https://www.gsb.stanford.edu/insights/science-behind-cambridge-analytica-does-psychological-profiling-work>
137. Walter D, Ophir Y, Jamieson KH. Russian Twitter Accounts and the Partisan Polarization of Vaccine Discourse, 2015–2017. *Am J Public Health*. 19 mars 2020;110(5):718-24.

Titre : Conception d'un outil web gamifié de lutte contre la désinformation anti-vaccin.

Résumé :

La réticence à la vaccination (ou hésitation vaccinale ou « *vaccination hesitancy* » en anglais) est définie comme un « retard dans l'acceptation des vaccins ou le refus de ceux-ci malgré la disponibilité de services de vaccination ». L'OMS a placé l'hésitation vaccinale comme l'une des 10 plus grandes menaces pour la santé en 2019, puisqu'elle est associée à une baisse de la couverture vaccinale et à la résurgence de pathologies prévenues par la vaccination, comme la rougeole, la poliomyélite, ou la coqueluche. En France, le scepticisme atteint des niveaux exceptionnels, même au regard de ses voisins Européens. Internet, les réseaux sociaux, le traitement du sujet par les médias et la désinformation générée par ces supports joue un rôle non négligeable dans la réticence vaccinale. Plusieurs modalités d'intervention ont été évaluées pour répondre au phénomène de réticence vaccinale, mais ils ne sont que partiellement réduits par une simple communication sur les connaissances. Nous proposons ici une nouvelle approche avec la conception d'un outil en ligne simple basé sur des théories éprouvées et des données réelles de désinformation, ciblant la capacité de l'individu à discerner la désinformation plutôt que la correction de ses connaissances ou représentations sur les vaccins. Après recueil et analyse de messages de désinformation présents sur le réseau social Facebook, nous avons conçu un outil fonctionnel à l'état de prototype qui doit désormais poursuivre son développement avec des utilisateurs réels.

Mots clés : Désinformation, Hésitation vaccinale, Littératie en santé, Théorie de l'inoculation, Réseaux sociaux, Intervention, Promotion de la santé