

Dale Whittington

Professeur, Department of Environmental Sciences & Engineering, Department of City & Regional Planning
University of North Carolina at Chapel Hill

Mark Radin

University of North Carolina at Chapel Hill

Marc Jeuland

Sanford School of Public Policy, Duke University

Dr. Alain Perodin

Docteur

Reviseur externe/ expert du secteur WASH

Analyse des coûts et des avantages

Coûts économiques et avantages de la vaccination contre le choléra options d'intervention pour Haïti rural



Design by Etelka Propper - identity@gmail.com



Coûts économiques et avantages de la vaccination contre le choléra options d'intervention pour Haïti rural

Haïti Priorise

Dale Whittington

Professeur

*Department of Environmental Sciences & Engineering, Department of City & Regional Planning
University of North Carolina at Chapel Hill*

Mark Radin

University of North Carolina at Chapel Hill

Marc Jeuland

Sanford School of Public Policy, Duke University

Version préliminaire de travail en date du 26 Avril, 2017.

Traduit de l'anglais par Matthieu Graux, traducteur professionnel

© 2017 Copenhagen Consensus Center

info@copenhagenconsensus.com

www.copenhagenconsensus.com

Cet ouvrage a été produit dans le cadre du projet Haïti Priorise.

Ce projet est entrepris avec le soutien financier du gouvernement du Canada. Les opinions et interprétations contenues dans cette publication sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles du gouvernement du Canada.

Canada

Certains droits réservés



Cet ouvrage est disponible sous la licence internationale Creative Commons Attribution 4.0 ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)). Selon les termes de la licence Creative Commons Attribution, vous êtes libre de copier, distribuer, transmettre et adapter ce travail, y compris à des fins commerciales, dans les conditions suivantes :

Attribution

Veillez citer l'ouvrage comme suit : #NOM DE L'AUTEUR#, #TITRE DU RAPPORT#, Haïti Priorise, Copenhagen Consensus Center, 2017. Licence : Creative Commons Attribution CC BY 4.0.

Contenu d'un tiers

Copenhagen Consensus Center ne possède pas nécessairement chaque élément du contenu figurant dans l'ouvrage. Si vous souhaitez réutiliser un élément de l'ouvrage, il est de votre responsabilité de déterminer si l'autorisation est nécessaire pour cette réutilisation et d'obtenir l'autorisation du détenteur des droits d'auteur. Par exemple les tableaux, les illustrations ou les images font partie de ces éléments mais ne s'y limitent pas.

Résumé théorique

Cet article, rédigé pour Haïti Priorise, présente une comparaison coût-avantage de quatre interventions de vaccination contre le choléra en Haïti rural. Les quatre variations de vaccination sont : 1) une campagne de vaccination de masse à deux doses du vaccin ; 2) une campagne de vaccination de masse à une dose du vaccin ; 3) une campagne de vaccination scolaire à deux doses du vaccin pour les enfants seulement ; et 4) une campagne de vaccination scolaire à une dose de vaccin pour ces mêmes enfants.

Nous avons adapté un modèle qui avait déjà été appliqué pour évaluer les interventions de vaccination contre le choléra dans d'autres contextes, en incorporant une mesure d'évaluation de la santé différente, ainsi que de nouvelles données. Plus précisément, cette analyse de quatre interventions de vaccination contre le choléra dans les régions rurales d'Haïti évalue les avantages pour la santé en utilisant la notion de valeur d'une Année de Vie Corrigée de l'Incapacité (AVCI) pour la mortalité et la morbidité. Notre précédent modèle de coûts et avantages des interventions contre le choléra utilisait la valeur d'une vie statistique (VVS) pour estimer la valeur économique des réductions de risque de mortalité et la méthode du coût de la maladie pour mesurer la valeur économique des réductions de risque de morbidité (Jeuland et Whittington 2009). En effectuant l'analyse pour Haïti, nous avons également actualisé le modèle avec les données disponibles sur l'incidence du choléra et les taux de mortalité par cas de choléra dans les zones rurales d'Haïti et d'autres données provenant de recherches récemment publiées.

Nous avons effectué une analyse de sensibilité sur les résultats coût-avantage en ajustant le taux d'actualisation et la valeur supposée d'une AVCI évitée. Nos résultats montrent qu'il existe de bonnes raisons économiques pour investir dans des campagnes de vaccination contre le choléra. Nous avons également effectué une analyse simple de sensibilité pour identifier les paramètres ayant le plus grand impact sur les quatre interventions. Les avantages nets des quatre interventions sont plus sensibles, par ordre de sensibilité, à la valeur économique supposée d'une AVCI évitée, au taux de létalité du choléra et au taux d'actualisation.

Nous avons également effectué des simulations de Monte Carlo permettant à tous les paramètres du modèle de fluctuer selon des répartitions uniformes entre les valeurs faibles et hautes présumées. Les résultats de ces simulations montrent que l'intervention de vaccination scolaire à une dose a la répartition des avantages nets la moins large. Dans des conditions locales particulières, chacune des quatre interventions pourrait ne pas générer d'avantages nets positifs, et les décideurs devraient étudier la pertinence de chaque intervention avec attention, compte tenu des réalités locales.

Nous croyons que les citoyens d'Haïti ont un droit moral aux mesures correctives prises par les Nations Unies, car ce sont les soldats de la paix des Nations Unies qui ont introduit en premier lieu le choléra dans le pays. La stratégie la plus efficace pour lutter contre le choléra est considérée comme une combinaison de campagnes de vaccination et d'interventions pour l'eau et l'assainissement. Cependant, notre analyse n'a pas estimé les coûts et les avantages d'une combinaison des interventions pour l'eau, l'assainissement et de vaccination.

Résumé de la politique

Aperçu

Le choléra est apparu comme une menace pour la santé publique en Haïti pour la première fois en 2010, à la suite d'un tremblement de terre massif, et s'est propagé rapidement dans tout le pays. Depuis lors, des centaines de milliers de personnes ont été infectées et près de 10 000 personnes sont mortes de la maladie. Selon l'*Atlas de l'épidémie de choléra à Hispaniola, 2010-2016*, de l'Organisation panaméricaine de la santé (OPS), Haïti a connu 34 838 nouveaux cas de choléra et 374 décès dus au choléra entre janvier et octobre 2016. La situation a suscité diverses interventions pour lutter contre l'épidémie de choléra, dont une série d'efforts de vaccination. Le choléra reste toutefois un fardeau pour les Haïtiens. Les interventions de vaccination décrites dans cet article s'appuieraient sur les initiatives de vaccination précédentes, y compris un rappel pour les personnes vivant dans les zones rurales qui ont déjà été vaccinées.

Considérations sur la mise en œuvre

Nous estimons les coûts d'une campagne de vaccination contre le choléra en nous basant sur les coûts financiers de la production, du transport et de l'administration du vaccin, ainsi que sur les coûts programmatiques liés. Les personnes vaccinées encourent également des coûts en temps et en argent pour se rendre au centre de vaccination, éventuellement faire la queue pour le vaccin, et le temps nécessaire au protocole de vaccination. Nous incluons également ces coûts. Cette analyse utilise un coût marginal constant par dose, une approche commune dans la documentation coût-efficacité car les données sur les coûts sont limitées (Mogasale et al. 2016). Nous supposons que le coût marginal constant par dose comprend à la fois le prix d'achat et le coût de livraison (Jeuland et al. 2009). En d'autres termes, nous supposons que les coûts des interventions de vaccination étudiées présentent des rendements d'échelle constants, ce qui signifie que le coût financier total d'une intervention de vaccination augmente (diminue) à proportion constante de l'augmentation (diminution) de la couverture de l'intervention. Par exemple, le coût financier total d'une intervention de vaccination qui atteindrait 100 % de la population cible serait le double du coût financier d'une intervention de vaccination qui

atteindrait 50 % de la population cible. En outre, nous supposons que le coût de la livraison d'une deuxième dose de vaccin est le même que le coût de la première dose dans les interventions de vaccination de masse et dans les interventions de vaccination scolaire. Nous reconnaissons que le coût marginal de *production* du vaccin oral contre le choléra présentera des rendements d'échelle croissants, mais les données sur les coûts disponibles et les contraintes de l'approvisionnement mondial nous empêchent de faire des hypothèses plus fines sur le prix d'achat du vaccin oral contre le choléra pour le gouvernement haïtien ou pour les donateurs internationaux.

Des programmes de vaccination contre le choléra ont eu lieu régulièrement en Haïti depuis 2012. Ces campagnes peuvent continuer grâce au soutien des donateurs internationaux, des ONG locales et internationales et du gouvernement haïtien. En 2012, deux ONG ont mené la première campagne de vaccination contre le choléra en Haïti, qui a touché près de 100 000 personnes. En 2013, le gouvernement haïtien a mené sa propre campagne de vaccination dans le cadre de sa stratégie d'élimination du choléra. Cette campagne a également touché plus de 100 000 personnes. Plus récemment, l'OMS/OPS, l'UNICEF, GAVI, the Vaccine Alliance et d'autres partenaires ont soutenu une campagne qui a touché plus de 700 000 personnes. En 2017, plus d'un million d'Haïtiens ont été vaccinés contre le choléra. Cependant, les vaccins oraux contre le choléra utilisés en Haïti ne fournissent qu'une protection de courte durée contre le choléra (environ 3 ans), ce qui rend la poursuite de la vaccination importante tant que la maladie persiste en Haïti.

En plus de la preuve de l'efficacité apportée par les essais internationaux sur les vaccins, un certain nombre d'études ont suggéré que les campagnes en Haïti ont permis aux personnes vaccinées de se protéger contre les infections. Dans une étude de 2016, les chercheurs ont enregistré des informations pour tous les patients qui se sont présentés dans un centre local de traitement contre le choléra pendant un mois. Le centre de traitement était situé dans une zone où une campagne de vaccination précédente a été menée. Les chercheurs ont constaté que de tous les patients atteints de choléra, 99 % provenaient de l'extérieur de la zone de vaccination et que les autres n'ont jamais été vaccinés (Severe et al. 2016). Dans un lieu différent, un

programme de surveillance du gouvernement dans un bidonville urbain a affirmé qu'il n'y a eu aucun cas de choléra confirmé par culture entre septembre 2013 et août 2016 chez les personnes qui ont reçu des interventions de 1) chloration des eaux domestiques et 2) vaccination contre le choléra (Ivers 2017).

Idéalement, des campagnes de vaccination supplémentaires devraient débuter dès que possible. Cependant, l'approvisionnement en vaccins contre le choléra est limité. Les responsables haïtiens devront travailler avec le Groupe international de coordination (GIC) qui gère le stock global de vaccins oraux contre le choléra afin d'organiser une nouvelle intervention. En 2015, la demande mondiale de vaccins contre le choléra était supérieure à l'offre disponible. L'OMS a préqualifié l'Euvichol fin 2015 et la production mondiale de vaccins contre le choléra devrait augmenter. La production supplémentaire prévue devrait doubler l'approvisionnement mondial. Par conséquent, afin de mettre en œuvre une campagne de vaccination, les responsables haïtiens devront se coordonner avec le GIC et bénéficier de son soutien.

Justification de l'intervention

Les avantages d'une campagne de vaccination contre le choléra proviennent des avantages pour la santé tant pour la population vaccinée que pour la population non vaccinée. Les personnes non vaccinées reçoivent une certaine protection contre l'infection par le choléra grâce à l'immunité collective. La protection du vaccin réduit à la fois la morbidité et la mortalité par infection au choléra. Pour les besoins de cette analyse, ces avantages pour la santé sont calculés comme étant le produit de 1) le nombre d'AVCI évitées par mois pendant la durée de protection par le vaccin et 2) une valeur supposée par AVCI évitée. Le résultat de cette multiplication est une estimation de l'avantage pécuniaire mensuel des résultats d'amélioration de la santé pour les ménages.

Tous les Haïtiens sensibles au choléra dans une zone vaccinée bénéficient de l'intervention vaccinale. Bien que les populations vaccinées et non vaccinées bénéficient des campagnes, les avantages pour le groupe vacciné sont supérieurs aux avantages pour le groupe non vacciné. Par conséquent, dans les campagnes scolaires, les avantages pour les enfants sont supérieurs à ceux pour les adultes. Cependant, pour faciliter la comparaison des différentes interventions, nous

présentons toujours les résultats de notre calcul des coûts et avantages pour les deux interventions de vaccination scolaire sur une base mensuelle par ménage.

Toutes les interventions analysées pour Haïti Priorise qui ont des résultats sur la santé utilisent la même méthode pour évaluer les AVCI évitées. Nous croyons que cette méthode sous-estime probablement les avantages économiques des interventions de vaccination contre le choléra. Puisque le choléra a été introduit par les forces de maintien de la paix des Nations Unies, il est probable que la plupart des Haïtiens estiment que leur condition de référence est un monde sans choléra. Par conséquent, lors de l'analyse des interventions liées au choléra, on devrait théoriquement utiliser une approche de compensation qui prenne en compte la volonté d'acceptation pour évaluer les avantages sur la santé qui en découlent (Knetsch et al. 2012 ; Whittington et al. 2017). Étant donné que les estimations de la volonté d'acceptation de compensation pour renoncer à une réduction de perte sont généralement plus importantes que les mesures de la volonté de payer pour la même ampleur de réduction du risque, nous croyons que les avantages des interventions contre le choléra sont beaucoup plus importants que ce que les estimations obtenues par l'utilisation du protocole du Consensus de Copenhague pour l'évaluation des résultats de santé suggèrent.

Les seules externalités de santé positives incluses dans l'analyse sont l'effet d'immunité collective des vaccinations. En raison de l'effet d'immunité collective, il peut ne pas être nécessaire de vacciner 100 % de la population haïtienne pour éliminer les infections au choléra, bien que la preuve de la nature de l'effet de protection collective du vaccin soit limitée aux données d'un seul contexte (Bangladesh). Si les campagnes de vaccination sont combinées avec des investissements pour améliorer les conditions d'eau et d'assainissement, il est possible d'éliminer complètement le choléra en Haïti.

Notre modèle ne mesure aucun effet macroéconomique des interventions de vaccination contre le choléra. Un exemple des avantages de la baisse du choléra pourrait être une augmentation du tourisme, car les voyageurs pourraient ne pas vouloir visiter Haïti en raison de l'épidémie de choléra en cours. Notre modèle ne prend pas non plus en compte le fait que les cas de choléra peuvent augmenter avec des phénomènes météorologiques extrêmes. Les autres facteurs non

incorporés dans notre modèle comprennent : 1) la peur ou l'anxiété des personnes en raison de l'épidémie de choléra, et 2) la valeur que les vies sauvées grâce aux campagnes de vaccination ont pour les amis ou les membres de la famille.

Tableau des coûts et des avantages

Tableau récapitulatif

Interventions	Avantage (\$/hh-mois)	Coût (\$/hh-mois)	RAC	Qualité des données
Vaccination de masse à deux doses	0,80 \$ US	0,38 \$ US	2,1	Moyennes
Vaccination de masse à une dose	0,66 \$ US	0,19 \$ US	3,5	Limitées
Vaccination scolaire à deux doses	0,39 \$ US	0,09 \$ US	4,5	Moyennes
Vaccination scolaire à une dose	0,26 \$ US	US \$ 0,04	5,9	Limitées

Remarque : Tous les chiffres se basent sur un taux d'actualisation de 5 %

1.	INTRODUCTION.....	1
2.	CONTEXTE	3
3.	VACCINS ORAUX CONTRE LE CHOLERA ET EFFORTS ANTERIEURS DE VACCINATION CONTRE LE CHOLERA EN HAÏTI 6	
4.	DESCRIPTION DE QUATRE INTERVENTIONS DE VACCINATION.....	8
	4.1 VACCINATION DE MASSE A DEUX DOSES.....	9
	4.2 VACCINATION DE MASSE A DOSE UNIQUE.....	9
	4.3 VACCINATION SCOLAIRE A DEUX DOSES.....	9
	4.4 VACCINATION SCOLAIRE A DOSE UNIQUE.....	10
5.	CALCUL DES COUTS ET DES AVANTAGES POUR LES QUATRE INTERVENTIONS DE VACCINATION CONTRE LE CHOLERA.....	10
	5.1 AVANTAGES	10
	5.2 COUTS	14
	5.3 VALEURS DE PARAMETRES ET SOURCES DE DONNEES	18
6.	RESULTATS DES CALCULS AVANTAGES-COUTS	19
	6.1 VACCINATION DE MASSE A DEUX DOSES.....	19
	6.2 VACCINATION DE MASSE A UNE DOSE	20
	6.3 VACCINATION SCOLAIRE A DEUX DOSES.....	20
	6.4 VACCINATION SCOLAIRE A UNE DOSE.....	21
	6.5 ANALYSES DE SENSIBILITE.....	22
7	CONCLUSION	23
	REMERCIEMENTS	26
	REFERENCES.....	27
	TABLES AND FIGURES.....	34

1. Introduction

Le choléra est une maladie infectieuse causée par l'exposition à la bactérie *Vibrio cholerae* O1 ou O139, entraînant une déshydratation aiguë et parfois la mort. La première apparition de la maladie comme menace pour la santé publique en Haïti date de fin 2010, à la suite d'un tremblement de terre massif. Le choléra s'est propagé rapidement dans le pays. Depuis lors, des centaines de milliers de personnes ont été infectées et près de 10 000 personnes sont mortes de la maladie, de façon certaine. Plusieurs interventions ont été mises en œuvre pour lutter contre l'épidémie de choléra, y compris une série d'efforts de vaccination. Cet article décrit les coûts économiques et les avantages de quatre interventions de vaccination contre le choléra qui pourraient s'appuyer sur ces précédentes initiatives de vaccination contre le choléra (incluant des vaccinations supplémentaires de rappel chez des personnes qui ont déjà été vaccinées). En Haïti et dans d'autres pays touchés par le choléra, les organismes d'aide multilatéraux restent intéressés par le potentiel des vaccins oraux contre le choléra pour réduire les risques d'épidémies de cette maladie (Jeuland et al. 2009). En raison de l'approvisionnement en vaccins limité et de la demande mondiale croissante de vaccins oraux contre le choléra, tout plan de vaccination pour Haïti nécessiterait une coordination entre les partenaires internationaux et GAVI, the Vaccine Alliance (Desai et al. 2016).

Cet article a été rédigé pour le projet Haïti Priorise du Consensus de Copenhague. L'analyse fournit des estimations des coûts et des avantages économiques de quatre interventions de vaccination contre le choléra en milieu rural haïtien : 1) une campagne de vaccination de masse à deux doses de vaccin pour chaque personne vaccinée ; 2) une campagne de vaccination de masse à une dose de vaccin ; 3) une campagne de vaccination scolaire à deux doses de vaccin pour les enfants seulement ; et 4) une campagne de vaccination scolaire à une dose du vaccin pour les enfants seulement. Les interventions de masse et scolaires ont été sélectionnées pour deux raisons principales. Tout d'abord, les analyses précédentes ont indiqué que ces interventions pourraient avoir des effets économiques positifs. Deuxièmement, l'examen des coûts et des avantages de ces interventions illustre le compromis important entre une

couverture plus large et, par conséquent, plus de cas évités d'une part, et les difficultés liées à la logistique et au coût d'autre part (Jeuland et Whittington 2009 et Jeuland et al. 2009). En particulier, un programme de vaccination scolaire est plus facile à mettre en œuvre, car de nombreux vaccins sont déjà fournis par des programmes de vaccination similaires et les campagnes d'information et les besoins sont relativement modestes. Les campagnes de vaccination de masse, d'autre part, nécessitent une planification accrue et davantage de sensibilisation si l'on veut atteindre des taux élevés de participation. En plus de ces différences, la relation non linéaire entre la couverture vaccinale et l'efficacité découlant de la protection collective a des implications économiques importantes (Cook et al. 2009 ; Jeuland et al. 2009). Cependant, une limitation clé de notre analyse à cet égard est le fait que nous supposons que les coûts par vaccin ne varient pas selon l'échelle du programme (c'est-à-dire que nous supposons des coûts marginaux de vaccination constants). Cette hypothèse est conforme aux travaux antérieurs dans une documentation qui est limitée par un manque de données sur la relation entre les coûts et la couverture. Cela reflète également les contraintes d'approvisionnement mondiales sur le nombre de vaccins oraux contre le choléra actuellement disponibles.

Dans la deuxième partie du document, qui suit, nous décrivons l'histoire de l'épidémie de choléra en Haïti et fournissons des informations sur les conditions de santé de base actuelles. Dans la troisième section, nous décrivons le vaccin contre le choléra et les campagnes en cours qui ont déjà vacciné de nombreux Haïtiens. Dans la quatrième section, nous décrivons brièvement les quatre interventions de la campagne de vaccination. Dans la cinquième section, nous présentons les équations que nous utilisons pour calculer les coûts et les avantages de chacune des quatre interventions. Nous présentons également les données et les paramètres supposés que nous utilisons dans ces équations. La sixième section présente les résultats des calculs coûts-avantages et des analyses de sensibilité. Dans la septième section, nous proposons notre interprétation des résultats de ces analyses.

2. Contexte

Le choléra a été importé en Haïti par les forces de maintien de la paix des Nations Unies suite à un tremblement de terre massif (magnitude 7,0) qui a frappé Haïti en 2010. Peu de temps après cette catastrophe, les centres pour le contrôle des maladies (Centers for Disease Control — CDC) des États-Unis ont évalué la situation et ont constaté que « l'infrastructure actuelle de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène en Haïti faciliterait certainement la transmission du choléra (et de nombreuses autres maladies), le choléra n'est pas présent en Haïti, et le risque d'introduction du choléra en Haïti est faible » (CDC 2010). Malheureusement, le 19 octobre 2010, le ministère de la Santé Publique et de la Population (MSPP) a été informé de l'augmentation des patients souffrant de diarrhée aiguë dans deux départements. Le 19 novembre, une épidémie causée par *V. cholerae* Séro groupe *O1*, Biotype *Ogawa*, a été confirmée avec des cas dans les dix départements d'Haïti et la première épidémie de choléra du pays a été déclarée (Barzilay et al. 2013 ; Assemblée générale des Nations Unies 2016). En quelques jours, près de 130 personnes étaient mortes et 2 000 autres personnes étaient hospitalisées.

Après que l'ouragan Tomas a frappé l'île début novembre 2010, le choléra s'est répandu dans tous les départements du pays, touchant beaucoup plus de personnes. En octobre 2016, Selon *l'Atlas de l'épidémie de choléra à Hispaniola, 2010-2016, de l'OPS*, 798 272 personnes (environ 7 % de la population haïtienne) avaient été infectées par le choléra et 9 517 étaient mortes de la maladie.

Les CDC, en coopération avec le MSPP, ont étudié la source de l'épidémie et le mécanisme de sa propagation rapide dans tout le pays. L'enquête a révélé que « l'eau potable non traitée » était la principale source de choléra (Tappero et Tauxe 2011, p. 2088), mais n'a pas expliqué l'apparition nouvelle et soudaine de la bactérie pathogène dans le pays. Une analyse distincte du séquençage du génome a déterminé que les souches du choléra en Haïti étaient génétiquement presque identiques aux isolats népalais (Hendriksen et al. 2011). L'épidémie a finalement été attribuée à un contingent de casques bleus de l'ONU du Népal.

Bien que les casques bleus de l'ONU aient introduit par inadvertance le choléra en Haïti, il ne se serait pas répandu aussi rapidement « sans les carences simultanées de l'eau, de l'assainissement et des systèmes de soins de santé » (Cravioto et al. 2011, p. 29). Le Plan national pour l'élimination du choléra en Haïti 2013-2022 reconnaît que :

Le manque de bonnes pratiques d'hygiène pour la plus grande partie de la population, et en particulier parmi les groupes sans accès aux services de santé de base, a été l'un des facteurs qui ont favorisé la propagation rapide de la maladie. En outre, même avant le tremblement de terre de janvier 2010 et l'épidémie de choléra en octobre de la même année, 46 % de la population haïtienne n'avait pas accès aux soins de santé. (MSPP 2013, p. 6).

Le risque posé par le manque d'eau potable, d'assainissement et de soins de santé est mis en évidence par la différence de progression de l'épidémie en Haïti et dans la République dominicaine voisine, où l'accès à ces services est plus élevé. Alors que les interventions pour l'eau et l'assainissement réduiraient sûrement les risques d'une résurgence du choléra, ces investissements sont coûteux, la mise en œuvre est compliquée et la construction de l'infrastructure prend du temps. Il est donc peu probable que les investissements pour l'eau et l'assainissement fournissent une protection adéquate à court terme contre les nouvelles épidémies de choléra.

Bien que le nombre de cas de choléra et les décès dus au choléra aient diminué constamment depuis l'épidémie initiale, les facteurs saisonniers, les ouragans futurs ou d'autres catastrophes naturelles pourraient déclencher de nouvelles épidémies. Il est particulièrement difficile de prédire l'avenir de l'épidémie en Haïti, car les antécédents de choléra dans le pays et la région des Caraïbes sont limités. Il n'y a pas de données indiquant quelle proportion de la population a développé l'immunité naturelle à la maladie et combien de temps cette immunité pourrait durer (Tappero et Tauxe 2011). En fait, début 2012, le MSPP a identifié « une résurgence des cas de choléra... pendant les mois de mai, novembre et décembre » (MSPP 2013, p.13). Plus récemment, entre janvier et avril 2016, « 150 nouveaux décès sont survenus, soit une augmentation de 18 % par rapport à la même période en 2015 » (Assemblée générale des

Nations Unies 2016, p. 6). On ignore également si le choléra est devenu endémique en Haïti en créant des réservoirs dans les rivières, les estuaires et les régions côtières du pays (Rinaldo et al. 2012, p. 6602).¹ Dans l'affirmative, les fluctuations saisonnières, les phénomènes météorologiques violents ou les catastrophes naturelles pourraient induire de nouvelles épidémies.

Les interventions visant à lutter contre le choléra en Haïti doivent tenir compte du fait que l'organisme du choléra évolue rapidement, rendant l'éradication complète difficile sans amélioration approfondie de la qualité de l'eau et de l'assainissement (Morris 2011 ; Kirpich 2015). Les interventions telles que les vaccinations peuvent soulager temporairement de la maladie et complètent les efforts à long terme pour améliorer les mauvaises conditions d'eau et d'assainissement. Pour cette raison, l'OMS préconise l'utilisation de la vaccination contre le choléra (en particulier chez les enfants d'âge préscolaire et scolaire), ainsi que des programmes traditionnels d'engagement communautaire, d'eau et d'assainissement et d'autres stratégies pour lutter contre cette maladie (OMS 2010). Le ministre de la Santé publique d'Haïti, le Dr Daphne Benoit a exprimé une opinion similaire (OPS 2016) et le *Plan national pour l'élimination du choléra en Haïti* a appelé à la mise en œuvre de campagnes de vaccination, visant en particulier les communautés rurales qui n'ont pas accès à des établissements de santé adéquats.

Pour résumer l'évolution de l'épidémie de choléra en Haïti dans le temps et l'espace, de son apparition en 2010 jusqu'en octobre 2016, nous utilisons les données recueillies dans *l'Atlas de l'épidémie de choléra à Hispaniola, 2010-2016*, L'Enquête démographique sur la santé 2012 (EDS) et le Rapport statistique 2014 et 2013 du MSPP. Ces données suggèrent qu'il existe un risque réel de recrudescence des infections de choléra à l'avenir.

Au cours des deux premières années de l'épidémie, le nombre hebdomadaire cumulé de nouveaux cas de choléra et de décès dus au choléra a augmenté rapidement et a ensuite commencé à se stabiliser (figures 1 et 2). Cependant, le nombre de cas et le nombre de décès

¹ Two studies, Alam et al. 2014 and Alam et al. 2015, have found *V. cholerae* O1 in the aquatic environment and assert that: "Regardless of whether toxigenic *V. cholerae* O1 have established true environmental reservoirs or the surface water was contaminated by those infected with cholera, the presence of toxigenic *V. cholerae* O1 in the surface water represents a potential ongoing source of exposure."

ont continué d'augmenter jusqu'à fin 2016. Depuis 2012, chaque année a connu des périodes de pics dans le nombre de cas et de décès (figures 3 et 4). Les données de l'EDS 2012 confirment que le choléra est répandu dans les zones rurales haïtiennes (ces cas ont été auto-déclarés et n'ont pas été cliniquement confirmés). Selon les personnes interrogées de l'EDS de 2012, 4 à 32 % des ménages dans les dix départements ont déclaré qu'un membre du ménage avait contracté un cas non mortel de choléra, tandis que 0,6 à 2,7 % des ménages ont déclaré qu'un membre du ménage était mort de choléra (figure 5 et 6). Le total des cas par département pour 2013 et 2014 est présenté à la figure 7 (données du rapport statistique du MSPP 2014 et 2013).

Une autre caractéristique importante de ces tendances est le déclin apparent du taux de létalité du choléra (TLC) depuis le début de l'épidémie. En avril 2011, les taux cumulatifs de mortalité par cas variaient entre 0,8 % et 7,7 % dans les dix ministères (Farmer et al. 2011). À l'échelle nationale, le taux officiel de létalité a diminué, passant de 1,7 % à environ 1 %, au même niveau que les TLC de nombreux autres pays atteints de choléra endémique (Jeuland et al. 2009).

3. Vaccins oraux contre le choléra et efforts antérieurs de vaccination contre le choléra en Haïti

Le Plan national pour l'élimination du choléra en Haïti 2013-2020 appelle à utiliser le vaccin oral contre le choléra (VOC) pour protéger les Haïtiens de la maladie. En décembre 2015, l'OMS a préqualifié trois VOC qui se sont révélés sûrs et efficaces pour la prévention du choléra. Les noms commerciaux de ces trois vaccins sont : Dukoral, Shanchol et Euvichol. Dukoral a d'abord été produit par Crucell, un fabricant suédois. Certaines études récentes rapportent que le coût d'approvisionnement de ce vaccin est de 5 USD par dose, bien que les prix cités ailleurs varient considérablement (Mogasale et al. 2016). Un fabricant au Vietnam a amélioré le processus de production avec le soutien de l'International Vaccine Institute et d'autres partenaires internationaux. Les principales améliorations comprenaient l'abaissement des coûts de fabrication et l'élimination du besoin d'administration conjointe de tampon ou d'eau, ce qui a entraîné une diminution des coûts et des exigences de stockage (Baik et al. 2015). La technologie a ensuite été transférée à Shantha Biotechnics Limited, un fabricant indien qui produit Shanchol,

préqualifié en 2011, et a souvent été vendu pour 1,85 \$ US par dose (Mogasale et al. 2016). La technologie a ensuite été transférée à un fabricant sud-coréen qui produit Euvichol, qui a été préqualifié en 2015.

Shanchol et Euvichol sont constitués d'intrants similaires et utilisent un processus de fabrication similaire qui garantit que les deux VOC contiennent les mêmes cellules stérilisées de *V. cholerae*, font l'objet d'une assurance de qualité similaire et sont présentés dans des flacons en verre.² Les résultats initiaux des tests de non-infériorité d'Euvichol ont révélé qu'Euvichol et Shanchol offrent des niveaux de protection similaires (Baik et al. 2015). Pour les besoins de notre analyse dans cet article, nous avons supposé que Shanchol serait administré en Haïti rural, puisque le vaccin a été utilisé depuis 2009 et que les chercheurs ont déjà effectué un certain nombre d'évaluations de son efficacité dans plusieurs pays différents, dont Haïti. Plus de deux millions de doses du vaccin Shanchol ont été administrées à l'échelle mondiale depuis 2009.

En 2012, peu de temps après que Shanchol a reçu la préqualification de l'OMS, le Groupe Haïtien d'Etude du Sarcome de Kaposi et des Infections Opportunistes (GHESKIO) et Partners in Health / Zamni Lasante (PIH) a mené le premier projet de démonstration en utilisant les VOC en réponse à l'épidémie en cours. Le projet a touché avec succès près de 100 000 personnes vivant dans une communauté urbaine de Port-au-Prince et dans les communautés rurales de la vallée de l'Artibonite. Plus précisément, le volet rural de la campagne a touché 45 417 personnes avec au moins une dose de VOC et pour 91 % d'entre elles on a pu confirmer qu'elles avaient reçu une deuxième dose lors de la phase de vaccination de rappel (Ivers et al. 2013). Une étude de deux semaines dans le cadre du volet urbain n'a identifié que 18 cas de choléra parmi les 52 357 personnes vaccinées (correspondant à une incidence de 0,034 %) (Severe et al. 2016). En outre, un programme de surveillance du gouvernement dans un bidonville urbain a affirmé qu'il n'y a eu aucun cas de choléra confirmé par culture entre septembre 2013 et août 2016 chez les personnes qui ont reçu des interventions de 1) chloration des eaux domestiques et 2)

² Each dose of Euvichol or Shanchol contains 300 Lipopolysaccharide ELISA Unit (LEU) of *V. cholerae* O1 Inaba Cairo 48 (Heat inactivation), 600 LEU of *V. cholerae* O1 Inaba Phil 6973 El Tor (Formalin inactivation), 300 LEU of *V. cholerae* O1 Ogawa Cairo 50 (Formalin inactivation), 300 LEU of *V. cholerae* O1 Ogawa Cairo 50 (Heat inactivation), and 600 LEU of *V. cholerae* O139 4260B (Formalin inactivation) (Baik et al. 2015).

vaccination contre le choléra (Ivers 2017). Les résultats de cette campagne initiale offrent des preuves qui suggèrent que la vaccination peut être utilisée pour protéger efficacement les populations en Haïti contre l'infection au choléra.

Après la réussite du projet de démonstration, le MSPP a mené des campagnes de vaccination annuelles à petite échelle et, entre 2013 et fin 2016, a vacciné environ 480 000 personnes, soit environ 4 % de la population haïtienne (GAVI 2016). Ces efforts ont été soutenus par GAVI, the Vaccine Alliance. Plus récemment, en réponse à l'ouragan Matthew en novembre 2016, le MSPP a mené une campagne à grande échelle qui a touché plus de 729 000 personnes, avec le soutien de l'OMS, de l'UNICEF et de la Fédération internationale de la Croix-Rouge, ainsi que d'autres organisations (Beaubien 2016 ; Mitchell 2016). Cependant, plusieurs millions de personnes en Haïti n'ont toujours pas été vaccinées. En outre, puisqu'on suppose que la durée de l'efficacité du vaccin est comprise entre 2 et 4 ans, de nombreuses personnes devront être vaccinées à nouveau pour assurer une protection continue contre l'infection (Jeuland et Whittington 2009).

4. Description de quatre interventions de vaccination

Notre analyse étudie deux types de campagnes (de masse et scolaires) qui dispensent deux doses, comme recommandé, ou une seule dose. Dans tous les cas, nous considérons que la vaccination offrirait également une protection indirecte aux personnes non vaccinées par effets collectifs, conformément à la documentation (Ali et al. 2005 ; Longini et al. 2007 ; Jeuland et al. 2009). Nous calculons la protection globale contre le choléra en fonction de l'efficacité du vaccin et de l'étendue de la protection collective. Bien que la documentation montre qu'une dose de vaccin offre moins de protection que deux doses, les études pour un système à dose unique n'évaluent pas les effets collectifs (Qadri et al. 2016, Azman et al. 2015, et Azman et al. 2016). Notre analyse suppose que les interventions de vaccination à dose unique entraîneront une protection collective, mais que l'effet collectif sera plus faible dans les campagnes de vaccination qui utilisent une dose que dans les campagnes qui utilisent deux doses. Nous ajustons l'ampleur de l'effet collectif des interventions à dose unique par l'efficacité relative du vaccin dans les

interventions à dose unique par rapport à l'efficacité du vaccin dans les interventions à deux doses. Nous soulignons que cette relation est très incertaine.

4.1 Vaccination de masse à deux doses

Une campagne de vaccination de masse tente de vacciner toute la population vivant dans la zone cible, mais certaines personnes choisiront généralement de ne pas participer. Nous supposons un taux de participation de 65 %, basé sur des études de la demande réalisées dans plusieurs autres milieux de choléra endémique (Jeuland et al. 2009, Kim et al. 2008, Lucas et al. 2007, et Cook et al. 2012). Avant d'administrer le vaccin, les ménages devraient être informés du moment et du lieu de l'administration. Dans la campagne à deux doses, un vaccin de rappel serait nécessaire environ deux semaines après la première dose, et les membres du ménage subiraient des coûts supplémentaires liés au temps et au déplacement pour retourner à un site de vaccination. Cette intervention nécessite des efforts administratifs importants pour gérer l'information et les exigences logistiques. Les membres du ménage devraient faire deux aller-retour au site de vaccination et éventuellement passer du temps dans les files d'attente ou en consultation pour des réactions indésirables au vaccin au moment de chaque visite.

4.2 Vaccination de masse à dose unique

La campagne de vaccination de masse à une dose reflète la campagne décrite précédemment. Lorsqu'une seule dose est administrée, les coûts administratifs et logistiques sont significativement plus faibles. En revanche, une dose unique de vaccin offre un niveau de protection plus faible aux individus vaccinés comme non vaccinés.

4.3 Vaccination scolaire à deux doses

Une intervention de vaccination scolaire vise uniquement les enfants, qui présentent souvent des taux d'incidence du choléra plus élevés (Deen et al. 2008). Nous supposons que cette intervention tente de toucher les enfants qui sont plus jeunes que l'âge scolaire grâce à des activités de sensibilisation. Cette intervention fournirait les deux doses recommandées aux enfants d'âge scolaire et d'âge pré-scolaire (mais susceptibles de recevoir le vaccin).

4.4 Vaccination scolaire à dose unique

La campagne de vaccination scolaire à une dose reflète la campagne décrite précédemment. En administrant seulement une dose, la campagne est de nouveau en mesure de réduire les coûts administratifs et logistiques. En revanche, une dose unique de vaccin offre un niveau de protection plus faible aux individus vaccinés comme non vaccinés. Dans l'ensemble, l'intervention de vaccination scolaire à une seule dose offre les avantages les plus faibles car elle touche moins de personnes que les interventions de vaccination de masse et n'offre que la protection réduite associée à une seule dose. Mais elle a aussi les coûts totaux les plus faibles.

5. Calcul des coûts et des avantages pour les quatre interventions de vaccination contre le choléra

Cet article utilise une approche similaire pour calculer les avantages et les coûts des interventions de vaccination contre le choléra à celle utilisée par Jeuland et Whittington, 2009 et Jeuland et al. 2009. Le cadre théorique sous-jacent est similaire à celui présenté dans notre article Haïti Priorise sur l'eau et l'assainissement pour les régions rurales d'Haïti (Jeuland et al. 2017). Les catégories d'avantages et de coûts sont expliquées plus en détail ci-dessous.

5.1 Avantages³

Les avantages pour la santé tirés des quatre interventions de vaccination contre le choléra résultent de la réduction de la morbidité et de la mortalité par infection par le choléra. Les avantages mensuels totaux par ménage pour chacune des interventions sont calculés comme le produit de (1) l'estimation fournie par le Consensus de Copenhague de la valeur d'une AVCI en tant que multiple du PIB par habitant, et (2) le nombre d'AVCI évitées par intervention par ménage et par mois :

³ Nous avons exprimé les avantages des ménages sur une base mensuelle afin de faciliter la comparaison avec les résultats coûts-avantages des interventions pour l'eau, l'assainissement et l'hygiène en zones rurales dans notre article complémentaire pour Haïti Priorise. Cela n'affectera pas les RAC. Les avantages annuels et les coûts des interventions de vaccination contre le choléra peuvent être obtenus simplement en multipliant les avantages mensuels et les coûts par 12.

$$A^C = V^{AVCI} * AVCI^e$$

(1)

Où :

A^C = Avantage total mensuel par ménage de l'intervention contre le choléra ;

V^{AVCI} = Estimation du Consensus de Copenhague de la valeur économique d'une AVCI ; et

$AVCI^e$ = fraction d'une AVCI évitée par ménage et par mois en mettant en œuvre l'intervention contre le choléra.

La fraction d'une AVCI évitée par ménage et par mois est calculée comme un produit de (1) un taux global d'efficacité du vaccin actualisé pour l'ensemble de la population pendant la durée de la protection, (2) le nombre de personnes par ménage, (3) l'incidence du choléra sur les cas par personne et par an, divisée par 12 pour la convertir en un taux mensuel, et (4) la somme de la réduction due à l'intervention de la mortalité et de la morbidité, cette dernière étant divisée par 365 pour obtenir un nombre annuel de jours de maladie :

$$AVCI_a = N_E * M * (C_i / 12) * [(1 - TLC_c) * (C_D / 365) * AVCI_c + CFR_c * PV(LE)] \quad (2)$$

Où :

N_E = Taux de protection (directe et indirecte) global de la campagne de vaccination ;

M = nombre de personnes par ménage ;

C_i = incidence du choléra sur les cas par an ;⁴

⁴ Le taux d'incidence est ajusté pour les campagnes de vaccination scolaire, car on suppose que les taux de choléra sont plus élevés chez les enfants.

- TLC_C = taux de létalité des cas de choléra ;
- C_D = durée des cas de choléra en jours ;
- $AVCI_C$ = poids des AVCI pour les infections au choléra ; et
- $PV(LE)$ = valeur actuelle des années de vie perdues par décès liés au choléra ;

Des données à jour sur les taux de mortalité par choléra par groupe d'âge ne sont pas disponibles pour les régions rurales d'Haïti. Nous supposons que la valeur actuelle pondérée de l'espérance de vie en années perdues en raison de décès liés au choléra est égale à la valeur actuelle pondérée de l'espérance de vie en années perdues en raison de décès liés à la diarrhée. Par conséquent, pour calculer une valeur actuelle pondérée de l'espérance de vie en années perdues en raison de décès liés au choléra, nous utilisons des données sur la mortalité liée à la diarrhée dans la Charge mondiale de morbidité 2015. La valeur est une somme des années de vie perdues par groupe d'âge⁵ pondérée par les taux de mortalité par groupe d'âge :

$$PV(LE) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^{17} M_i * (1 - e^{(-r*LE_i)}) / r \quad (3)$$

Où :

- $PV(LE)$ = valeur actuelle des années de vie perdues par décès liés à la diarrhée ;
- M = nombre total de décès de diarrhée annuels ;
- i = un des groupes d'âge agrégés ;
- M_i = nombre total de décès annuels dans le groupe d'âge i ;
- LE_i = Années de vie supplémentaires prévues du groupe d'âge i ; et
- r = taux d'actualisation.

⁵ La population totale a été divisée en 17 groupes différents selon l'âge. Seize sont calculés comme le nombre total de personnes dans des groupes d'âge de 5 ans de 0 à 79 ans et le dernier groupe comprend tous les Haïtiens âgés de 80 ans et plus.

Le taux général de protection d'une intervention de vaccination est une fonction croissante de la couverture, comme étudié dans les études précédentes sur la protection des vaccins (Jeuland et Whittington 2009 ; Jeuland et al. 2009 ; Ivers et al. 2015). Des ajustements pour l'administration d'une dose unique de vaccin ont été effectués sur la base des résultats présentés dans Azman et al. (2015). Le taux global de protection est calculé comme la moyenne pondérée de (1) l'efficacité directe du vaccin pour ceux qui sont vaccinés, calculée en fonction de l'efficacité du vaccin à court terme, de l'ampleur estimée de l'effet collectif et du pourcentage de la population vaccinée, multipliée par le nombre de personnes vaccinées ; (2) l'efficacité indirecte du vaccin pour les non vaccinés est calculée en fonction de l'ampleur estimée de l'effet collectif et du pourcentage de la population vaccinée, multipliée par le nombre total de personnes non vaccinées par l'intervention ; et (3) un facteur d'ajustement pour tenir compte du fait que les avantages pour la santé des cas évités dans les années futures sont actualisés par rapport à ceux réalisés dans l'année de la vaccination :

$$N_E = (E_V * T_{COV} + (1 - T_{COV}) * E_U * [(1 + (1/r)) - (1 / (r * (1+r)^{L-1})) / L] \quad (4)$$

Où :

E_V → = Efficacité directe du vaccin contre le choléra (parmi ceux qui sont vaccinés) ;

V_{COV} = Taux de couverture vaccinale en pourcentage de la population ;

E_U = efficacité indirecte du vaccin contre le choléra (parmi ceux qui ne sont pas vaccinés) ;

r = Taux d'actualisation ; et

L = durée de protection offerte par le vaccin.

Le projet Haïti Priorise du Consensus de Copenhague a demandé aux auteurs de tous les documents sectoriels d'estimer la valeur économique des avantages pour la santé en tant que produit des AVCI (années de vie corrigées de l'incapacité) évitées et d'un multiple du PIB par habitant. Le projet du Consensus de Copenhague exige que les analystes évaluent une AVCI à trois multiples différents du PIB par habitant (1 fois, 3 fois et 8 fois).

Lors de l'examen de cette mesure des avantages, il est important de reconnaître que si la valeur économique réelle d'une AVCI évitée est en fait une approximation en fonction du PIB par habitant dans un pays, cela inclurait l'ensemble des avantages associés à l'amélioration de la santé car les résultats de mortalité comme de morbidité sont inclus dans le calcul des AVCI évitées. En d'autres termes, cette estimation comprend déjà les dépenses évitées liées au coût de la maladie et tous les avantages découlant de la baisse de la maladie (y compris une meilleure éducation ou une augmentation de la productivité). Les calculs sommaires qui utilisent les multiples de 1 et de 3 du PIB par habitant pour Haïti suggèrent que la VVS implicite pour une espérance de vie statistique moyenne (en termes d'années de vie restantes) serait du même ordre de grandeur que les valeurs obtenues à partir d'études de recherche visant à quantifier la valeur d'une vie statistique en fonction du revenu (Hammitt & Robinson 2011).

5.2 Coûts

Nous calculons le coût total de chaque intervention de vaccination comme la somme de 1) le coût d'achat, la livraison des vaccins et l'administration du programme de vaccination ; et 2) le temps et l'argent que les ménages consacrent à l'acquisition des vaccins.

$$S = (S_c + S_T) * V_i$$

(5)

Où :

S → Coût total de la vaccination ;

S_c = coût marginal constant par dose de l'achat et de la délivrance du vaccin et de l'administration du programme de vaccination ;

S_T = coût par dose pour un ménage de l'acquisition des vaccins ; et

V_i = nombre total de vaccins requis pour l'intervention de vaccination i .

Nous supposons que le coût de l'achat des vaccins par dose est constant quel que soit le nombre de doses achetées. Nous ne précisons pas qui paie ces coûts d'achat. Nous supposons que le coût marginal constant par dose de la livraison du vaccin et de l'administration du programme sont les mêmes pour les campagnes de vaccination de masse et les campagnes de vaccination scolaire. Nous faisons cette hypothèse parce que les données sur les coûts sont limitées (Mogasale et al. 2016). En outre, les interventions de vaccination de masse présentent probablement à la fois 1) des économies d'échelle, car les coûts fixes du programme sont répartis entre plus d'individus ; et 2) des déséconomies d'échelle car le coût marginal de livraison de la vaccination d'un nombre d'individus de plus en plus important d'une population cible augmente parce que les ménages deviennent plus difficiles à atteindre. En revanche, les campagnes de vaccination scolaire sont destinées à toucher un plus petit nombre de personnes et peuvent avoir des coûts fixes plus importants par personne vaccinée. Cependant, les interventions de vaccination scolaire pourraient être incluses dans des vaccinations de routine déjà en place et pourraient donc avoir des coûts de livraison moyens inférieurs aux interventions de vaccination de masse (Mogasale et al. 2016).

Dans le cas de référence, nous supposons ainsi que le coût combiné d'achat et de livraison d'un vaccin oral contre le choléra est de 2 USD par dose : 1 USD pour l'achat et 1 USD pour la livraison.⁶ Ceci est à la limite basse de la gamme des prix d'achat déclarés dans la récente documentation sur les coûts pour Shanchol (Mogasale et al. 2016). Nous reconnaissons que le coût marginal de production du vaccin oral contre le choléra présentera des rendements d'échelle croissants, mais les données sur les coûts disponibles et les contraintes de l'approvisionnement mondial nous empêchent de faire des hypothèses plus fines sur le prix

⁶ Cette estimation est raisonnable car les fabricants sud-coréens d'Euviol, le vaccin oral contre le choléra préqualifié par l'OMS, ont déclaré un prix cible de 1 \$ par dose du vaccin (HANSHEP 2014).

d'achat du vaccin oral contre le choléra pour le gouvernement haïtien ou pour les donateurs internationaux.

La deuxième composante du coût total de l'intervention est le temps et l'argent que les ménages consacrent à l'acquisition d'une dose du vaccin, que nous estimons en fonction du temps supposé nécessaire pour obtenir une dose de vaccin multipliée par la moitié du salaire non qualifié (pour refléter le coût d'opportunité probablement plus faible du temps pour beaucoup de ceux qui choisissent d'être vaccinés, y compris les enfants et les adultes qui ne travaillent pas). Nous n'incluons que le coût du temps consacré par un ménage à obtenir une dose de vaccin. Nous n'incluons aucun coût financier qu'un ménage pourrait subir pour obtenir le vaccin, par exemple les coûts de transport.

$$S_T = T_D * \frac{W_u}{2*8} \quad (6)$$

Où :

T_D →= Temps en heures qu'un ménage passe à acquérir une dose du vaccin contre le choléra ;

W_u = salaire journalier non qualifié ;

8 = nombre d'heures de travail par jour ; et

$\frac{1}{2}$ = ratio du coût du temps consacré à l'acquisition du vaccin au taux de salaire non qualifié.

Pour calculer les coûts par ménage d'une campagne de vaccination, nous estimons tout d'abord un taux de couverture de la population. Par exemple, lors de l'intervention de campagne de masse, nous supposons que le taux de couverture vaccinale est de 65 % et que 65 % des membres d'un ménage sont vaccinés. Nous multiplions ensuite le nombre de personnes vaccinées par ménage par le nombre de doses reçues par personne pour obtenir le nombre total

de doses reçues par ménage. Nous multiplions ensuite le nombre de doses reçues par ménage par le coût par dose décrit au paragraphe précédent pour obtenir un coût par ménage.

$$S_H = T_{COV} * M * D_i * (S_c + S_T) \quad (7)$$

Où :

S_H = coût par ménage de l'intervention de vaccination ;

T_{COV} = Taux de couverture vaccinale en pourcentage de la population ;

M = nombre de personnes par ménage ;

D_i = nombre de doses administrées à un membre d'un ménage moyen dans l'intervention de vaccination i ;

S_c = coût marginal constant par dose ; et

S_T = coût pour le ménage de l'acquisition du vaccin par dose.

Pour les campagnes de vaccination scolaire, les coûts des ménages sont basés sur le nombre moyen d'enfants par ménage (obtenu à partir de l'enquête EDS 2012) multiplié par le nombre de doses reçues par enfant vacciné pour obtenir le nombre total de doses reçues par ménage. Nous multiplions encore le nombre de doses reçues par ménage par le coût total par dose pour obtenir un coût par ménage.

Pour calculer un coût mensuel par ménage, nous multiplions le coût total du ménage par un facteur de récupération du capital pour obtenir un coût annuel par ménage pour l'intervention. Le facteur de récupération du capital annuel est fonction du taux d'actualisation et de la durée de protection prévue offerte par le vaccin :

$$FRC = (r * (1+r)^L) / ((1+r)^L - 1) \quad (8)$$

Où :

FRC →= Facteur de récupération du capital ;

r = taux d'actualisation ; et

L = durée de protection offerte par le vaccin.

Le coût annuel est ensuite divisé par 12 pour obtenir un coût mensuel par ménage.

En résumé, les coûts mensuels par ménage sont calculés selon l'équation ci-dessous :

$$S = T_{COV} * M * D_i * (S_c + S_T) * CRF / 12$$

(9)

Où :

T_{COV} = Taux de couverture vaccinale en pourcentage de la population ;

M = nombre de personnes par ménage ;

D_i = nombre de doses administrées par personne dans l'intervention de vaccination i ;

S_c = coût de l'achat, de l'administration et de la livraison des vaccins par dose ;

S_T = coût d'acquisition des vaccins par dose ; et

FRC →= Facteur de récupération du capital ;

Les mêmes équations sont utilisées pour chacune des interventions. Les valeurs de certains paramètres diffèrent selon les quatre interventions de vaccination contre le choléra analysées.

5.3 Valeurs de paramètres et sources de données

Les données sur l'incidence de base du choléra dans les zones rurales d'Haïti sont limitées. Les nouveaux cas de choléra et les décès dus au choléra fluctuent de façon saisonnière et en

fonction des conditions météorologiques. En outre, à mesure que de plus en plus de personnes sont infectées et que les campagnes de vaccination continuent, on ignore la façon dont les réponses immunitaires vont évoluer. Malgré plusieurs grandes campagnes de VOC en Haïti depuis 2012, les données sur les coûts administratifs et logistiques n'ont pas été rapportées. Nos analyses s'appuient donc sur les données de l'enquête EDS 2012, la Charge mondiale de morbidité 2015 et les hypothèses d'autres études évaluées par des pairs. Les valeurs des paramètres et les sources de données utilisées dans nos analyses sont présentées au tableau 1.

Dans la mesure du possible, nous avons ajusté les estimations des paramètres et les hypothèses pour nous assurer que les calculs des avantages et des coûts présentés dans cet article soient en dollars US de 2014 réels (hors inflation) Par exemple, les estimations du PIB par habitant du projet du Consensus de Copenhague pour Haïti que nous utilisons dans l'évaluation économique des AVCI sont en dollars de 2014.⁷

6. Résultats des calculs avantages-coûts

6.1 Vaccination de masse à deux doses

6.1.1 Avantages, coûts et ratio avantage-coût

Les résultats des calculs avantages-coûts pour la campagne de vaccination de masse à deux doses sont présentés au tableau 2 en supposant un taux d'actualisation de 3 % et une valeur AVCI de 3 fois le PIB par habitant. Le total des avantages mensuels par ménage de la campagne de vaccination de masse à deux doses est de 1,18 USD. Le coût mensuel par ménage pendant la durée de protection offerte par le vaccin est de 0,54 USD, dont seulement 4 % sont attribuables

⁷ Nous continuerons à affiner ces calculs afin de nous assurer que toutes les estimations sont exprimées en dollars américains de 2014 dans la mesure du possible.

au temps consacré par le ménage à l'acquisition des vaccins que ses membres ont reçus. Les avantages nets dans ce cas de référence sont de 0,63 USD et le ratio avantage-coût est de 2,2.

Le tableau 3 présente les résultats d'une analyse de sensibilité qui montre la façon dont les variations du taux d'actualisation et de la valeur supposée d'une AVCI affectent les estimations des avantages et des coûts. Les avantages mensuels pour les ménages vont de 0,11 \$ à 3,14 \$ dans les neuf cas. Les coûts ne sont pas affectés par la valeur AVCI supposée. Les coûts mensuels par ménage vont de 0,34 USD à 0,54 USD selon le taux d'actualisation. Les avantages nets totaux vont de - 0,23 USD à 2,59 USD par ménage par mois et le ratio avantage-coût varie de 0,3 à 5,8 par ménage par mois dans les neuf cas.

6.2 Vaccination de masse à une dose

6.2.1 Avantages, coûts et ratio avantage-coût

Les résultats des calculs avantages-coûts pour la campagne de vaccination de masse à une dose sont présentés au tableau 4 en supposant un taux d'actualisation de 3 % et une valeur AVCI de 3 fois le PIB par habitant. Les avantages mensuels totaux pour les ménages de la campagne de vaccination de masse à une dose sont de 0,96 USD. Le coût mensuel par ménage est de 0,27 USD, dont seulement 4 % sont attribuables au temps consacré par le ménage à acquérir les vaccins reçus par ses membres. Les avantages nets dans ce cas de référence sont de 0,69 USD et le ratio avantage-coût est de 3,6.

Le tableau 5 présente les résultats d'une analyse de sensibilité qui montre la façon dont les variations du taux d'actualisation et de la valeur supposée d'une AVCI affectent les estimations des avantages et des coûts. Les avantages mensuels pour les ménages vont de 0,09 \$ à 2,57 \$ dans les neuf cas. Les coûts mensuels par ménage vont de 0,17 USD à 0,27 USD selon le taux d'actualisation. Les avantages nets totaux vont de - 0,08 USD à 2,30 USD par ménage par mois et le ratio avantage-coût varie de 0,5 à 9,5 par ménage par mois dans les neuf cas.

6.3 Vaccination scolaire à deux doses

6.3.1 Avantages, coûts et ratio avantage-coût

Les résultats des calculs avantages-coûts pour la campagne de vaccination scolaire à deux doses sont présentés au tableau 6 en supposant un taux d'actualisation de 3 % et une valeur AVCI de 3 fois le PIB par habitant. Les avantages mensuels totaux pour les ménages de la campagne de vaccination scolaire à deux doses sont de 0,57 USD. Le coût mensuel par ménage est de 0,13 USD, dont seulement 8 % sont attribuables au temps consacré par le ménage pour acquérir les vaccins reçus par ses membres. Les avantages nets dans ce cas de référence sont de 0,45 USD et le ratio avantage-coût est de 4,6.

Le tableau 7 présente les résultats d'une analyse de sensibilité qui montre la façon dont les variations du taux d'actualisation et de la valeur supposée d'une AVCI affectent les estimations des avantages et des coûts. Les avantages mensuels pour les ménages vont de 0,05 \$ à 1,52 \$ dans les neuf cas. Les coûts mensuels par ménage vont de 0,08 USD à 0,13 USD selon le taux d'actualisation. Les avantages nets totaux vont de - 0,02 USD à 1,40 USD par ménage par mois et le ratio avantage-coût varie de 0,7 à 12,2 par ménage par mois dans les neuf cas.

6.4 Vaccination scolaire à une dose

6.4.1 Avantages, coûts et ratio avantage-coût

Les résultats des calculs avantages-coûts pour la campagne de vaccination scolaire à une dose sont présentés au tableau 8 en supposant un taux d'actualisation de 3 % et une valeur AVCI de 3 fois le PIB par habitant. Les avantages mensuels totaux pour les ménages de la campagne de vaccination scolaire à une dose sont de 0,38 USD. Le coût mensuel par ménage est de 0,06 USD, ce qui comprend entièrement le coût mensuel actualisé des doses de vaccin reçues par ménage. Les avantages nets dans ce cas de référence sont de 0,32 USD et le ratio avantage-coût est de 6,1.

Le tableau 9 présente les résultats d'une analyse de sensibilité qui montre la façon dont les variations du taux d'actualisation et de la valeur supposée d'une AVCI affectent les estimations des avantages et des coûts. Les avantages mensuels pour les ménages vont de 0,04 \$ à 1,01 \$

dans les neuf cas. Les coûts mensuels par ménage vont de 0,04 USD à 0,06 USD selon le taux d'actualisation. Les avantages nets totaux vont de 0,00 USD à 0,95 USD par ménage par mois et le ratio avantage-coût varie de 1 à 16,2 par ménage dans les neuf cas.

6.5 Analyses de sensibilité

6.5.1 Analyses simples de sensibilité

Les analyses simples de sensibilité montrent que les avantages nets des interventions contre le choléra sont les plus sensibles à la valeur économique d'une AVCI évitée, au taux de létalité du choléra et au taux d'actualisation (figures 8a à d). Les avantages nets des deux interventions de vaccination scolaire sont plus sensibles à la couverture de la population de l'intervention de vaccination que les avantages nets des deux interventions de vaccination de masse parce que les interventions de vaccination scolaire touchent un pourcentage plus faible de la population haïtienne et que les effets marginaux de l'immunité collective sont plus importants à de faibles niveaux de couverture. Les avantages nets des deux interventions de vaccination de masse sont plus sensibles au prix marginal d'une dose de vaccin. Les coûts des interventions scolaires pourraient être moins importants que ceux que nous supposons, car la vaccination contre le choléra pourrait peut-être être incluse dans des programmes scolaires de vaccination de routine, et donc de coûts inférieurs. La durée de protection offerte par le vaccin et la taille du ménage sont moins importantes pour les résultats globaux.

6.5.2 Analyse de sensibilité multi-paramètres

Nous avons également effectué des simulations de Monte Carlo multi-paramètres permettant aux paramètres du modèle de varier en fonction des répartitions uniformes entre leurs valeurs présumées faibles et élevées (Figure 9). On peut faire plusieurs constatations intéressantes. Tout d'abord, la répartition des avantages nets pour l'intervention de vaccination scolaire à une dose est moins large que les répartitions pour les trois autres interventions. C'est logique parce que l'intervention scolaire à une dose offre moins de vaccins et a des avantages et des coûts moins élevés que les trois autres interventions.

Deuxièmement, les distributions cumulées des avantages nets pour les deux interventions de vaccination de masse sont déplacées vers la droite des deux interventions de vaccination scolaire. La raison est que les avantages supplémentaires pour la santé fournis par une couverture plus importante dépassent généralement les coûts supplémentaires de la vaccination de plus de personnes dans ces programmes qui touchent un pourcentage plus élevé de la population. Troisièmement, la proportion de simulations avec des avantages nets négatifs est la plus élevée avec l'intervention de vaccination de masse à deux doses. Quatrièmement, en comparant les interventions de vaccination scolaire, la répartition des avantages nets de l'intervention à deux doses est principalement sur la droite de l'intervention scolaire à une dose, car les avantages d'une meilleure protection offerte par la campagne scolaire à deux doses dépassent habituellement les coûts des vaccinations supplémentaires. En revanche, la répartition des avantages nets pour l'effort de vaccination de masse à deux doses ne domine pas clairement celle de la campagne de masse à dose unique. Cela s'explique par le fait que les avantages supplémentaires sont plus faibles lorsque les taux de couverture augmentent jusqu'aux niveaux élevés atteints dans ces campagnes, de sorte que les avantages supplémentaires de la protection collective diminuent. Néanmoins, les quatre interventions ne permettront pas de générer des avantages nets positifs dans certaines situations. Par conséquent, les décideurs devraient considérer attentivement la pertinence de chaque intervention, compte tenu des réalités locales.

7 Conclusion

Dans cette dernière partie, nous étudions la façon dont nous pensons que le groupe d'experts devrait interpréter les résultats de nos calculs avantages-coûts des quatre campagnes de vaccination présentées dans cet article. Les résultats pour les cas les plus plausibles pour les quatre interventions (taux d'actualisation de 3 % et valeur économique d'une AVCI = 3 fois le PIB par habitant) montrent que les avantages seront au moins deux fois supérieurs aux coûts. Les analyses de sensibilité montrent que les rapports avantages-coûts pour la campagne de vaccination scolaire à une dose sont les plus élevés (6,3 contre 4,8 pour la campagne de vaccination scolaire à deux doses, 3,6 pour la campagne de vaccination de masse à une dose et

2,2 pour la campagne de vaccination de masse à deux doses). La vaccination scolaire avec intervention à une dose produit le plus souvent des avantages nets positifs parmi les quatre interventions analysées. Le seul cas où les avantages nets sont approximativement égaux à zéro est quand le taux d'actualisation est de 12 % et la valeur économique d'une AVCI est de 1 fois le PIB par habitant. Dans les huit autres cas, les avantages nets sont positifs. Les interventions suivantes les mieux classées en termes de RAC sont 1) la campagne de vaccination de masse à une dose, et 2) la campagne scolaire à deux doses. Cependant, les résultats de ces deux interventions pour les cas avec taux d'actualisation élevé et faible valeur économique d'une AVCI montrent que les avantages sont inférieurs aux coûts.

Nos résultats suggèrent donc qu'il existe un argument économique fort pour la poursuite des campagnes de vaccination contre le choléra. Nous constatons que les campagnes à dose unique peuvent offrir des avantages nets importants. Il s'agit d'une découverte importante car l'offre mondiale de vaccins contre le choléra est limitée et les campagnes actuelles de vaccination en Haïti ne fournissent aux Haïtiens qu'une seule dose du vaccin. Les résultats confirment également la stratégie consistant à vacciner un pourcentage plus élevé de la population avec une dose de vaccin plutôt qu'un groupe plus petit avec le système standard à deux doses.

Notre analyse a cependant plusieurs limites. Tout d'abord, nous soulignons qu'il n'y a pas eu de recherches pour déterminer si les effets de la protection collective sont similaires dans les interventions de vaccination à dose unique et à deux doses. Nous avons inclus la protection collective dans toutes les analyses ; notre hypothèse selon laquelle ces effets indirects sont proportionnels à l'efficacité directe relative d'un système à dose unique par rapport à un système à deux doses est cependant très incertaine. L'avantage des interventions à une dose par rapport aux interventions à deux doses peut ainsi être surestimé.

Deuxièmement, cette analyse n'a pas permis de faire varier les coûts de programme et de livraison des campagnes de vaccination en fonction des changements des objectifs de couverture en raison du manque de données. Si l'augmentation de l'objectif de couverture d'une campagne fait augmenter les coûts marginaux, les avantages nets et les ratios avantage-coût par ménage diminueraient. De la même manière, dans le cadre de ces deux hypothèses (que la

protection globale est fonction décroissante des taux de couverture vaccinale, alors que les coûts sont indépendants de la taille du programme), le RAC aura toujours tendance à favoriser une taille de programme plus limitée, car les coûts augmentent plus rapidement que les avantages quand la taille du programme augmente. Pourtant, les programmes plus importants généreront des avantages totaux plus élevés et continueront ainsi à générer des avantages marginaux nets positifs par rapport aux programmes plus petits, en particulier pour les valeurs élevées d'AVCI évitée.

Troisièmement, le protocole exigé par le Projet Haïti Priorise du Consensus de Copenhague pour estimer les avantages économiques des améliorations sanitaires ne tient pas compte des préférences des ménages pour éviter l'infection par le choléra. Bien que la simplicité de la valorisation d'une AVCI comme multiple du PIB par habitant soit perçue comme utile pour la comparaison entre les interventions de santé, il est important de reconnaître que les Haïtiens peuvent considérer que leur condition de référence est un monde sans choléra car le choléra n'a été introduit en Haïti qu'en 2010. Par conséquent, lors de l'évaluation de la baisse du choléra, une estimation de la volonté d'accepter une compensation pour renoncer à une réduction de perte est plus appropriée qu'une volonté de payer pour réduire le risque d'infection par le choléra. Cette mesure de variation équivalente de la réduction d'une perte économique donnera une valeur économique plus élevée qu'une mesure de variation compensatoire de la volonté de payer d'un gain de santé d'une ampleur comparable. Par conséquent, nous croyons que les avantages économiques des interventions contre le choléra sont potentiellement plus importants que ce que suggèrent les mesures du protocole du Consensus de Copenhague.

Quatrièmement, indépendamment des résultats de l'analyse avantages-coûts, la dimension morale du problème du choléra en Haïti devrait être examinée. Nous croyons que les citoyens d'Haïti ont droit à des mesures correctives financées par les Nations Unies. La stratégie actuelle de vaccination contre le choléra de l'OMS (décrite dans son exposé de position sur le vaccin contre le choléra de 2010) et la stratégie du gouvernement haïtien sont de combiner les efforts pour l'eau et l'assainissement avec les campagnes de vaccination pour contrôler ou éliminer le choléra. Bien que notre analyse n'ait pas modélisé les avantages et les coûts liés à la

combinaison des interventions pour l'eau et l'assainissement et des campagnes de vaccination contre le choléra, les deux interventions auront probablement plus d'effet sur le contrôle de la maladie qu'une seule et le groupe d'experts devrait envisager de les recommander toutes les deux pour un financement simultané.

Tableau récapitulatif

Interventions	Actualisation	Avantage	Coût	RAC	Qualité des données
Vaccination de masse à deux doses	3 %	1,18 \$ US	0,54 \$ US	2,2	Moyennes
	5 %	0,80 \$ US	0,38 \$ US	2,1	
	12 %	0,34 \$ US	0,34 \$ US	1,0	
Vaccination de masse à une dose	3 %	0,96 \$ US	0,27 \$ US	3,6	Limitées
	5 %	0,66 \$ US	0,19 \$ US	3,5	
	12 %	0,28 \$ US	0,17 \$ US	1,6	
Vaccination scolaire à deux doses	3 %	0,57 \$ US	0,13 \$ US	4,6	Moyennes
	5 %	0,39 \$ US	0,09 \$ US	4,5	
	12 %	0,16 \$ US	0,08 \$ US	2,1	
Vaccination scolaire à une dose	3 %	0,38 \$ US	0,06 \$ US	6,1	Limitées
	5 %	0,26 \$ US	US \$ 0,04	5,9	
	12 %	0,11 \$ US	US \$ 0,04	2,8	

Remerciements

Nous souhaitons remercier Brad Wong, Alain Pérodin, Nancy Dubosse et un relecteur anonyme pour des commentaires utiles et des suggestions sur un avant-projet.

Références

- Alam, M. T., Weppelmann, T. A., Weber, C. D., Johnson, J. A., Rashid, M. H., Birch, C. S., Brumback, B. A., De Rochars, V. M., Glenn, J., & Ali, A. (2014). Monitoring Water Sources for Environmental Reservoirs of Toxigenic *Vibrio cholerae* O1, Haiti. *Emerging Infectious Diseases*, 20(3), 363. <https://dx.doi.org/10.3201/eid2003.131293>.
- Alam, M. T., Weppelmann, T. A., Longini, I., De Rochars, V. M., Morris, J. G. Jr, & Ali, A. (2015) Increased isolation frequency of toxigenic *Vibrio cholerae* O1 from environmental monitoring sites in Haiti. *PLoS One* 2015;10(4):e0124098. pmid:25853552
- Ali, M., Emch, M., von Seidlein, L., Yunus, M., Sack, D. A., Rao, M., Holmgren, J., & Clemens, J. D. (2005). Herd immunity conferred by killed oral cholera vaccines in Bangladesh: a reanalysis. *The Lancet*, 366(9479), 44-49. doi:10.1016/S0140-6736(05)66550-6
- Azman, A. S., Parker, L. A., Rumunu, J., Tadesse, F., Grandesso, F., Deng, L. L., Lino, R. L., Bior, B. K., Lasuba, M., Page, A. L., Ontweka, L., Llosa, A. E., Cohuet, S., Pezzoli, L., Sodnijou, D. V., Abubakar, A., Debes, A. K., Mpairwe, A. M., Wamala, J. F., Jamet, C., Lessler, J., Sack, D. A., Quilici, M. L., Ciglenecki, I., & Luquero, F. J. (2016). Effectiveness of one dose of oral cholera vaccine in response to an outbreak: a case-cohort study. *The Lancet Global Health*, 4(11), e856-e863. [doi:http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X\(16\)30211-X](http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X(16)30211-X)
- Azman, A. S., Luquero, F. J., Ciglenecki, I., Grais, R. F., Sack, D. A., & Lessler, J. (2015). The impact of a one-dose versus two-dose oral cholera vaccine regimen in outbreak settings: a modeling study. *PLoS Med*, 12(8), e1001867.
- Baik, Y. O., Choi, S. K., Olveda, R. M., Espos, R. A., Ligsay, A. D., Montellano, M. B., Yeam, J. S., Yang, J. S., Park, J. Y., Kim, D. R., Desai, S. N., Singh, A. P., Kim, I. Y., Kim, C. W., & Park, S. N. (2015). A randomized, non-inferiority trial comparing two bivalent killed, whole cell,

- oral cholera vaccines (Euvichol vs Shanchol) in the Philippines. *Vaccine*, 33(46), 6360-6365. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.vaccine.2015.08.075>
- Barzilay, E. J., Schaad, N., Magloire, R., Mung, K. S., Boncy, J., Dahourou, G. A., Mintz, E. D., Steenland, M. W., Vertefeuille, J. F., & Tappero, J. W. (2013). Cholera surveillance during the Haiti epidemic—the first 2 years. *New England Journal of Medicine*, 368(7), 599-609.
- Beaubien, J. (2016, Novembre 08). Haiti Launches Largest-Ever Cholera Vaccination Campaign. Extrait le 7 février 2017 de <http://www.npr.org/sections/goatsandsoda/2016/11/08/501155987/haiti-launches-largest-ever-emergency-cholera-vaccination-campaign>
- Cook, J., Jeuland, M., Maskery, B., Lauria, D., Sur, D., Clemens, J., & Whittington, D. (2009). Using private demand studies to calculate socially optimal vaccine subsidies in developing countries. *Journal of Policy Analysis and Management*, 28(1), 6-28.
- Cook, J., Jeuland, M., Maskery, B., & Whittington, D. (2012). Giving stated preference respondents “time to think”: results from four countries. *Environmental and Resource Economics*, 51(4), 473-496.
- Cravioto, A., Lanata, C., Lantagne, D., & Nair, G. (2011). Final Report of the Independent Panel of Experts on the Cholera Outbreak in Haiti. Nations Unies. 1–32.
- Deen, J. L., Von Seidlein, L., Sur, D., Agtini, M., Lucas, M. E., Lopez, A. L., Kim, D. R., Ali, M., & Clemens, J. D. (2008). The high burden of cholera in children: comparison of incidence from endemic areas in Asia and Africa. *PLoS Negl Trop Dis*, 2(2), e173.
- Desai, S. N., Pezzoli, L., Martin, S., Costa, A., Rodriguez, C., Legros, D., & Perea, W. (2016). A second affordable oral cholera vaccine: implications for the global vaccine stockpile. *The Lancet Global Health*, 4(4), e223-e224. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X\(16\)00037-1](http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X(16)00037-1)
- Farmer, P., Almazor, C. P., Bahnsen, E. T., Barry, D., Bazile, J., Bloom, B. R., Bose, N., Brewer, T., Calderwood, S. B., Clemens, J. D., Cravioto, A., Eustache, E., Jerome, G, Gupta, N., Harris,

- J. B., Hiatt, H. H., Holstein, C., Hotez, P. J., Ivers, L. C., Kerry, V. B., Koenig, S. P., LaRocque, R. C., Leandre, F., Lambert, W., Lyon, E., Mekalanos, J. J., Mukherjee, J. S., Oswald, C., Pape, J., Prosper, A. G., Rabinovich, R., Raymonville, M., Rejouit, J., Ronan, L. J., Rosenberg, M. L., Ryan, E. T., Sachs, J. D., Sack, D. A., Surena, C., Suri, A. A., Ternier, R., Waldor, M. K., Walton, D., & Weigel, J. L. (2011). Meeting Cholera's Challenge to Haiti and the World: A Joint Statement on Cholera Prevention and Care. *PLoS Negl Trop Dis* 5(5): e1145. doi:10.1371/journal.pntd.0001145
- GAVI. (8 novembre 2016). *Cholera vaccination campaign kicks off in Haiti*. Extrait le 5 mars 2017 de <http://www.gavi.org/library/news/gavi-features/2016/cholera-vaccination-campaign-kicks-off-in-haiti/>
- Haiti Pre-decision Brief: CDC Responds to Cholera Outbreak in Haiti. (2010). Atlanta, États-Unis. Centers for Disease Control (CDC). Extrait le 6 janvier 2017 de <https://www.cdc.gov/cholera/haiti/pre-decision-brief.html>
- Hammit, J., & Robinson, L. (2011). The Income Elasticity of the Value per Statistical Life: Transferring Estimates between High and Low Income Populations. *Journal of Benefit-Cost Analysis* 2(1): 1-29.
- Harnessing Non-State Actors for Better Health for the Poor (HANSHEP) (2014). *Global Health Investment Fund invests in Low-Cost Oral Cholera Vaccine*. Extrait le 18 avril 2017 de <http://www.hanshep.org/news-and-events/global-health-investment-fund-invests-in-low-cost-oral-cholera-vaccine>
- Hendriksen, R. S., Price, L. B., Schupp, J. M., Gillece, J. D., Kaas, R. S., Engelthaler, D. M., Bortolaia, V., Pearson, T., Waters, A. E., Upadhyay, B. P., Shrestha, S. D., Adhikari, S., Shakya, G., Keim, P. S., & Aarestrup, F. M. (2011). Population genetics of *Vibrio cholerae* from Nepal in 2010: evidence on the origin of the Haitian outbreak. *MBio*, 2(4), e00157-00111.
- Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) (2015). GBD Results Tool. Seattle, WA: IHME, University of Washington. Disponible à l'adresse <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>. (Consulté le 25 décembre 2016)

- Ivers, L. C., Hilaire, I. J., Teng, J. E., Almazor, C. P., Jerome, J. G., Ternier, R., Boncy, J., Buteau, J., Murray, M. B., Harris, J. B., & Franke, M. F. (2015). Effectiveness of reactive oral cholera vaccination in rural Haiti: a case-control study and bias-indicator analysis. *The Lancet Global Health*, 3(3), e162-e168.
- Ivers, L. C., Teng, J. E., Lascher, J., Raymond, M., Weigel, J., Victor, N., Jerome, J. G., Hilaire, I. J., Almazor, C. P., Ternier, R., Francois, J., Guillaume, F. D., & Farmer, P. E. (2013). Use of Oral Cholera Vaccine in Haiti: A Rural Demonstration Project. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 89(4), 617–624. <http://doi.org/10.4269/ajtmh.13-0183>
- Ivers, L. C. (2017). Eliminating Cholera Transmission in Haiti. *New England Journal of Medicine*, 376(2), 101-103. doi:doi:10.1056/NEJMp1614104
- Jeuland, M., Cook, J., Poulos, C., Clemens, J., & Whittington, D. (2009). Cost-Effectiveness of New-Generation Oral Cholera Vaccines: A Multisite Analysis. *Value in Health*, 12(6), 899-908. [doi:http://dx.doi.org/10.1111/j.1524-4733.2009.00562.x](http://dx.doi.org/10.1111/j.1524-4733.2009.00562.x)
- Jeuland, M., Lucas, M., Clemens, J., & Whittington D. (2009) A cost-benefit analysis of cholera vaccination programs in Beira, Mozambique. *The World Bank Economic Review* 23(2): 235–267.
- Jeuland, M., & Whittington, D. (2009). Cost–benefit comparisons of investments in improved water supply and cholera vaccination programs. *Vaccine*, 27(23), 3109-3120. [doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.vaccine.2009.02.104](http://dx.doi.org/10.1016/j.vaccine.2009.02.104)
- Jeuland, M., Radin, M., & Whittington, D. (2017). Economic Costs and Benefits of Three Water and Sanitation Interventions in Rural Haiti. *Copenhagen Consensus Haiti Priorise Project*.
- Knetsch J. L., Riyanto, Y. E., & Zong, J. (2012). Gain and loss domains and the choice of welfare measure of positive and negative changes. *J. Benefit-Cost Anal.* 3 (4): 1-18.

- Kim, D., Canh, D. G., Poulos, C., Thoa, L. T., Cook, J., Hoa, N. T., Nyamete, A., Thuy, D. T. D., Deen, J., Clemens, J., Thiem, V. D., Anh, D. D., & Whittington, D. (2008). Private demand for cholera vaccines in Hue, Vietnam. *Value in Health, 11*(1), 119-128.
- Kirpich, A., Weppelmann, T. A., Yang, Y., Ali, A., Morris Jr, J. G., & Longini, I. M. (2015). Cholera transmission in Ouest Department of Haiti: dynamic modeling and the future of the epidemic. *PLoS Negl Trop Dis, 9*(10), e0004153.
- Longini Jr, I. M., Nizam, A., Ali, M., Yunus, M., Shenvi, N., & Clemens, J. D. (2007). Controlling endemic cholera with oral vaccines. *PLoS Med, 4*(11), e336.
- Lucas, M. E., Jeuland, M., Deen, J., Lazaro, N., MacMahon, M., Nyamete, A., Barreto, A., von Seidlein, L., Cumbane, A., Songane, F. F., & Whittington, D. (2007). Private demand for cholera vaccines in Beira, Mozambique. *Vaccine, 25*(14), 2599-2609.
- Mogasale, V., Ramani, E., Wee, H., & Kim, J. H. (2016) Oral Cholera Vaccination Delivery Cost in Low- and Middle-Income Countries: An Analysis Based on Systematic Review. *PLoS Negl Trop Dis 10*(12): e0005124. doi:10.1371/journal.pntd.0005124
- Morris, J. (2011). Cholera—Modern Pandemic Disease of Ancient Lineage-Volume 17, Number 11—November 2011-Emerging Infectious Disease journal-CDC.
- PAHO's Atlas of Cholera Outbreak in la Hispaniola 2010-2016. (29 octobre 2016). Extrait le 15 mars 2017 de http://new.paho.org/hq/images/Atlas_IHR/CholeraHispaniola/atlas.html
- Mitchell, C. (28 novembre 2016). Haiti's Ministry of Health successfully vaccinates 729,000 persons against cholera. Extrait le 12 mars 2017 de http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12771%3Ahaiti-ministry-of-health-vaccinates-729000-persons-against-cholera&Itemid=135&lang=en
- Republic of Haiti: Ministry of Public Health and Population, National Directorate for Water Supply and Sanitation. National Plan for the Elimination of Cholera in Haiti, 2013–2022. Port-au-Prince : République d'Haïti ;

2013. http://new.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=20326&Itemid=270&lang=eng/

République d'Haïti : Ministère de la santé publique et de la population. (Mai 2015). Rapport Statistique 2014.

<https://mspp.gouv.ht/site/downloads/Rapport%20Statistique%20MSPP%202014%20version%20web.pdf>

République d'Haïti : Ministère de la santé publique et de la population. (Mai 2014). Rapport Statistique 2013.

<http://www.mspp.gouv.ht/site/downloads/Rapport%20Statistique%20MSPP%202013.pdf>

Qadri, F., Wierzba, T. F., Ali, M., Chowdhury, F., Khan, A. I., Saha, A., Khan, I. A., Asaduzzaman, M., Akter, A., Khan, A., Begum, Y. A., Bhuiyan, T. R., Khanam, F., Chowdhury, M. I., Islam, T., Chowdhury, A. I., Rahman, A., Siddique, S. A., You, Y. A., Kim, D. R., Siddik, A. U., Saha, N. C., Kabir, A., Cravioto, A., Desai, S. N., Singh, A. P., & Clemens, J. D. (2016). Efficacy of a Single-Dose, Inactivated Oral Cholera Vaccine in Bangladesh. *New England Journal of Medicine*, 374(18), 1723-1732. doi:doi:10.1056/NEJMoa1510330

Rinaldo, A., Bertuzzo, E., Mari, L., Righetto, L., Blokesch, M., Gatto, M., Casagrandi, R., Murray, M., Vesenbeckh, & Rodriguez-Iturbe, I. (2012). Reassessment of the 2010–2011 Haiti cholera outbreak and rainfall-driven multiseason projections. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(17), 6602–6607. <http://doi.org/10.1073/pnas.1203333109>.

Severe, K., Rouzier, V., Anglade, S. B., Bertil, C., Joseph, P., Deroncelay, A., Mabou, M. M., Wright, P. F., Guillaume, F. D., & Pape, J. W. (2016). Effectiveness of Oral Cholera Vaccine in Haiti: 37-Month Follow-Up. *The American journal of tropical medicine and hygiene* 94(5): 1136-42.

Tappero, J. W., & Tauxe, R. V. (2011). Lessons Learned during Public Health Response to Cholera Epidemic in Haiti and the Dominican Republic. *Emerging Infectious Diseases*, 17(11), 2087–2093. <http://doi.org/10.3201/eid1711.110827>

Assemblée générale des Nations Unies, 71^e session. “Provisional Agenda Item 69 (b): Report of the Special Rapporteur on Extreme Poverty and Human Rights,” A/71/367, Official Records. (2016). New York.

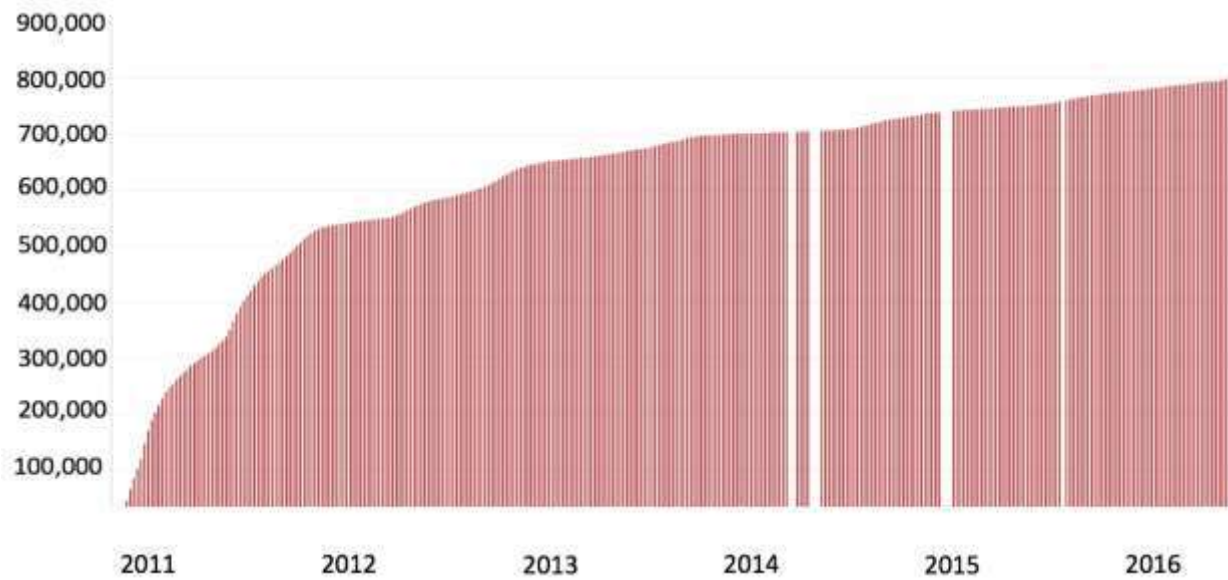
Whittington, D., Adamowicz, W., & Lloyd-Smith, P. (2017). Asking Willingness-to-Accept Questions in Stated Preference Surveys: A Review and Research Agenda. À paraître dans *Annual Review of Resource Economics*.

Organisation mondiale de la santé (OMS) (2010) Vaccin contre le choléra : exposé de position de l'OMS. Weekly epidemiological record. OMS, Genève.

WHO Prequalified Vaccines. (2017). Extrait le 1er mars 2017 de https://extranet.who.int/gavi/PQ_Web/

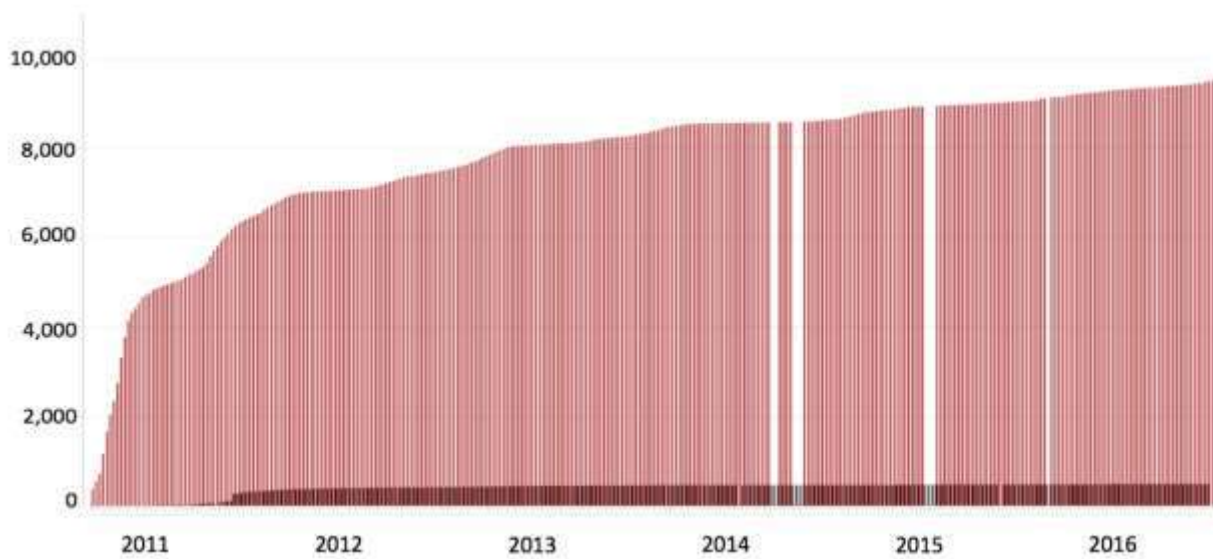
Figures and Tables

Figure 1: Cas de choléra déclarés cumulés (oct. 2010- oct. 2016)



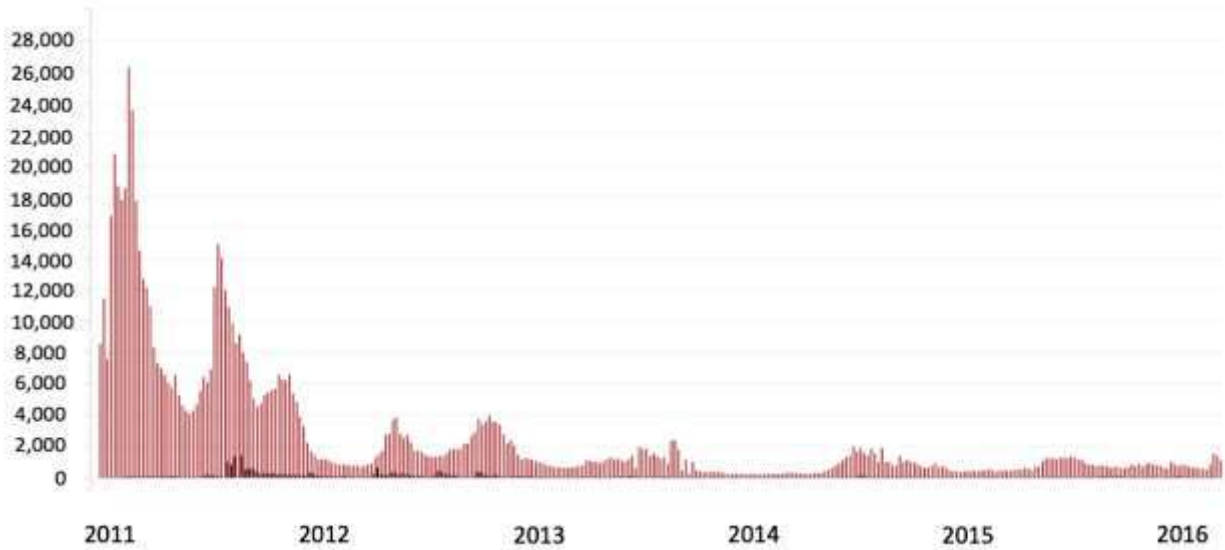
Source : Atlas de l'épidémie de Choléra à Hispaniola, 2010-2016

Figure 2: Décès du choléra cumulés (oct. 2010- oct. 2016)



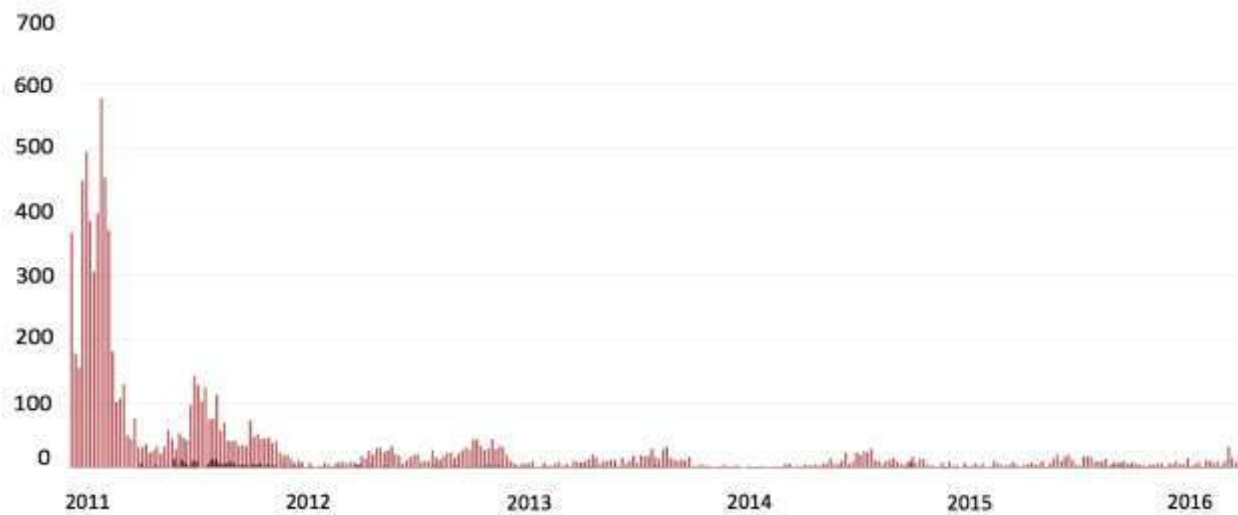
Source : Atlas de l'épidémie de Choléra à Hispaniola, 2010-2016

Figure 3: Nouveaux cas de choléra signalés par semaine (oct. 2010- oct. 2016)



Source : Atlas de l'épidémie de Choléra à Hispaniola, 2010-2016

Figure 4: Nouveaux décès du choléra déclarés par semaine (oct. 2010- oct. 2016)



Source : Atlas de l'épidémie de Choléra à Hispaniola, 2010-2016

Figure 5: Pourcentage de ménages signalant un décès du choléra par département (oct. 2010- oct. 2016)

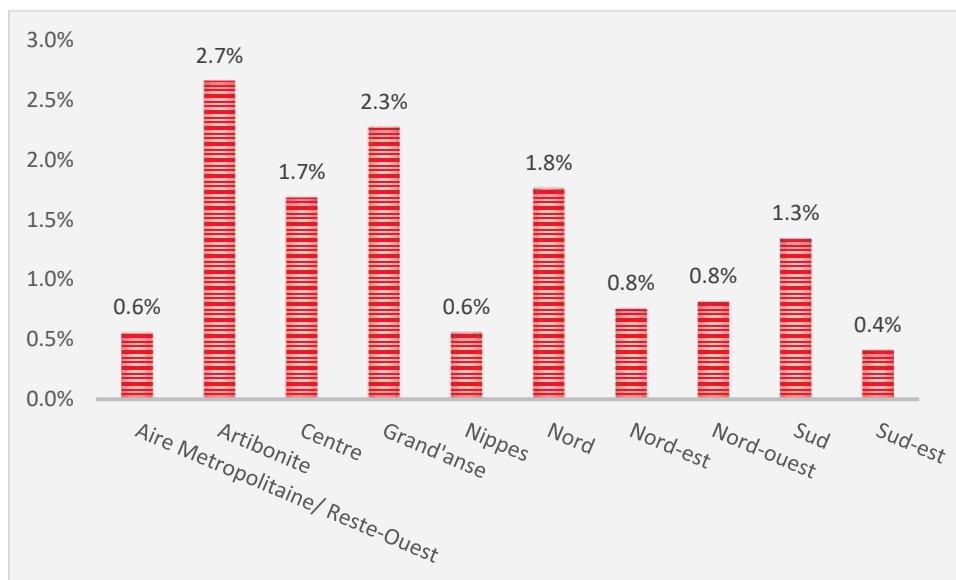


Figure 6: Ménages signalant des cas non mortels de choléra par département (oct. 2010- oct. 2016)

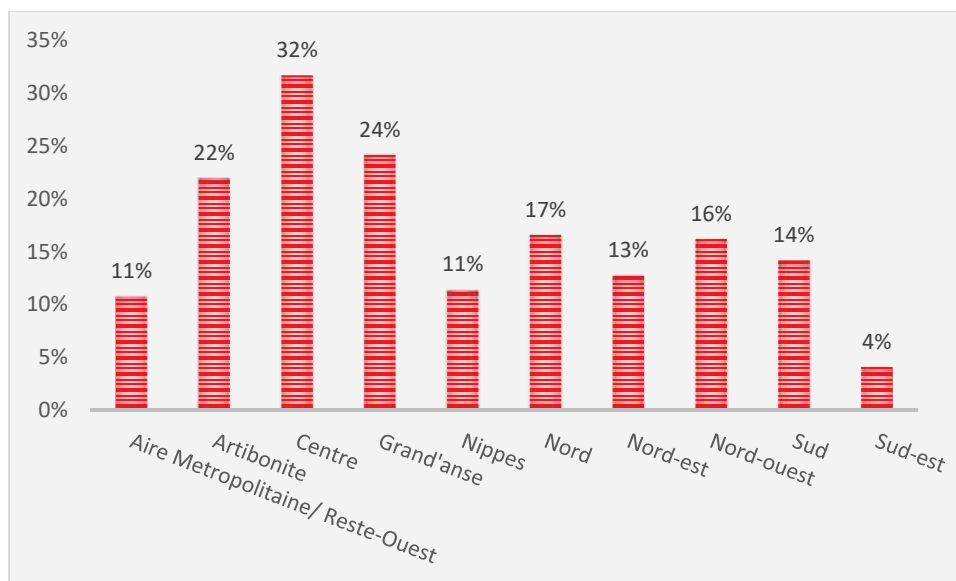
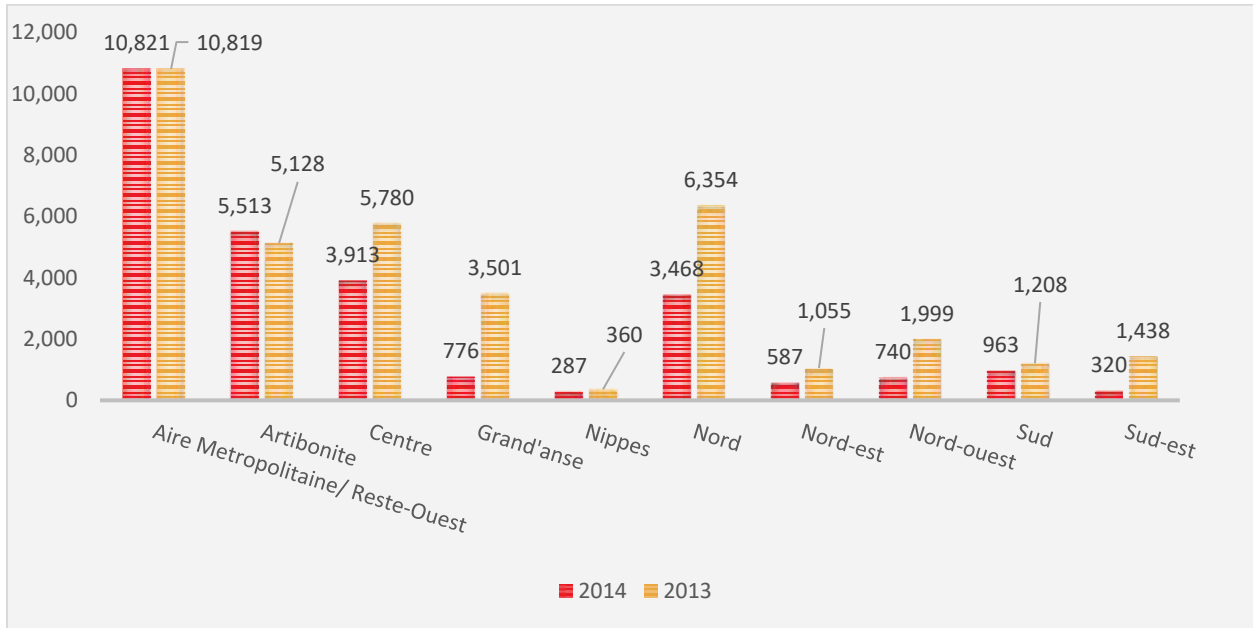


Figure 7: Cas de choléra en 2014 et 2013



Source : Rapport statistique 2014 et 2013

Tableau 1: Valeurs des paramètres et sources de données

Symbole	Paramètre	Faible	Moyen	Élevé	Notes
Paramètres communs entre les interventions					
M	Taille du ménage	4,2	4,7	5,2	Données EDS Haïti 2012 sur les tailles des ménages ruraux dans les départements
W_u	Salaire du marché pour un travail non qualifié (\$/jour)	0,50	1,25	2,00	Jeuland et Whittington (2009)
$\frac{W_u}{2}$	Valeur du temps / salaire du marché pour un travail non qualifié	0,50	0,50	0,50	Compte tenu de l'hypothèse de 50 % des revenus moyens de groupe analysés
C_i	Incidence du choléra (cas/pc-an)	2,48	4,69	5,71	Calculé avec une moyenne pondérée des cas de choléra autodéclarés de l'ENS 2012 et les données du Rapport statistique 2014 du MSPP, et divisé par la population rurale.
$AVCI_c$	Charge du choléra en AVCI	0,08	0,105	0,27	Jeuland et Whittington (2009)
C_D	Durée du cas de choléra (jours)	2	4	8	Jeuland, Whittington (2009)
TLC	Taux de létalité du choléra (%)	0,50 %	1,10 %	3,00 %	Hypothèses tirées de Jeuland et Whittington (2009) et moyenne confirmée par le Rapport statistique 2014
LE	Espérance de vie actuelle	42,7	55,1	59,1	Les données de l'EDS Haïti 2012 ont été utilisées pour calculer le rapport des sexes dans les départements ruraux pour une espérance de vie moyenne, et le min et le max sont tirés de deux autres pays de la classification des Pays à faible revenu de la Banque mondiale et en utilisant la baisse en pourcentage de l'espérance de vie supposée en Haïti (Sierra Leone et Népal).
V_{AVCI}	Valeur d'une AVCI évitée (\$)	820,0 0	2460,0 0	6560,0 0	Pondérations et PIB donnés

r	Taux d'actualisation réel, hors inflation (%)	0,03	0,05	0,12	Hypothèse donnée
	Coûts fixes par campagne				Inconnu
	Étendue de la protection collective dans les campagnes à deux doses	60 %	80 %	100 %	Jeuland et al. 2009
	Étendue de la protection collective dans les campagnes à deux doses	22 %	48 %	81 %	Hypothèse des auteurs fondée sur l'efficacité proportionnelle de l'administration d'une dose de vaccin par rapport à deux doses de vaccin
L	Durée de protection offerte par le vaccin	2	3	4	Jeuland et al. 2009
S_D	Coût marginal par dose (\$)	0,70 \$	2,00 \$	3,30 \$	Jeuland et Whittington 2009 et confirmation par des estimations plus basses dans Mogasale et al. 2016
T_D	Temps consacré à un vaccin à dose unique (h)	0,25	0,75	1,25	Jeuland et Whittington (2009)
FRC	Facteur de récupération du capital annuel	0,5 \$	0,4 \$	-0,3 \$	Fonction du taux d'actualisation et de la durée de vie du projet.
Campagne de masse					
E_V	Efficacité des vaccins — vaccinés à 2 doses (%)	72 %	94 %	99 %	Moyenne d'Ivers et al. (2015) et Azman et al. (2015)
E_U	Efficacité du vaccin — non vaccinés à 2 doses (%)	68 %	86 %	95 %	Moyenne d'Ivers et al. (2015) et Azman et al. (2015)
E_V	Efficacité du vaccin — vaccinés à 1 dose (%)	36 %	77 %	95 %	Hypothèses des auteurs, basées sur Azman et al. 2015, et Qandri et al. (2016).
E_U	Efficacité du vaccin — non vaccinés à 1 dose (%)	34 %	70 %	92 %	Hypothèses des auteurs, basées sur Azman et al. 2015, et Qandri et al. (2016).
V_{voc}	Taux de couverture vaccinale en pourcentage de la population	50 %	65 %	80 %	Jeuland et Whittington 2009
Campagne scolaire					

C_i	Incidence du choléra chez les enfants (cas/1000-an)	4,73	5,02	5,31	Le taux est calculé par taux de fardeau mondial de la maladie <14 en proportion de l'incidence de la diarrhée multipliée par les cas de choléra, puis divisée par le pourcentage de la population de moins de 14 ans selon les données fournies
E_v	Efficacité des vaccins — vaccinés à 2 doses (%)	64 %	84 %	80 %	Moyenne d'Ivers et al. (2015) et Azman et al. (2015)
E_u	Efficacité du vaccin — non vaccinés à 2 doses (%)	19 %	35 %	53 %	Moyenne d'Ivers et al. (2015) et Azman et al. (2015)
E_v	Efficacité du vaccin — vaccinés à 1 dose (%)	18 %	48 %	78 %	Hypothèses des auteurs, basées sur Azman et al. 2015, et Qandri et al. (2016).
E_u	Efficacité du vaccin — non vaccinés à 1 dose (%)	7 %	22 %	47 %	Hypothèses des auteurs, basées sur Azman et al. 2015, et Qandri et al. (2016).
V_{voc}	Couverture — en fraction de population	10 %	15 %	20 %	Jeuland et Whittington 2009.

Tableau 2: Résultats pour les ménages de la campagne de masse à 2 doses (avec 3 % de taux d'actualisation, une valeur d'AVCI de 3 x PIB par habitant)

	Ménage			% du total
	Base de référence	Campagne de masse à 2 doses	Modification	
Avantages (US \$/ménage par mois)				
Avantages pour la santé (\$)	-	1,18 \$	+ 1,18 \$	100 %
Coûts (US \$/ménage par mois)				
Coût en capital (\$)	-	0,52 \$	- 0,52 \$	96 %
Coût en temps (\$)	-	0,02 \$	- 0,02 \$	4 %
Coûts totaux	-	0,54 \$	- 0,54 \$	
Avantages nets	-	0,63 \$	0,63 \$	
Ratio avantage-coût	-	2,17	2,17	

Source : Calculs des auteurs

Tableau 3: Résultats pour les ménages de la campagne de masse à 2 doses Analyse de sensibilité

	Valeur AVCI basse			Valeur AVCI moyenne			Valeur AVCI haute		
	Taux d'actualisation bas	Taux d'actualisation moyen	Taux d'actualisation haut	Taux d'actualisation bas	Taux d'actualisation moyen	Taux d'actualisation haut	Taux d'actualisation bas	Taux d'actualisation moyen	Taux d'actualisation haut
Avantages totaux	0,39 \$	0,27 \$	0,11 \$	1,18 \$	0,80 \$	0,34 \$	3,14 \$	2,14 \$	0,90 \$
Coûts totaux	0,54 \$	0,38 \$	0,34 \$	0,54 \$	0,38 \$	0,34 \$	0,54 \$	0,38 \$	0,34 \$
Avantages nets	- 0,15 \$	- 0,11 \$	- 0,23 \$	0,63 \$	0,42 \$	0,00 \$	2,59 \$	1,76 \$	0,56 \$
Ratio avantage-coût	0,72	0,70	0,33	2,17	2,11	0,99	5,79	5,63	2,64

Source : Calculs des auteurs

Tableau 4: Résultats pour les ménages de la campagne de masse à 1 dose (avec 3 % de taux d'actualisation, une valeur d'AVCI de 3 x PIB par habitant)

	Ménage			% du total
	Base de référence	Campagne de masse à 2 doses	Modification	
Avantages (US \$/ménage par mois)				
Avantages pour la santé (\$)	-	0,96 \$	+ 0,96 \$	100 %
Coûts (US \$/ménage par mois)				
Coût en capital (\$)	-	0,26 \$	- 0,26 \$	96 %
Coût en temps (\$)	-	0,01 \$	- 0,01 \$	4 %
Coûts totaux	-	0,27 \$	- 0,27 \$	
Avantages nets	-	0,69 \$	0,69 \$	
Ratio avantage-coût	-	3,55	3,55	

Source : Calculs des auteurs

Tableau 5: Résultats pour les ménages de la campagne de masse à 1 dose Analyse de sensibilité

	Valeur AVCI basse			Valeur AVCI moyenne			Valeur AVCI haute		
	Taux d'actualisation bas	Taux d'actualisation moyen	Taux d'actualisation haut	Taux d'actualisation bas	Taux d'actualisation moyen	Taux d'actualisation haut	Taux d'actualisation bas	Taux d'actualisation moyen	Taux d'actualisation haut
Avantages totaux	0,32 \$	0,22 \$	0,09 \$	0,96 \$	0,66 \$	0,28 \$	2,57 \$	1,75 \$	0,74 \$
Coûts totaux	0,27 \$	0,19 \$	0,17 \$	0,27 \$	0,19 \$	0,17 \$	0,27 \$	0,19 \$	0,17 \$
Avantages nets	0,05 \$	0,03 \$	- 0,08 \$	0,69 \$	0,47 \$	0,11 \$	2,30 \$	1,56 \$	0,57 \$
Ratio avantage-coût	1,18	1,15	0,54	3,55	3,45	1,62	9,48	9,21	4,33

Source : Calculs des auteurs

Tableau 6: Résultats pour les ménages de la campagne de masse à 2 doses (avec 3 % de taux d'actualisation, une valeur d'AVCI de 3 x PIB par habitant)

	Ménage			% du total
	Base de référence	Campagne de masse à 2 doses	Modification	
Avantages (US \$/ménage par mois)				
Avantages pour la santé (\$)	-	0,57 \$	+ 0,57 \$	100 %
Coûts (US \$/ménage par mois)				
Coût en capital (\$)	-	0,12 \$	- 0,12 \$	92 %
Coût en temps (\$)	-	0,01 \$	- 0,01 \$	8 %
Coûts totaux	-	0,13 \$	- 0,13 \$	
Avantages nets	-	0,45 \$	0,45 \$	
Ratio avantage-coût	-	4,6	4,6	

Source : Calculs des auteurs

Tableau 7: Résultats pour les ménages de la campagne scolaire à 2 doses Analyse de sensibilité

	Valeur AVCI basse			Valeur AVCI moyenne			Valeur AVCI haute		
	Taux d'actualisation bas	Taux d'actualisation moyen	Taux d'actualisation haut	Taux d'actualisation bas	Taux d'actualisation moyen	Taux d'actualisation haut	Taux d'actualisation bas	Taux d'actualisation moyen	Taux d'actualisation haut
Avantages totaux	0,19 \$	0,13 \$	0,05 \$	0,57 \$	0,39 \$	0,16 \$	1,52 \$	1,04 \$	0,44 \$
Coûts totaux	0,13 \$	0,09 \$	0,08 \$	0,13 \$	0,09 \$	0,08 \$	0,13 \$	0,09 \$	0,08 \$
Avantages nets	0,07 \$	0,04 \$	- 0,02 \$	0,45 \$	0,30 \$	0,09 \$	1,40 \$	0,95 \$	0,36 \$
Ratio avantage-coût	1,52	1,48	0,70	4,57	4,45	2,09	12,19	11,85	5,56

Source : Calculs des auteurs

Tableau 8: Résultats pour les ménages de la campagne scolaire à 1 dose (avec 3 % de taux d'actualisation, une valeur d'AVCI de 3 x PIB par habitant)

	Ménage			% du total
	Base de référence	Campagne de masse à 2 doses	Modification	
Avantages (US \$/ménage par mois)				
Avantages pour la santé (\$)	-	0,38 \$	+ 0,38 \$	100 %
Coûts (US \$/ménage par mois)				
Coût en capital (\$)	-	0,06 \$	- 0,06 \$	100 %
Coût en temps (\$)	-	0,00 \$	- 0,00 \$	0 %
Coûts totaux	-	0,06 \$	- 0,06 \$	
Avantages nets	-	0,32 \$	0,32 \$	
Ratio avantage-coût	-	6,08	6,08	

Source : Calculs des auteurs

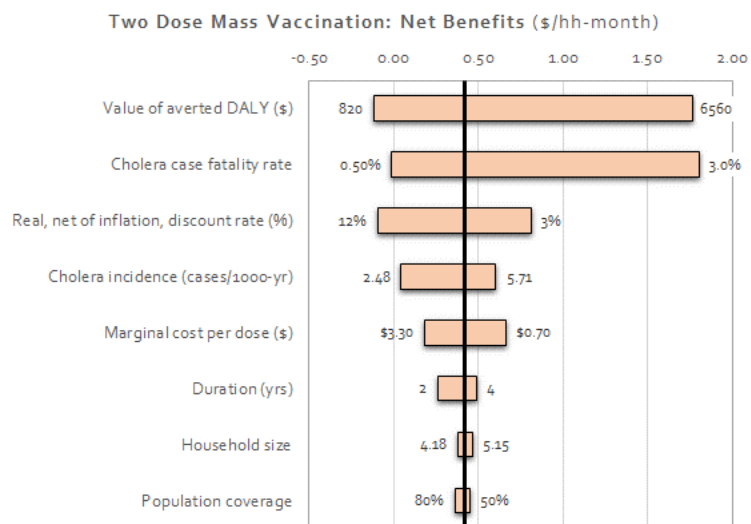
Tableau 9: Résultats pour les ménages de la campagne scolaire à 1 dose Analyse de sensibilité

	Valeur AVCI basse			Valeur AVCI moyenne			Valeur AVCI haute		
	Taux d'actualisation bas	Taux d'actualisation moyen	Taux d'actualisation haut	Taux d'actualisation bas	Taux d'actualisation moyen	Taux d'actualisation haut	Taux d'actualisation bas	Taux d'actualisation moyen	Taux d'actualisation haut
Avantages totaux	0,13 \$	0,09 \$	0,04 \$	0,38 \$	0,26 \$	0,11 \$	1,01 \$	0,69 \$	0,29 \$
Coûts totaux	0,06 \$	0,04 \$	0,04 \$	0,06 \$	0,04 \$	0,04 \$	0,06 \$	0,04 \$	0,04 \$
Avantages nets	0,06 \$	0,04 \$	0,00 \$	0,32 \$	0,22 \$	0,07 \$	0,95 \$	0,65 \$	0,25 \$
Ratio avantage-coût	2,03	1,97	0,93	6,08	5,91	2,78	16,22	15,76	7,40

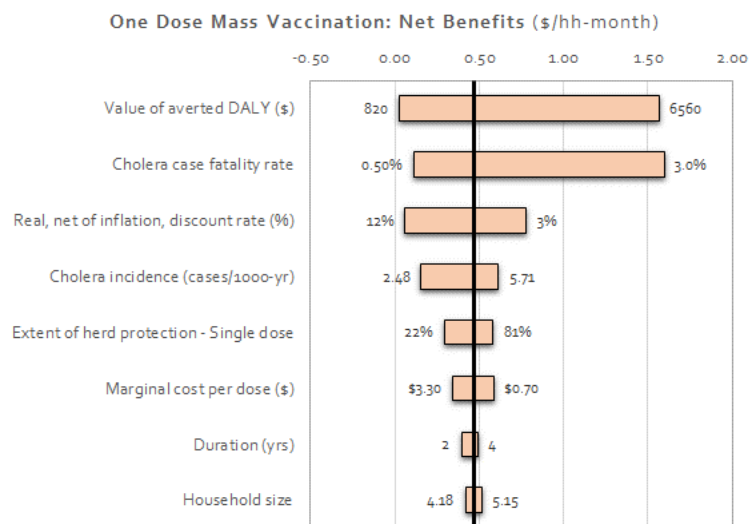
Source : Calculs des auteurs

Figure 8a-d : Analyse simple de sensibilité pour les options du programme de vaccination contre le choléra

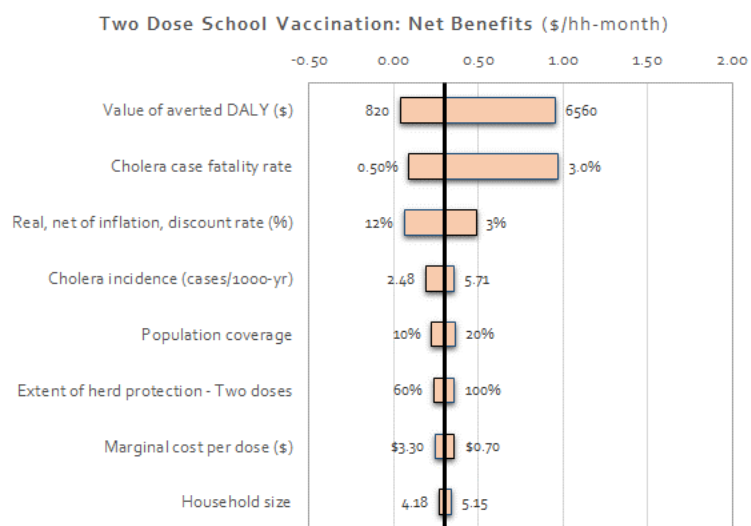
a



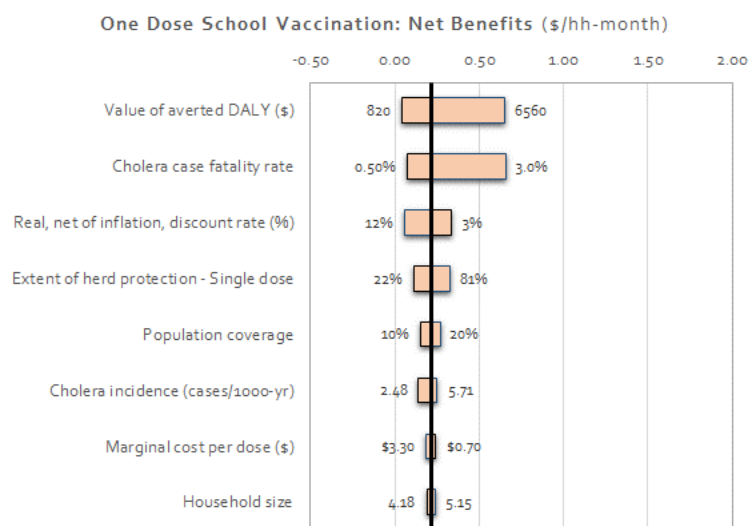
b



c

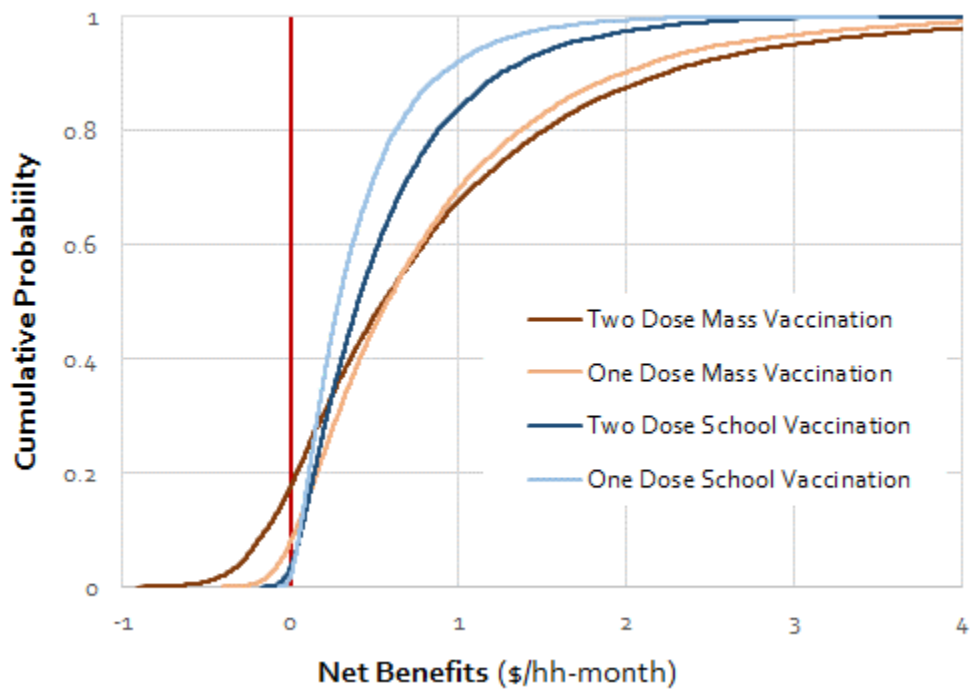


d



Source : Calcul des auteurs

Figure 9 : Analyse de Monte Carlo à plusieurs paramètres pour les options du programme de vaccination contre le choléra



Source : Calculs des auteurs

Haïti fait face à des défis de développement économique et social parmi les plus importants au monde. Malgré un afflux d'aide à la suite du tremblement de terre de 2010, la croissance et le progrès continuent d'être minimums, au mieux. Avec autant d'acteurs et un large éventail de défis allant de la sécurité alimentaire et de l'accès à l'eau potable à la santé, l'éducation, la dégradation de l'environnement et les infrastructures, quelles devraient être les premières priorités pour les décideurs, les donateurs internationaux, les ONG et les entreprises ? Avec un temps et des ressources limités, il est crucial que l'attention soit régie par ce qui fera le plus grand bien pour chaque gourde dépensée. Le projet Haïti Priorise travaillera avec les parties prenantes partout dans le pays pour trouver, analyser, classer et diffuser les meilleures solutions pour le pays. Nous impliquons les Haïtiens de toutes les parties de la société, par le biais des lecteurs de journaux, ainsi que des ONG, des décideurs, des experts de secteurs et des entreprises afin de proposer les meilleures solutions. Nous avons nommé quelques-uns des meilleurs économistes d'Haïti et du monde pour calculer les coûts et les avantages de ces propositions au niveau social, environnemental et économique. Cette recherche aidera à établir des priorités pour le pays grâce à une conversation à l'échelle nationale sur ce que sont les solutions intelligentes - et moins intelligentes - pour l'avenir d'Haïti.



Haïti Priorise

Un plan de **développement** alternatif

Pour plus d'informations visitez www.HaitiPriorise.com

C O P E N H A G E N C O N S E N S U S C E N T E R

Copenhagen Consensus Center est un groupe de réflexion qui étudie et publie les meilleures politiques et opportunités d'investissement basées sur le bien de la société (mesurées en dollars, mais en intégrant également par exemple : la protection de l'environnement, la santé et le bien-être) pour chaque dollar dépensé. Copenhagen Consensus a été conçu pour répondre à un sujet fondamental, mais négligé dans le développement international : dans un monde qui a une courte durée d'attention et des budgets limités, nous devons trouver des moyens efficaces pour faire le plus de bien au plus grand nombre. Copenhagen Consensus fonctionne avec plus de 300 des plus grands économistes au monde, y compris 7 lauréats du prix Nobel pour donner la priorité aux solutions des plus grands problèmes mondiaux, sur la base de l'analyse de données et du rapport coût-avantage.