





Vous avez un accès
institutionnel

Volume 4, numéro 11 ,novembre 2016, pages e806-e815
[accès libre](#)

Des articles

Faisabilité de la réalisation des objectifs mondiaux de la tuberculose à l'horizon 2025 en Afrique du Sud, en Chine et en Inde: une analyse combinée de 11 modèles mathématiques

Dr Rein MGJ Houben PhD ^{a, d}  , Nicolas A Menzies PhD ^e, Tom Sumner PhD ^{a, d}, Grâce H Huynh PhD ^f, Nimalan Arinaminpathy doctorat ^{g, h}, Jeremy D Goldhaber-Fiebert PhD ⁱ, Hsien-Ho Lin PhD ⁿ, Chieh-Yin Wu MS ⁿ, Sandip Mandal PhD ^h, Surabhi Pandey PhD ^h, Sze-chuan Suen MS ^j, Eran Bendavid MD ^l, Andrew S Azman PhD ^o, David W Dowdy PhD ^o, Nicolas Bacaër PhD ^p, Allison S Rhines PhD ^{k, m}, Prof Marcus W Feldman PhD ^k, Andreas Handel PhD ^q ... Richard G Blanc PhD ^{a, d}

 **Montre plus**

[https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(16\)30199-1](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(16)30199-1)

[Obtenir des droits et du contenu](#)

Sous Creative Commons [licence](#)

Fait référence à Olivia Oxlade, Dick Menzies

[Mettre des chiffres sur la stratégie End TB - un rêve impossible?](#)

The Lancet Global Health, Volume 4, Numéro 11, Novembre 2016, Pages e764-e765



[Télécharger le fichier PDF](#)

Nicolas A Menzies, Gabriela B Gomez, Fiammetta Bozzani, Susmita Chatterjee, Nicola Foster, Ines Garcia Baena, Yoko V Laurence, Sun Qiang, Andrew Siroka, Sedona Sweeney, Stéphane Verguet, Nimalan Arinaminpathy, Andrew S Azman, Eran Bendavid, Stewart T Chang, Ted Cohen, Justin T Denholm, David W Dowdy, Philip A Eckhoff, Jeremy D. Goldhaber-Fiebert, Andreas Handel, Grace H Huynh, Marek Lalli, Hsien-Ho Lin, Sandip Mandal, Emma S McBryde, Surabhi Pandey, Joshua A Salomon, Sze-Chuan Suen, Tom Sumner, James M Trauer, Bradley G Wagner, Christopher C Whalen, Chieh-Yin Wu, Delia Boccia, Vineet K Chadha, Salome Charalambous, Daniel P Chin, Gavin Churchyard, Colleen Daniels, Puneet Dewan, Lucica Ditiu, Jeffrey Eaton, Alison

D Grant, Piotr Hippner, Mehran Hosseini, David Mametja, Carel Pretorius, Yogan Pillay, Kiran Rade, Suvanand Sahu, Wang Lixia, Rein MGJ Houben, Michael E Kimerling, Richard G White, Anna Vassall

[Coût-efficacité et implications en termes de ressources de l'action agressive con...](#)

The Lancet Global Health, Volume 4, Numéro 11, Novembre 2016, Pages e816-e826



[Télécharger le fichier PDF](#)

Mentionné par Olivia Oxlade, Dick Menzies

[Mettre des chiffres sur la stratégie End TB - un rêve impossible?](#)

The Lancet Global Health, Volume 4, Numéro 11, Novembre 2016, Pages e764-e765



[Télécharger le fichier PDF](#)

Nicolas A Menzies, Gabriela B Gomez, Fiammetta Bozzani, Susmita Chatterjee, Nicola Foster, Ines Garcia Baena, Yoko V Laurence, Sun Qiang, Andrew Siroka, Sedona Sweeney, Stéphane Verguet, Nimalan Arinaminpathy, Andrew S Azman, Eran Bendavid, Stewart T Chang, Ted Cohen, Justin T Denholm, David W Dowdy, Philip A Eckhoff, Jeremy D. Goldhaber-Fiebert, Andreas Handel, Grace H Huynh, Marek Lalli, Hsien-Ho Lin, Sandip Mandal, Emma S McBryde, Surabhi Pandey, Joshua A Salomon, Sze-Chuan Suen, Tom Sumner, James M Trauer, Bradley G Wagner, Christopher C Whalen, Chieh-Yin Wu, Delia Boccia, Vineet K Chadha, Salome Charalambous, Daniel P Chin, Gavin Churchyard, Colleen Daniels, Puneet Dewan, Lucica Ditiu, Jeffrey Eaton, Alison D Grant, Piotr Hippner, Mehran Hosseini, David Mametja, Carel Pretorius, Yogan Pillay, Kiran Rade, Suvanand Sahu, Wang Lixia, Rein MGJ Houben, Michael E Kimerling, Richard G White, Anna Vassall

[Coût-efficacité et implications en termes de ressources de l'action agressive con...](#)

The Lancet Global Health, Volume 4, Numéro 11, Novembre 2016, Pages e816-e826



[Télécharger le fichier PDF](#)

Résumé

Contexte

La Stratégie de lutte contre la tuberculose post-2015 propose des objectifs de réduction de 50% de l'incidence de la **tuberculose** et de 75% de la tuberculose d'ici 2025. Nous avons cherché à déterminer si ces objectifs étaient réalisables dans trois pays à forte prévalence d'épidémiologie contrastée.

Méthodes

11 modèles mathématiques de transmission de la tuberculose développés de manière indépendante ont projeté l'impact épidémiologique des interventions de tuberculose actuellement disponibles pour la prévention, le diagnostic et le traitement en Chine, en Inde et en Afrique du Sud. Les modèles ont été calibrés avec des données sur l'incidence et la mortalité tuberculeuses en 2012. Les représentants des programmes nationaux de lutte antituberculeuse et de la communauté de défense ont fourni des scénarios d'intervention spécifiques au pays comprenant le dépistage des symptômes, le dépistage actif et le traitement préventif.

Résultats

L'intensification agressive de tout scénario d'intervention unique ne permettrait pas d'atteindre les objectifs de la Stratégie de lutte contre la tuberculose après 2015 dans aucun pays. Cependant, les modèles prévoient que, dans le scénario du programme antituberculeux national en Afrique du Sud, une combinaison de traitement préventif continu à l' [isoniazide](#) pour les personnes sous traitement antirétroviral, de dépistage élargi des symptômes de la tuberculose dans les centres de santé et d'amélioration des soins % de réduction de l'incidence (entre 31 et 62%) et une réduction de 72% de la mortalité (entre 64 et 82%) par rapport aux niveaux de 2015. Pour l'Inde, et en particulier pour la Chine, l'exécution complète de toutes les interventions dans le cadre du programme antituberculeux est restée en deçà des objectifs de 2025, malgré la prévention d'un cumul de 3,4 millions de cas. Les scénarios de plaidoyer illustrent l'impact élevé de la détection et du traitement de [la tuberculose latente](#) .

Interprétation

Des réductions importantes du fardeau de la tuberculose semblent possibles avec les interventions actuelles. Cependant, des interventions supplémentaires, adaptées à l'épidémiologie et aux systèmes de santé antituberculeux spécifiques à chaque pays, sont nécessaires pour atteindre les objectifs de la Stratégie de lutte contre la tuberculose après 2015 au niveau des pays.

Financement

Fondation Bill et Melinda Gates

 [Article précédent](#)

[Prochain article](#) 

introduction

En mai 2014, l'Assemblée mondiale de la Santé a approuvé la Stratégie de lutte contre la tuberculose post-2015 définissant des objectifs «ambitieux mais réalisables» pour réduire la charge mondiale de [tuberculose d'ici 2035](#). ^{1,2} La stratégie vise à réduire de 50% la tuberculose mondiale l'incidence et une réduction de 75% de la mortalité mondiale de la tuberculose d'ici 2025 et des réductions de 90% et 95% de ces résultats, respectivement, d'ici 2035. ² Les décideurs doivent identifier quelles interventions, et à quel niveau d'intensification, seront nécessaires pour atteindre ces objectifs au niveau des pays.

Les cibles de la tuberculose sont délibérément ambitieuses, et toute intervention unique (définie ici comme un groupe d'activités menant à une amélioration dans un domaine spécifique de la lutte antituberculeuse - par exemple, les résultats du traitement) est peu susceptible d'atteindre ces objectifs. ³ Au lieu de cela, les

programmes nationaux de lutte antituberculeuse aura besoin des améliorations dans la tuberculose [voie de soins](#) , ainsi que des mesures de prévention.

La stratégie End TB décrit deux phases des efforts futurs pour lutter contre la tuberculose. ² Dans la phase 1, l'objectif de cet article, la progression vers les étapes 2025 dépendra largement de l'optimisation de l'utilisation des outils existants, rendue possible par des investissements dans la couverture sanitaire universelle et la protection sociale. ⁴ Après la phase 2, de nouveaux outils (diagnostics, médicaments et vaccins) devraient permettre une accélération de la baisse de la tuberculose vers les objectifs 2035. ¹ Pour les deux phases de la stratégie End TB, les décideurs ont besoin de conseils sur les interventions et les technologies à utiliser - questions auxquelles il est peu probable de répondre par des études empiriques, étant donné la difficulté de tester toutes les approches possibles avant que les décisions politiques soient prises.

Recherche en contexte

Preuve avant cette étude

La Stratégie mondiale de lutte contre la tuberculose post-2015 envisage et vise une réduction de 50% de l'incidence de la tuberculose et une réduction de 75% de la mortalité tuberculeuse d'ici 2025, en utilisant des outils existants ou quasi-existants. Étant donné que cette période commence en 2016, il est urgent d'informer les discussions politiques sur la manière dont ces objectifs peuvent être atteints au niveau national. La modélisation peut être un outil puissant pour répondre à ce besoin en projetant l'effet potentiel d'une combinaison d'interventions différentes. En outre, en utilisant plusieurs modèles pour répondre à la même question, il peut être utilisé pour identifier les résultats robustes à la variation entre les modèles, ce qui augmente la confiance dans les conclusions. Nous avons examiné les études de modélisation existantes qui évaluaient l'impact individuel et combiné d'une gamme d'interventions existantes et d'autres exercices de multimodélisation dans le domaine de la tuberculose. Nous nous sommes appuyés sur une revue systématique du Consortium pour la modélisation et l'analyse de la tuberculose qui a rassemblé tous les documents de modélisation de la tuberculose et étendu la revue à juin 2015. PubMed a été recherché en utilisant la requête suivante: (tuberculose OU TB) AND OR modèles)) OR (mathem * modell *) OU (modélisation mathem *) OU (modélisation OU modélisation) OU "Dynamique des populations" [termes MeSH] OU "Dynamique des populations" OU "Dynamique des systèmes" OU "Simulation informatique" OU "Informatique Simulation "[Termes MeSH])".

Nous avons également effectué des recherches spécifiques dans des revues de modélisation mathématique et recherché des bibliothèques privées, ainsi que des références de revues de modélisation existantes. Nous avons seulement inclus des documents en anglais et nous n'avons utilisé aucune restriction de date.

Notre étude est la première à comparer plusieurs modèles de tuberculose pour répondre à une question de santé publique. Les modèles simples ont généralement évalué une seule intervention, ce qui rend difficile la compréhension du plein potentiel, y compris la synergie potentielle, ou la non-synergie, d'une combinaison d'interventions mises en œuvre simultanément. D'autres exercices multimodèles ont été publiés, notamment dans le domaine du VIH, centrés sur des questions relatives à l'extension de la thérapie antirétrovirale pour éclairer la politique de l'ONUSIDA.

Valeur ajoutée de cette étude

Cette étude met en évidence l'incertitude de l'histoire naturelle de la tuberculose qui entraîne des différences entre les modèles, tout en identifiant des constats relativement constants d'importance pour la santé publique. Il explore comment une gamme d'interventions existantes dans la voie de la prise en charge de la tuberculose, échelonnée aux niveaux spécifiques au pays, peut amener la Chine, l'Inde et l'Afrique du Sud vers les objectifs mondiaux de la tuberculose à l'horizon 2025. Nos résultats montrent que l'expansion des interventions existantes devrait permettre à l'Afrique du Sud d'atteindre les objectifs de 2025, tandis que pour l'Inde et la Chine, d'autres activités spécifiques au contexte seront probablement nécessaires.

Implications de toutes les preuves disponibles

Bien que d'importantes réductions de la charge de tuberculose semblent possibles avec les outils actuels et que les cibles 2025 puissent être atteintes en Afrique du Sud, des interventions supplémentaires, adaptées aux systèmes d'épidémiologie et de santé antituberculeuse spécifiques au pays, seront probablement nécessaires pour atteindre les objectifs mondiaux post-2015. dans d'autres pays clés tels que la Chine et l'Inde. Ceux-ci pourraient inclure des interventions telles que la lutte contre le réservoir d'infection tuberculeuse latente chez les personnes âgées en Chine et la [sous - nutrition](#) en Inde. Cette prise de décision peut être éclairée par une analyse rigoureuse des données et le cadre logique que fournissent les modèles mathématiques.

La modélisation mathématique est un outil puissant pour soutenir les discussions sur les politiques, car plusieurs stratégies d'intervention hypothétiques peuvent être comparées dans un cadre systématique pour projeter les tendances futures. ⁵⁻⁷ Des exercices multimodèles pour le VIH ^{8,9} ont illustré comment les différences dans la conception du modèle peuvent influencer les résultats, mais cette variation structurelle n'est pas apparente dans une analyse à modèle unique. En comparant les réponses à la même question à l'aide de différents modèles, nous pouvons identifier des résultats assez robustes pour tenir compte de la variation inter-modèles, contribuant ainsi aux preuves nécessaires pour engager les ressources pour les initiatives politiques au niveau national. Les points où les projections du modèle divergent peuvent signaler d'importantes lacunes dans les connaissances qui devront être traitées par de futures recherches. Associées à des informations sur l'utilisation des ressources, les projections de l'impact sur la santé peuvent également être utilisées pour estimer le [rapport coût-efficacité](#) des options politiques concurrentes et pour concevoir des portefeuilles stratégiques optimaux, ce qui dépasse le cadre de cet article.

Pour obtenir des résultats pertinents pour chaque pays, les analyses modélisées doivent être cohérentes avec les données existantes sur l'épidémiologie locale de la tuberculose (p. Ex. Incidence, mortalité, prévalence et tuberculose multirésistante) et les activités de lutte antituberculeuse (p. à soigner) et adapter les scénarios d'intervention aux besoins et capacités locaux. Parce que les informations requises ne sont pas toujours disponibles de manière systématique dans le domaine public, la participation d'experts locaux est essentielle.

Dans cet article, nous décrivons les projections épidémiologiques de 11 modèles de transmission dynamique de la tuberculose développés de manière indépendante, en explorant la faisabilité des objectifs de la Stratégie de lutte contre la tuberculose 2025 en Chine, en Inde et en Afrique du Sud. Ces analyses explorent un éventail de scénarios politiques, intégrant les perspectives des programmes nationaux de lutte contre la tuberculose et des communautés de défense. La Chine, l'Inde et l'Afrique du Sud représentent environ 40% du fardeau mondial de la tuberculose ¹⁰ et sont idéales pour étudier la faisabilité des cibles dans un pays en raison de leurs combinaisons distinctes de caractéristiques épidémiologiques, de systèmes de santé et de prévention de la tuberculose. activités de soins de santé. La probabilité d'atteindre les objectifs mondiaux dépendra, dans une large mesure, des progrès réalisés dans ces pays à forte charge de morbidité.

Méthodes

Modèles participants

Après un appel global du [Consortium de modélisation et d'analyse de la tuberculose](#) pour des manifestations d'intérêt, 11 groupes de modélisation ont fourni des résultats pour au moins un des pays (Chine, Inde ou Afrique du Sud). Ces modèles variaient dans leurs cadres, les [stratifications de population](#) et les approches utilisées pour modéliser les mécanismes de la maladie et d'intervention. Un aperçu des modèles et des références participants est [présenté au tableau 1](#) .

Tableau 1 . Description des modèles mathématiques

	Pays	Type de modèle	Étalonnage du modèle	Pyramide des ages	Strates de sexe	Strates de population	Résultats rapportés	Int mc
NTU ³¹	Chine	ré	Manuel	15+ ans	Non	MDR, secteur des soins de santé, antécédents de traitement	Unique	Toi
ICPHFI ³²	Inde	ré	Algorithmique	15+ ans	Non	MDR, antécédents thérapeutiques, VIH (2 strates), secteur des soins de santé	Unique	Toi
STAMP ³³	Inde	je	Recherche de grille	Groupes d'âge d'un mois	Oui	MDR, secteur des soins de santé, antécédents de traitement, secteur des soins de santé, temps écoulé depuis l'infection et l'activation	Stoch	Toi
				Groupe d'âge		MDR, secteur des soins de santé, antécédents thérapeutiques,		

Hopkins 34	Afrique du Sud	ré	Manuel	unique (15 ans et plus)	Non	statut VIH / ART / CD4 (5 strates)	Unique	Toi
IRD 35	Afrique du Sud	ré	Manuel	Groupes d'âge d'un mois	Oui (VIH seulement)	Statut VIH / ART / CD4 (5 strates)	Unique	IP
SIPTM	Afrique du Sud	ré	Manuel	<15, 15- 19, 19 <années	Non	Statut VIH / ART / CD4 (5 strates)	Unique	IP
UGA 36	Afrique du Sud	ré	Manuel	<15 et 15+ ans	Non	MDR, secteur des soins de santé, VIH / ART / CD4 (3 strates)	Unique	Toi
IDM 21	Afrique du Sud, Chine	je	Afrique du Sud: étalonnage manuel Chine: Bayésien (échantillonnage incrémental d'importance du mélange);	Âge explicite	Non	MDR, secteur des soins de santé, antécédents thérapeutiques, VIH / ART / CD4	Stoch	Toi
Harvard 7	Afrique du Sud, Inde, Chine	ré	Bayésien	Groupe d'âge unique	Non	MDR, secteur des soins de santé, antécédents thérapeutiques, VIH / ART / CD4 (9 strates)	Unique	Toi
AuTuMN 37	Afrique du Sud, Inde, Chine	ré	Algorithmique	<15 et 15+ ans	Non	MDR, secteur des soins de santé, Afrique du Sud: VIH / ART / CD4 (5 strates)	Unique	Toi
	Afrique					MDR, antécédents de		

TEMPS 38	du						traitement		
	Sud, Inde, Chine	ré	Manuel	<15 et 15+ ans	Non		Statut VIH / ART / CD4 (11 strates)	Unique	Toi

D = modèle compartimental déterministe. I = modèle stochastique individuel. Strates sexuelles: Oui = histoire naturelle ou paramètres de la [voie de soins](#) différents pour les patients masculins et féminins; Non = pas de stratification sexuelle dans les modèles. MDR = multirésistante aux médicaments. ART = thérapie antirétrovirale. Single = jeu de paramètres unique. Stoch = moyenne (moyenne ou médiane) des simulations stochastiques.

*

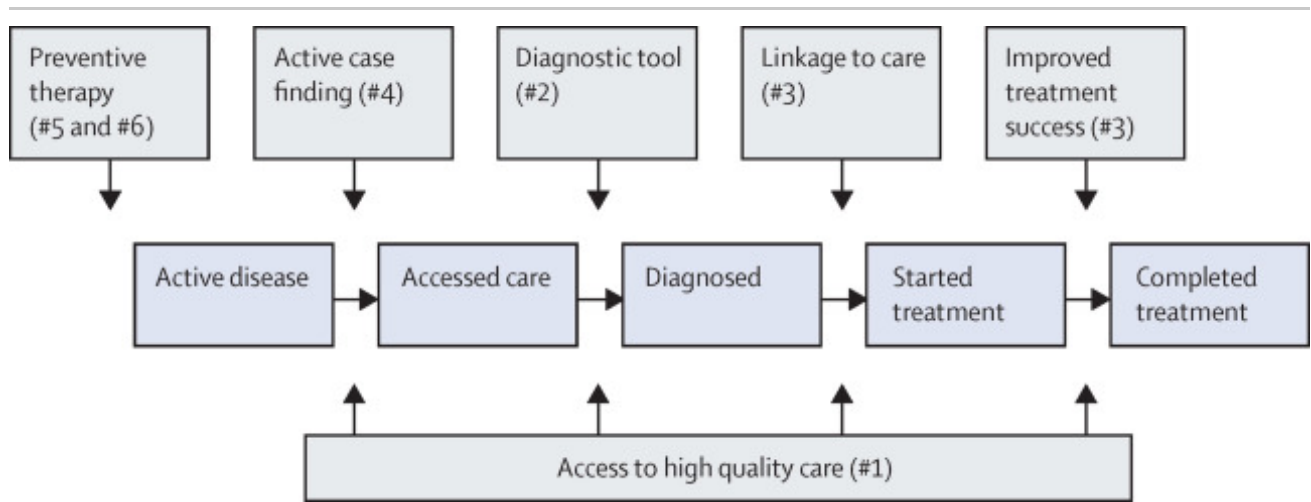
Voir le [tableau 2](#) pour les détails des interventions.

Données et contexte du pays pour la ligne de base

Pour calibrer les modèles et fournir un scénario de référence, les modélisateurs ont reçu des cibles d'étalonnage reflétant le fardeau de la [tuberculose](#) (en termes d'incidence et de mortalité) en 2012 ^{11,12} et les activités de lutte antituberculeuse. Parce que la moitié des modèles participants incluaient seulement des groupes d'adultes (âgés de 15 ans ou plus), les cibles d'étalonnage et les résultats se concentraient aussi sur les adultes ([annexe](#)). Pour la Chine, les cibles d'étalonnage incluaient les valeurs de prévalence de la tuberculose de 2000 et 2010, telles qu'estimées par des enquêtes nationales. ¹³ Pour l'Afrique du Sud, les modèles ont été calibrés pour refléter une baisse estimée de 2 à 5% de l'incidence annuelle de la tuberculose en 2012 et une extension de la couverture antirétrovirale (ARV) à 77% des adultes séropositifs d'ici 2025 ^{10,14} (voir la [section 1](#) de l' [annexe](#) pour plus de détails sur le processus d'étalonnage, y compris les sources).

Scénarios d'intervention

Nous avons défini un cadre d'amélioration des activités du programme de lutte contre la tuberculose en utilisant les outils existants, qui ont été regroupés en scénarios d'intervention ([figure 1](#)). Grâce à des discussions approfondies avec des représentants des programmes nationaux de lutte contre la tuberculose et de la communauté mondiale de plaidoyer (Partenariat Halte à la tuberculose), nous avons défini deux niveaux distincts de mise à l'échelle dans ces scénarios d'intervention. [Le tableau 2](#) résume les scénarios nationaux de programme et de plaidoyer en matière de tuberculose pour chaque pays; voir l' [annexe 2](#) pour les membres et les affiliations pour chaque groupe.



[Télécharger l'image en haute résolution \(240KB\)](#) [Télécharger l'image en taille réelle](#)

Figure 1 . Cadre de soins et de prévention de la tuberculose

La [voie de soins](#) du patient de la maladie à la fin du traitement (boîtes bleues et flèches). Les zones touchées par l'amélioration des activités actuelles du programme [antituberculeux](#) (scénarios d'intervention) sont indiquées par des cases grises et des flèches, avec le numéro (#x) pour les relier aux activités du [tableau 2](#) et de la [section 3 de l'annexe](#) .

Tableau 2 . Récapitulatif des scénarios d'intervention modélisés et des valeurs cibles pour la Chine, l'Inde et l'Afrique du Sud

		Chine		Inde		Afrique du Sud	
		Valeur de base		Valeur de base		Valeur de base	
Activités *		Valeur cible †		Valeur cible †		Valeur cible †	
#1. Accroître l'accès à des soins de haute qualité ‡							
Réduire la proportion n'accédant pas aux soins antituberculeux	Le gouvernement subventionne les soins antituberculeux et indemnise les patients pour les coûts encourus	5%	3 · 75% (NTP), 0% (A)	Le gouvernement subventionne les coûts de diagnostic et de traitement dans le secteur privé, augmentant le nombre de cliniques et les	9,5%	4 · 75% (NTP), 0% (A)	Améliorer l'accès géographique grâce à des cliniques de proximité

heures
d'ouverture
des soins
antituberculeux

Parmi ceux qui ont accès aux soins, augmenter la proportion d'accès à des soins de haute qualité	Même technologie et approches disponibles dans le secteur des hôpitaux et des CDC	80%	95% (NTP), 100% (A)	Le gouvernement subventionne l'utilisation d'outils et de protocoles de haute qualité dans le secteur privé	50%	90% (NTP), 100% (A)	Dépistage des symptômes de la tuberculose pour tous les participants des cliniques de santé pour s'assurer que tous ceux qui en ont besoin reçoivent un diagnostic de tuberculose
--	---	-----	---------------------	---	-----	---------------------	---

2. Diagnostic de la maladie et MDR §

Remplacer la microscopie des frottis par un diagnostic moléculaire (p. Ex., GeneXpert) comme test de première intention	Remplacement de la microscopie des frottis par un diagnostic moléculaire dans les établissements	0%	100% (NTP), 100% (A)	Remplacement de la microscopie des frottis par un diagnostic moléculaire dans les établissements	0%	30% (NTP), 100% (A)	Non modélisé car le déploiement de GeneXpert a déjà été implémenté
---	--	----	----------------------	--	----	---------------------	--

3. Améliorer les soins post-diagnostic §

Réduire la perte de prétraitement au suivi: première ligne	Compensation pour les coûts des patients	3%	1 - 5% (NTP), 0% (A)	Fournir des incitations aux patients pour l'initiation du traitement	dix%	5% (NTP), 0% (A)	Augmenter la capacité de surveillance et d'évaluation, mettre en place des équipes de santé mobile et de sensibilisation
--	--	----	----------------------	--	------	------------------	--

pour suivre les patients dans les communautés

Réduire la perte de prétraitement au suivi: MDR	Compensation des coûts des patients, amélioration de la rapidité du diagnostic et de la référence	50%	15% (NTP), 0% (A)	Lien avec les programmes de protection sociale, y compris le soutien nutritionnel	11%	5% (NTP), 0% (A)	Comme ci-dessus	!
Augmenter le succès du traitement de première ligne	Mettre en œuvre des stratégies de soutien aux patients, y compris la gestion de la santé	82%	90% (NTP), 95% (A)	Fournir des incitations et des liens avec les programmes d'aide sociale	75%	85% (NTP), 90% (A)	Fournir au patient des conseils sur l'observance et un soutien psychosocial, ainsi qu'un suivi et une évaluation améliorés	!
Augmenter le succès du traitement MDR	Améliorer la surveillance du patient (mhealth) et l'amélioration des effets secondaires	35%	65% (NTP), 80% (A)	Comme ci-dessus	48%	67% (NTP), 80% (A)	Tout ce qui précède, ainsi que la décentralisation du registre électronique	!

4. Recherche active de cas dans la population générale

Périodiquement dépistage d'une proportion de la population générale pour la maladie de la tuberculose	Comme description générale	0%	0% (NTP), 30% (A)	Comme description générale	0%	1 - 6% (NTP), 30% (A)	Comme description générale	(
---	----------------------------	----	-------------------	----------------------------	----	-----------------------	----------------------------	---

5. Recherche active de cas suivie d'un traitement de la tuberculose latente

Fournir un dépistage de l'ITL et un traitement préventif lorsque la proportion de cas de tuberculose active détectés est positive	Comme description générale	0%	0%	Comme description générale	0%	0%	Comme description générale
			(NTP), 100% (A)			(NTP), 100% (A)	

6. IPT continu pour la population recevant un traitement antirétroviral

Fournir un TPI continu dans le cadre de l'ART chez les PVVIH.	Non modélisé	Non modélisé	Inclut le dépistage préinitiation et le re-dépistage de ceux perdus de vue
---	--------------	----	----	--------------	----	----	--

#7. Combinaison

Augmenter toutes les interventions simultanément	Tout ce qui précède	Tout ce qui précède	Tout ce qui précède
--	---------------------	----	----	---------------------	----	----	---------------------

L'information décrit les effets d'intervention généraux à modéliser, qui ont été adaptés pour s'adapter à des structures de modèles spécifiques (voir la [section 3](#) de l' [annexe](#) pour plus de détails). Valeur cible = valeur absolue. PNT = scénario du programme national de lutte contre la [tuberculose](#) . A = scénario de plaidoyer. PVVIH = personnes vivant avec le VIH. CDC = Centers for Disease Control. mhealth = santé mobile. MDR = multirésistance aux médicaments. LTBI = infection tuberculeuse latente. IPT = traitement préventif à l'isoniazide. ART = thérapie antirétrovirale.

*

Résume les activités proposées par les scénaristes du PNT pour améliorer la performance actuelle du programme.

†

L'augmentation de la valeur cible a commencé en 2016 et a généralement été atteinte en 2020.

‡

Des soins de haute qualité décrivent le secteur le plus performant de tous les fournisseurs de soins de la tuberculose - par exemple, le secteur public en Inde, le secteur des CDC en Chine.

§

Les scénarios d'intervention pour le diagnostic (# 2) et les soins (# 3) s'appliquent uniquement à la population ayant accès à des soins de haute qualité.

Le premier scénario d'intervention visait à améliorer l'accès à des soins de haute qualité, définis comme les personnes atteintes de la tuberculose ayant accès au meilleur niveau de soins disponibles dans leur contexte local. Les soins de la tuberculose en Chine et en Inde sont fournis par de nombreux prestataires de soins de santé. ¹⁵ La qualité des soins est connue diffèrent fortement entre les fournisseurs, ^{16,17} les scénarios d'intervention exploraient ce qui pourrait être atteint si une plus grande proportion de la population des patients atteints de tuberculose reçoivent les soins de qualité supérieure comme il est prévu dans les Centers for Disease Control (Chine) ou le secteur public (Inde). Pour l'Afrique du Sud, les modèles ont exploré une nouvelle politique de dépistage élargi des visiteurs du centre de santé pour les symptômes de la tuberculose.

Un deuxième ensemble de scénarios d'intervention a modélisé les améliorations de la **voie de traitement de** la tuberculose, notamment le remplacement des frottis d'**expectoration** par un test de **diagnostic moléculaire** comme GeneXpert comme premier test de laboratoire, un lien plus étroit avec les patients diagnostiqués lié aux soins. Nous avons également estimé l'effet du dépistage actif de la tuberculose dans la population générale, réalisé comme simple dépistage d'une partie de la population pour la maladie (**tableau 2,annexe**), soit seul, soit comme dépistage de la maladie active avec prévention thérapie pour les personnes ayant une infection tuberculeuse latente. Pour l'Afrique du Sud, un scénario d'intervention supplémentaire a estimé l'impact de la fourniture d'une thérapie préventive continue à l' **isoniazide**, avec un dépistage de la maladie active avant l'initiation chez les personnes recevant un traitement antirétroviral. Un scénario d'intervention combiné a estimé l'impact global de toutes les interventions menées simultanément. Seuls les modèles ayant contribué aux résultats de toutes **les interventions individuelles ont** signalé l'intervention combinée.

Dans les scénarios de plaidoyer, les modèles ont estimé l'effet potentiel sur l'incidence et la mortalité de la tuberculose si les pays étaient capables de dépister et de traiter 30% (Inde et Chine) ou 50% (Afrique du Sud) de la population générale. de la charge par la recherche active de cas dans les groupes à haut risque) pour la tuberculose et l'infection tuberculeuse latente deux fois par an (**tableau 2**). À l'exception de la recherche active de cas et de la thérapie préventive pour la

population générale, chaque scénario d'intervention a été opérationnalisé en tant qu'activités programmatiques spécifiques adaptées au contexte de chaque pays ([tableau 2](#)). Les modélisateurs ont été invités à refléter le plus fidèlement possible ces activités en utilisant leur structure de modèle et leur paramétrage respectifs (voir la [section 3](#) de l' [annexe](#) pour des conseils et la mise en œuvre des scénarios d'intervention pour chaque modèle).

Les éléments du deuxième pilier de la stratégie de lutte contre la tuberculose ¹ ont été considérés comme des catalyseurs essentiels d'autres scénarios d'intervention, par exemple pour l'accès à des soins de qualité et à la réussite du traitement ([tableau 2](#) , [appendice](#), [section 3](#)). Ainsi, nous n'avons pas modélisé séparément les avantages potentiels pour des interventions telles que la réalisation de la couverture sanitaire universelle, les programmes de transferts monétaires ou l'effet préventif des efforts de réduction de la pauvreté sur les résultats de la tuberculose.

Des modèles ont été publiés sur l'incidence, la mortalité et la prévalence de la tuberculose pour la période 1990-2025. Parce que la moitié des modèles ont capturé des adultes seulement ([tableau 1](#)), nos principaux résultats étaient la variation de l'incidence et de la mortalité des adultes (âgés de 15 ans et plus) entre 2015 et 2025 dans les scénarios de référence. De plus, nous avons enregistré l'impact différentiel des scénarios d'intervention individuels et l'impact global de la ligne de base plus les scénarios d'intervention combinés, ainsi que les cas cumulatifs et les décès évités. Les autres résultats rapportés par les modélisateurs incluent la prévalence de la tuberculose multirésistante dans les nouveaux cas ou les cas de retraitement, la prévalence de l'infection tuberculeuse latente et la proportion de la maladie après une infection récente. Ces résultats ont été utilisés pour comprendre les différences entre les modèles et assurer la cohérence du modèle interne. Après ajustement aux cibles d'étalonnage, les groupes de modélisation ont reçu des conseils sur la façon de mettre en œuvre les scénarios d'intervention ([annexe 3](#)) en raison des différences dans les structures des modèles. De plus, nous avons établi des exigences minimales pour modéliser la structure de contribution à chaque scénario ([annexe](#), [section 3](#)).

Rôle de la source de financement

Le bailleur de fonds de l'étude n'a joué aucun rôle dans la conception de l'étude, la collecte de données, l'analyse des données, l'interprétation des données ou la rédaction du rapport. L'auteur correspondant avait un accès complet à toutes les données de l'étude et avait la responsabilité finale de la décision de soumettre pour publication.

Résultats

La modélisation a eu lieu entre mars et décembre 2014. Sur 11 modèles participants, six ont fourni des projections pour la Chine, cinq pour l'Inde et huit pour l'Afrique du Sud. Trois groupes de modélisation (Harvard, AuTuMN et TIME) ont fourni des résultats pour les trois pays et un modèle (IDM) a modélisé les épidémies en Chine et en Afrique du Sud. Sur les 11 modèles, neuf ont fourni des résultats pour toutes les interventions ([tableau 1](#)).

La [figure 2](#) montre l'étalonnage de base et les projections pour l'incidence et la mortalité. En Chine, où les modèles ont été calibrés en fonction des objectifs de prévalence pour 2000 et 2010 ([sections 1 et 4 de l'appendice](#)), les tendances historiques et projetées étaient similaires entre les modèles. Pour l'Inde, l'incertitude historique s'est propagée dans les projections, bien que la plupart des modèles prédit une tendance à la baisse de l'incidence compatible avec les projections récentes de l'OMS. ¹⁰ En Afrique du Sud, les modèles ont été calibrés en fonction d'une charge et d'une tendance épidémiologiques en 2012, mais ils ont divergé au fil du temps, la variation de référence projetée entre 2015 et 2025 allant de 0 à 25%. Pour la Chine et l'Inde, les changements initiaux dans l'incidence étaient de 11-27% et de 0-19%, respectivement, ce qui suggère qu'avec l'activité de programme [antituberculeux](#) , le fardeau de la [tuberculose](#) était le plus susceptible de continuer son déclin.

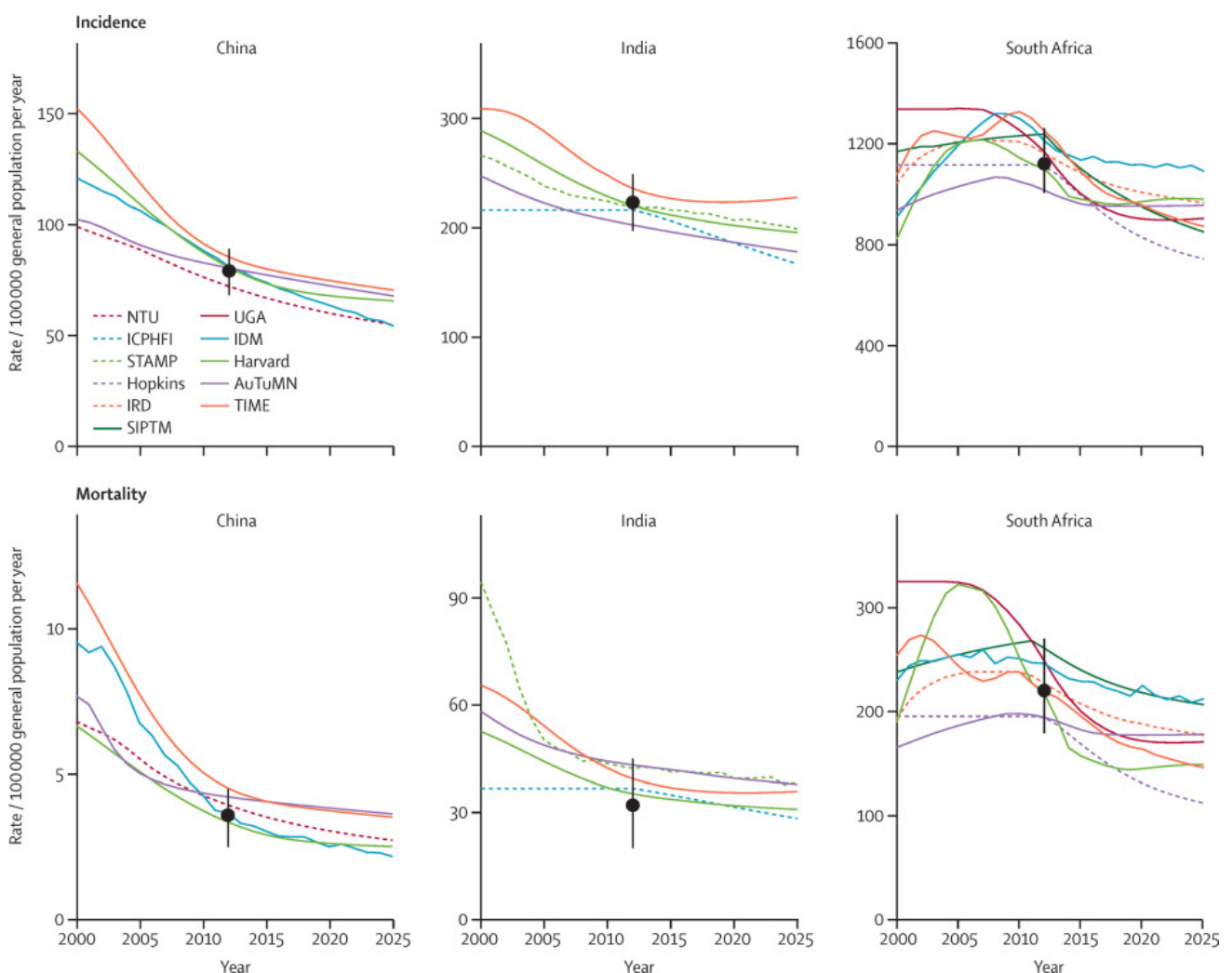
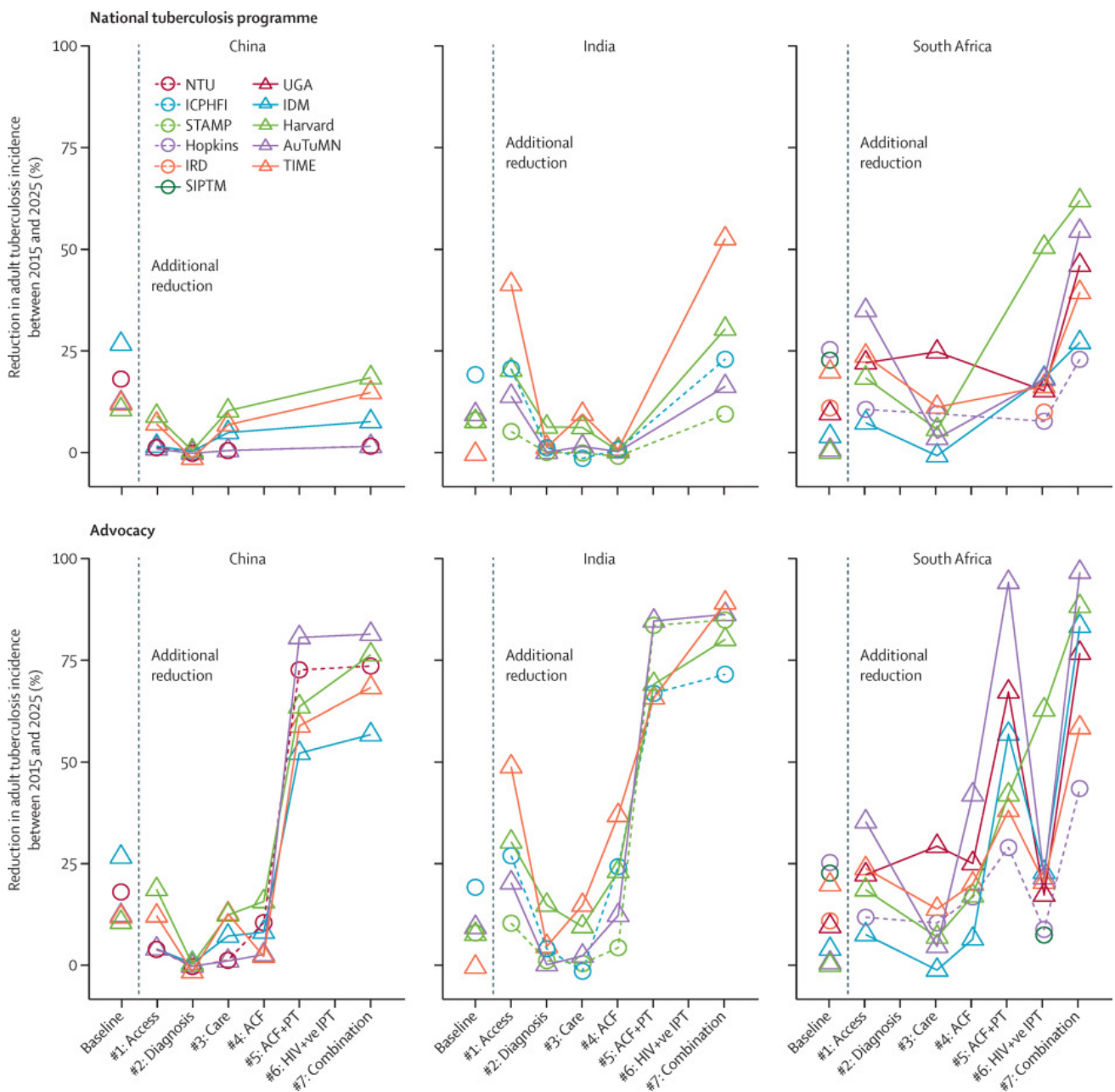


Figure 2 . Calibration de référence et projections pour la Chine, l'Inde et l'Afrique du Sud

Les échelles des axes Y ont des valeurs différentes. Les lignes colorées indiquent les résultats du modèle, les points noirs et les lignes indiquent les plages d'étalonnage requises. Les cibles d'étalonnage supplémentaires incluaient des enquêtes de prévalence (Chine, 2000 et 2010) et un déclin annuel de 2 à 5% de l'incidence (Afrique du Sud). Voir les [annexes 1 et 4](#) pour plus de détails.

Dans les scénarios du programme national de lutte contre la tuberculose, la contribution incrémentale des scénarios d' [intervention individuels](#) (par rapport à la base de référence) différerait fortement d'un pays à l'autre. En Chine, l'impact supplémentaire des interventions individuelles sur l'incidence et la mortalité de la tuberculose était faible pour tous les scénarios ([figure 3](#) , [annexe, section 4](#)). En revanche, pour l'Inde, l'amélioration de l'accès à des soins de haute qualité a considérablement réduit l'incidence de la tuberculose au-delà des tendances de base d'une médiane de 20% (intervalle: 5-41%). Dans le même contexte, les activités visant uniquement à améliorer les soins pour les patients ayant déjà accès à des soins de haute qualité ont peu modifié les tendances de base. En Afrique du Sud, bien que nous ayons noté une variation entre modèles, la plupart des scénarios d'intervention ont montré un impact substantiel avec la prévention (# 6: traitement préventif continu par l' [isoniazide](#) chez les personnes sous ARV), la recherche de cas (# 1: dépistage dans les cliniques primaires) et amélioration du lien avec le succès des soins et des traitements (# 3) en réduisant l'incidence de la tuberculose d'une autre médiane de 16% (extrêmes: 8-51%), 20% (7-35%) et 8% (0-25%); respectivement.

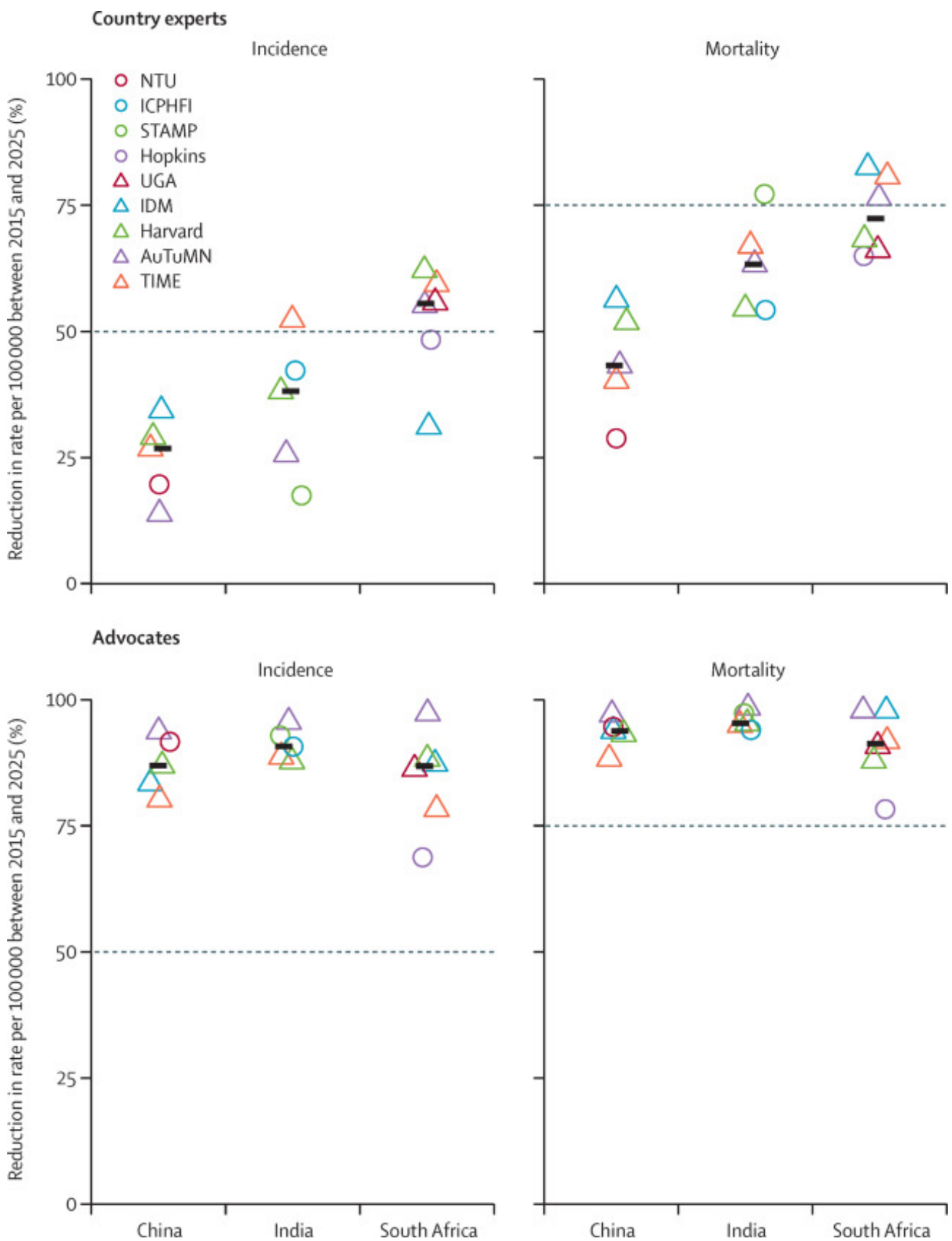


[Télécharger l'image en haute résolution \(2 Mo\)](#) [Télécharger l'image en taille réelle](#)

Figure 3 . Impact des interventions sur l'incidence des programmes nationaux de lutte contre la tuberculose et des scénarios de plaidoyer

La figure montre l'impact de l'impact de référence (à gauche de la ligne pointillée) et incrémentiel (à l'exclusion de la ligne de base, droite de la ligne pointillée) des scénarios d'intervention individuels (triangles et cercles). Les lignes entre les modèles servent à illustrer l'impact intra-modèle des interventions. Les modèles devaient refléter le mieux possible les activités fournies par les scénaristes (voir le tableau 2) dans leur cadre de modèle, et fournir un récit de mise en œuvre (voir la section 3 de l'annexe). Inévitablement, la simplification aura eu lieu pour s'adapter à l'intervention dans la structure du modèle. Par exemple, en Afrique du Sud, la méthode de mise en œuvre du traitement préventif à l'isoniazide pour les personnes séropositives recevant un traitement antirétroviral dépendra du fait que le modèle dispose d'un compartiment séparé pour le traitement préventif à l'isoniazide afin de suivre le nombre d'individus dépistés. partie du dépistage annuel de la tuberculose) et ont des taux de progression de la tuberculose distincts.

En Afrique du Sud, les cibles de la Stratégie de lutte contre la tuberculose 2025 semblent réalisables, car les projections du modèle montrent qu'une combinaison de prévention, de dépistage et d'amélioration des soins ([figure 4](#)) réduit l'incidence et la mortalité avec une médiane de 55% (extrêmes 31-62 %) et 72% (65-82%), respectivement, et évité un million et demi de cas de tuberculose et de 298 000 (193 000-453 000) décès dus à la tuberculose entre 2015 et 2025. En Chine, les cas médians et les décès évités par les scénarios d'intervention combinée étaient de 312 000 (42 000-764 000) cas de tuberculose et de 65 000 (10 000-93 000) décès dus à la tuberculose. En Inde, les chiffres correspondants étaient de 3,1 millions (1,2 millions à 5,8 millions) de cas de tuberculose et de 1,1 million (0,8 million à 2,5 millions) de tuberculose. En dépit de ces gains substantiels prévus en matière de santé, les réductions proportionnelles entre 2015 et 2025 ont été estimées en deçà des objectifs de la Stratégie de lutte contre la tuberculose après 2015 pour la Chine et l'Inde ([figure 4](#)).



[Télécharger l'image en haute résolution \(533KB\)](#)

[Télécharger l'image en taille réelle](#)

Figure 4 . Impact de l'intervention combinée sur l'incidence et la mortalité chez les personnes atteintes de tuberculose dans le cadre des programmes antituberculeux nationaux (rang supérieur) et du plaidoyer (rangée du bas)

La figure montre l'impact d'un modèle individuel (triangles et cercles) et l'impact médian (barres

noires). Les lignes pointillées montrent 2025 étapes de réduction de 50% de l'incidence (colonne de gauche) et 75% de réduction de la mortalité (colonne de droite).

L'impact du dépistage annuel de la maladie active (recherche de cas actifs n ° 4 dans la population générale) était faible comparé à l'effet du traitement de l'infection tuberculeuse latente, en particulier en Chine où n ° 5 (recherche active de cas suivie de tuberculose latente infection) a atteint une réduction médiane de 64% (entre 52 et 81%) de l'incidence de la tuberculose ([figure 3](#)), et l'impact de l'intervention combinée a dépassé les objectifs mondiaux de 2025.

Discussion

En utilisant plusieurs modèles de transmission de la [tuberculose](#) développés de manière indépendante , nous avons exploré la faisabilité d'atteindre les cibles de la Stratégie de lutte contre la tuberculose après 2015 dans trois pays à forte charge, chacun avec une épidémiologie différente et des niveaux de lutte antituberculeuse existants. En projetant l'impact des combinaisons d'outils existants en Chine, en Inde et en Afrique du Sud, nous avons montré l'importance du contexte national pour évaluer si et comment ces objectifs mondiaux pourraient être atteints au niveau national. Pour l'Afrique du Sud, les étapes de 2025 de réduction de 50% de l'incidence et de réduction de la mortalité de 75% semblent réalisables avec les outils existants, alors que pour l'Inde et la Chine, ces cibles semblent irréalisables.

Les résultats contrastés entre les pays reflètent les différences entre le contexte épidémiologique et les réponses des épidémies locales de tuberculose. Alors qu'en Chine, deux décennies d'amélioration constante de la portée et la qualité des services de tuberculose de base ont conduit à près de deux tiers la réduction de la prévalence de la tuberculose entre 1990 et 2010, ¹³ programme de la tuberculose en Afrique du Sud a été submergé par les effets du VIH, ¹⁸ et juste en train de tourner un coin. ^{10,19} La marge d'amélioration avec les outils actuels diffère largement d'un pays à l'autre, ce qui laisse des programmes antituberculeux performants, comme celui de la Chine, avec la question de savoir comment réaliser des réductions supplémentaires. L'Inde est confrontée à des défis spécifiques concernant les prestataires privés de soins antituberculeux, qui sont courants dans toute la région de l'Asie du Sud-Est, et nos résultats montrent qu'il est essentiel d'améliorer la qualité des soins antituberculeux dans le secteur privé. Ce processus est en cours, en partie à travers une augmentation des subventions gouvernementales pour payer les individus pour accéder à un [diagnostic et à un traitement](#) efficaces de la [tuberculose](#) par le biais du secteur privé. ²⁰

Les objectifs de la Stratégie de lutte contre la tuberculose post-2015 sont louables et

décrivent ce qui constituerait une grande avancée dans la lutte antituberculeuse, mais nos résultats montrent que les cibles et les outils mobilisés pour les atteindre devront être adaptés pour offrir aux pays une voie est à la fois ambitieux mais réalisable. La réalisation des objectifs au niveau mondial sera difficile, car des contributions plus modestes d'un pays devront être compensées par d'autres pays allant au-delà de ces objectifs déjà très ambitieux. En outre, pour les pays où l'ensemble des interventions standard est susceptible d'être insuffisant, de nouvelles stratégies doivent être développées pour s'attaquer aux facteurs spécifiques au pays, comme le vieillissement de la population de tuberculeux en Chine ²¹ et les niveaux élevés de **dénutrition** en Inde. ^{22,23}

À l'heure actuelle, les scénarios de plaidoyer impliqueraient un dépistage communautaire de la tuberculose pour une partie substantielle de la population, deux fois par an. Avec les outils actuels, cela soulève d'importants problèmes de faisabilité, de ressources et de preuves d'impact. ²⁴ En outre, nous n'avons pas quantifié les effets négatifs potentiels, y compris le traitement de faux positifs, et les effets secondaires schéma thérapeutique. Cependant, les scénarios de plaidoyer illustrent un point essentiel d'aborder la **tuberculose latente** réservoir d'infection dans la population, en particulier pour les paramètres tels que la Chine, où des niveaux élevés de performance actuels du programme de la tuberculose (et entraînant la contribution relativement faible de transmission à l'incidence de la tuberculose ²⁵) signifie des gains substantiels peuvent être fait dans ce domaine. Des outils sont nécessaires pour réduire le volume (et les coûts associés) du dépistage de la maladie active et du traitement de l'infection tuberculeuse latente, comme un vaccin postexposition, ou un test de dépistage qui détecte les personnes atteintes d'une infection tuberculeuse latente susceptibles de progresser dans les cinq prochaines années. -10 ans, dont ²⁶ font partie du pilier 3 de la stratégie End TB. ¹

Nous avons rassemblé les meilleures données disponibles à partir des rapports publiés et des experts nationaux, mais soulignons que des informations améliorées sur l'épidémiologie de la tuberculose et les **voies** actuelles de **prise en charge de la tuberculose** sont encore nécessaires. Par exemple, une incertitude substantielle existe quant à l'incidence et à la mortalité de la tuberculose en Inde, à la prévalence de l'infection tuberculeuse latente et au volume de traitement fourni dans les secteurs public et privé, ce qui peut affecter les projections du modèle. ^{10,15} L'effet épidémiologique des activités repose souvent sur l'opinion d'experts en l'absence de données fiables, ce qui ajoute de l'incertitude aux projections du modèle. Des preuves supplémentaires de l'efficacité des interventions sont nécessaires pour éclairer les discussions politiques au niveau mondial et national.

Dans ce projet, nous avons cherché à examiner l'impact des options politiques

majeures dans la réponse à la tuberculose. Ainsi, certaines interventions spécifiques qui pourraient être envisagées pour des contextes spécifiques n'ont pas été incluses, telles que la lutte contre la dénutrition en Inde et le dépistage par âge de l'infection tuberculeuse latente en Chine, qui ont été explorées dans d'autres modèles. ²¹⁻²³ De plus, nous n'avons pas inclus de scénarios axés sur la recherche active de cas dans **des groupes à risque élevé**, tels que les mineurs ou les personnes vivant dans des quartiers informels. Pour bien saisir cette dynamique et l'impact des interventions ciblées sur ces populations de manière raisonnable, nous croyons que les modèles épidémiologiques nécessitent une structure de modèle spécifique et des données crédibles sur la taille et le fardeau de la tuberculose dans chaque population, ainsi qu'une estimation raisonnable du mélange au sein et entre les **populations** générales et à **haut risque**. Lorsque plus de données deviennent disponibles, ces choix peuvent être revus.

Nous n'avons pas signalé l'incertitude paramétrique ou la relation entre la structure du modèle et les résultats prévus. Ces questions représentent des domaines de recherche future. Ce qui est clair est que, comme les modèles visent à saisir une plus grande complexité, l'incertitude structurelle et paramétrique qui peut être exprimée augmente. Une illustration est la divergence plus prononcée des projections du modèle de référence pour l'Afrique du Sud où le VIH est un facteur clé du fardeau de la tuberculose. Les modèles qui capturent l'interaction entre la tuberculose et le VIH et l'effet de la TAR créent des opportunités supplémentaires pour les différences de modèles et la divergence résultante des projections de base. Cependant, comme il n'y a pas de vraie structure de modèle, les exercices multimodèles comme les nôtres sont importants pour identifier les résultats robustes à l'incertitude structurelle, comme nous l'avons ici.

Notre étude fournit des perspectives uniques sur la faisabilité de ces cibles épidémiologiques mondiales 2025 au niveau des pays et illustre les défis à venir. Dans les travaux ultérieurs, ces projections épidémiologiques ont été liées aux coûts ³⁹ pour étudier la **rentabilité**, l'abordabilité et la **réduction de la pauvreté**. Ces informations sont vitales car les décideurs et la communauté mondiale de la tuberculose évaluent les gains de santé et les coûts économiques qui résulteraient de l'extension des outils existants pour atteindre les premiers objectifs de la Stratégie End TB.

Contributeurs

RGW et RMGJH ont conçu l'étude et étaient responsables de la conception globale. RMGJH, NAM, TS, GHH, NA, JGF, DD, TC, JAS, JE, GBG, AV et RGW ont contribué à la conception de l'étude. RMGJH a coordonné et analysé les résultats des simulations de modèles épidémiologiques et rédigé la première ébauche du rapport.

RMGJH, TS, HHL, NP, SCS, ASA, NB, ASR, AH, GHH, BGW, STC, JMT et NAM ont mené l'analyse des modèles épidémiologiques. ASC, SM, SP, EB, DD, CCW, PAE, MWF, JTD, ESM, TC, JAS, CP, ML et PH ont contribué au développement et à l'analyse des modèles épidémiologiques. DB, MH, SS, CD, LD, DC, LW, [VKC](#) , KR, DP, CS, AG, GC, JP, DM et MK ont fourni des informations pour les scénarios d'intervention. Tous les auteurs ont approuvé la version finale du rapport pour soumission.

Déclaration d'intérêts

Nous ne déclarons aucun intérêt concurrent.

Remerciements

RMGJH et RGW sont financés par la Fondation Bill et Melinda Gates (TB Modeling and Analysis Consortium: [OPP1084276](#)). RGW a également été financé par le UK Medical Research Council ([MR / J005088 / 1](#)), et CDC / [PEPFAR](#) via l'Institut Aurum ([U2GPS0008111](#)). SS a été soutenu par une bourse d'études supérieures de recherche de la National Science Foundation en vertu de la subvention [DGE-114747](#) . JGF a été soutenu en partie par un prix de développement de carrière NIA des National Institutes of Health ([K01 AG037593-01A1](#)) et par l'Institut Freeman Spogli de Stanford pour les études internationales et son Fonds mondial d'action pour le sous-développement et par la Fondation Bill et Melinda Gates . AR reconnaît la Bourse de recherche pour les diplômés de la National Science Foundation sous la subvention no [DGE-114747](#) . GHH, BGW, STC et PE aimeraient remercier Bill et Melinda Gates pour leur soutien actif à ce travail et leur parrainage pour IDM à travers le Global Good Fund. HHL a été financé par la Fondation Bill et Melinda Gates pour ce travail. AH et CCW ont été soutenus en partie par une subvention des instituts nationaux de l'allergie et des [maladies infectieuses](#) , NIH ([AI093856](#)). JMT est un récipiendaire du Conseil national de la recherche médicale et médicale pour ses études doctorales sur la [tuberculose](#) . L'ESB est un récipiendaire d'une bourse de perfectionnement professionnel du Conseil national de recherches médicales et médicales.

Matériel complémentaire



[Télécharger le fichier PDF Acrobat \(750KB\)](#)

[Aide sur les fichiers pdf](#)

Annexe supplémentaire .

Les références

- 1 M Uplekar , D Weil , K Lonroth , *et al.*
La nouvelle stratégie de lutte contre la tuberculose de l'OMS
Lancet , 385 (2015) , pp. 1799 - 1801
[Article](#) [Télécharger le PDF](#) [Afficher le dossier dans Scopus](#) 
- 2 Assemblée mondiale de la santé
Stratégie et objectifs mondiaux de lutte contre la tuberculose après 2015 (A67 / 62) ,
Organisation mondiale de la santé , Genève (2014)
- 3 C Dye , P Glaziou , K Floyd , M Raviglione
Perspectives pour l'élimination de la tuberculose
Ann Rev Pub Health , 34 (2013) , pp. 271 - 286
[CrossRef](#) [Afficher Record en Scopus](#)
- 4 **Objectifs de développement durable de l'**
ONU
<https://sustainabledevelopment.un.org/topics/sustainabledevelopmentgoals> (2015)
(consulté le 17 avril 2015).
- 5 GP Garnett , S Cousens , TB Hallett , R Steketee , N Walker
Modèles mathématiques dans l'évaluation des programmes de santé
Lancet , 378 (2011) , p. 515 - 525
[Article](#) [Télécharger le PDF](#) [Afficher le dossier dans Scopus](#) 
- 6 A Vassall , S van Kampen , H Sohn , *et al.*
Diagnostic rapide de la tuberculose avec le test Xpert MTB / RIF dans les pays à forte charge: une analyse coût-efficacité
PLoS Med , 8 (2011) , p. e1001120
[CrossRef](#)
- 7 NA Menzies , T Cohen , HH Lin , M Murray , JA Salomon
Impact sur la santé de la population et coût-efficacité du diagnostic de la tuberculose avec Xpert MTB / RIF: une simulation dynamique et une évaluation économique
PLoS Med , 9 (2012) , p. e1001347
[CrossRef](#)
- 8 JW Eaton , LF Johnson , JA Salomon , *et al.*
Le traitement du VIH comme moyen de prévention: comparaison systématique des modèles mathématiques de l'impact potentiel du traitement antirétroviral sur l'incidence


du VIH en Afrique du Sud

PLoS Med , 9 (2012) , p. e1001245

[CrossRef](#)

- 9 JW Eaton , NA Menzies , J. Stover , *et al.*
Avantages pour la santé, coûts et rapport coût-efficacité de l'admissibilité antérieure au traitement antirétroviral pour adultes et élargissement de la couverture thérapeutique: une analyse combinée de 12 modèles mathématiques
Lancet Glob Health , 2 (2014) , pp. E23 - e34
[Article](#) [Télécharger le PDF](#) [Afficher le dossier dans Scopus](#) 
- dix QUI
Rapport mondial sur la tuberculose 2014 , Organisation mondiale de la santé , Genève (2014)
- 11 QUI
Rapport mondial sur la tuberculose 2013 , Organisation mondiale de la santé , Genève (2013)
- 12 CJL Murray , KF Ortblad , C Guinovart , *et al.*
Incidence et mortalité mondiale, régionale et nationale du VIH, de la tuberculose et du paludisme entre 1990 et 2013: une analyse systématique de l'étude mondiale sur la charge de morbidité 2013
Lancet , 384 (2014) , pp. 1005 - 1070
[Article](#) [Télécharger le PDF](#) [Afficher le dossier dans Scopus](#) 
- 13 L Wang , H Zhang , Y Ruan , *et al.*
Prévalence de la tuberculose en Chine, 1990-2010; une analyse longitudinale des données d'enquêtes nationales
Lancet , 383 (2014) , pp. 2057 - 2064
[Article](#) [Télécharger le PDF](#) [Afficher le dossier dans Scopus](#) 
- 14 ONUSIDA
Fichier du spectre de l'Afrique du Sud 2013 (disponible sur demande auprès de l'ONUSIDA) , ONUSIDA , Genève (2013)
- 15 S Satyanarayana , SA Nair , SS Chadha , *et al.*
D'où les tuberculeux accèdent-ils au traitement en Inde? Résultats d'une enquête communautaire transversale de 30 districts
PLoS One , 6 (2011) , p. e24160
[CrossRef](#)
- 16 S Achanta , J Jaju , AM Kumar , *et al.*
Pratiques de prise en charge de la tuberculose par des praticiens privés dans l'Andhra Pradesh, en Inde
PLoS One , 8 (2013) , p. e71119
[CrossRef](#)

- 17 S Bharaswadkar , A Kanchar , N Thakur , *et al.*
Les pratiques de gestion de la tuberculose des praticiens privés dans la municipalité de Pune, en Inde
PLoS One , 9 (2014) , p. e97993
[CrossRef](#)
- 18 EL Corbett , CJ Watt , N Walker , *et al.*
Le fardeau croissant de la tuberculose: tendances mondiales et interactions avec l'épidémie de VIH
Arch Intern Med , 163 (2003) , pp. 1009 - 1021
[CrossRef](#) [Afficher Record en Scopus](#)
- 19 GJ Churchyard , LD Mameja , L Mvusi , *et al.*
Lutte contre la tuberculose en Afrique du Sud: succès, défis et recommandations
S Afr Med J , 104 (2014) , p. 244 - 248
[CrossRef](#) [Afficher Record en Scopus](#)
- 20 Division centrale de la TB DGoHS
Plan stratégique national de lutte antituberculeuse 2012-17 , Ministère de la santé et du bien-être familial , New Delhi (2012)
- 21 GH Huynh , DJ Klein , DP Chin , *et al.*
Stratégies de lutte antituberculeuse pour atteindre les objectifs mondiaux de 2035 en Chine: le rôle de l'évolution démographique et de la maladie de réactivation
BMC Med , 13 (2015) , p. 88
- 22 O Oxlade , CC Huang , M Murray
Estimer l'impact de la réduction de la sous-nutrition sur l'épidémie de tuberculose dans les États du centre-est de l'Inde: une étude de modélisation dynamique
PLoS One , 10 (2015) , p. e0128187
[CrossRef](#)
- 23 C Dye , B Bourdin Trunz , K Lonnroth , G Roglic , BG Williams
Nutrition, le diabète et la tuberculose dans la transition épidémiologique
PLoS One , 6 (2011) , p. e21161
[CrossRef](#)
- 24 QUI
Dépistage systématique de la tuberculose active: principes et recommandations , Organisation mondiale de la santé , Genève (2013)
- 25 C Yang , X Shen , Y Peng , *et al.*
Transmission de mycobacterium tuberculosis en Chine: une étude épidémiologique moléculaire basée sur la population
Clin Infect Dis , 61 (2015) , pp. 219 - 227
[CrossRef](#) [Afficher Record en Scopus](#)

- 26 H Esmail , CE Barry 3e , DB Young , RJ Wilkinson
Le défi permanent de la tuberculose latente
Philos Trans R Soc Londres B Biol Sci , 369 (2014) , p. 20130437
[CrossRef](#)
- 31 HH Lin , L Wang , H Zhang , Y Raun , DP Chin , C Dye
Contrôle de la tuberculose en Chine: utilisation de la modélisation pour élaborer des objectifs et des politiques
Bull World Health Organ , 93 (2015) , pp. 790 - 798
[CrossRef](#) [Afficher Record en Scopus](#)
- 32 KS Sachdeva , N. Raizada , A Sreenivas , *et al.*
Utilisation de Xpert MTB / RIF dans des contextes de santé publique décentralisés et son effet sur la recherche de cas de TB pulmonaire et de TB pharmacorésistante en Inde
PLoS One , 10 (2015) , p. e0126065
[CrossRef](#)
- 33 SC Suen , E Bendavid , JD Goldhaber-Fiebert
Les répercussions de la maladie sur l'épidémie de tuberculose multi-résistante en Inde
PLoS One , 9 (2014) , p. e89822
[CrossRef](#)
- 34 A Azman , DW Dowdy
Hopkins modèle complet
<https://bitbucket.org/scottyaz/tbmac> (2015)
(consulté le 26 août 2015).
- 35 N Bacaer
IRD modèle-complet modèle disponible à
<http://www.ummisco.ird.fr/perso/bacaer/TuberculoseAfriqueDuSud.sci.2015>
(consulté le 26 août 2015).
- 36 A Handel , CC Whalen
UGA modèle modèle complet et description
http://handelgroup.uga.edu/resources_research (2015)
(consulté le 26 août 2015).
- 37 JM Trauer , JT Denholm , ES McBryde
Construction d'un modèle mathématique pour la transmission de la tuberculose dans les régions hautement endémiques de la région Asie-Pacifique
J Theor Biol , 358 (2014) , pp. 74 - 84
[Article](#) [Télécharger le PDF](#) [Afficher le dossier dans Scopus](#) 
- 38 RM Houben , M Lalli , T Sumner , *et al.*
TIME Impact - un nouveau modèle de tuberculose (TB) convivial pour éclairer les décisions stratégiques du CT

- 39 NA Menzies , GB Gomez , F Bozzani , *et al.*
Coût-efficacité et implications en termes de ressources de l'action agressive contre la tuberculose en Chine, en Inde et en Afrique du Sud: une analyse combinée de neuf modèles
Lancet Glob Health (2016)
publié en ligne le 6 octobre.
[http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X\(16\)30265-0](http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X(16)30265-0)

Références non-activées

- 27 A Zwerling , RG White , A Vassall , T. Cohen , DW Dowdy , RM Houben
Modélisation de nouvelles stratégies diagnostiques pour la tuberculose active - une revue systématique: pratiques actuelles et recommandations
PLoS One , 9 (2014) , p. e110558
[CrossRef](#)
- 28 H Waaler , A Geser , S Andersen
L'utilisation de modèles mathématiques dans l'étude de l'épidémiologie de la tuberculose
Santé publique des Nations Unies, Santé , 52 (1962) , pp. 1002 - 1013
[CrossRef](#) [Afficher Record en Scopus](#)
- 29 I Langley , HH Lin , S Egwaga , *et al.*
Évaluation du patient, du système de santé et des effets sur la population de Xpert MTB / RIF et d'autres diagnostics de la tuberculose en Tanzanie: une approche de modélisation intégrée
Lancet Glob Health , 2 (2014) , pp. E581 - e591
[Article](#) [Télécharger le PDF](#) [Afficher le dossier dans Scopus](#) 
- 30 LJ Abu-Raddad , L Sabatelli , JT Achterberg , *et al.*
Avantages épidémiologiques des vaccins antituberculeux, des médicaments et des diagnostics plus efficaces
Proc Natl Acad Sci États - Unis , 106 (2009) , pp. 13980 - 13985
[CrossRef](#) [Afficher Record en Scopus](#)