

Résultats : radiographie ultra-portable et détection assistée par ordinateur (DAO)



Source de la photo : IDDS

Le Projet d'introduction de nouveaux outils (en anglais *introducing New Tools Project* ou iNTP) représentait le plus grand déploiement dans plusieurs pays de systèmes ultra-portables de radiographie numérique et de logiciels de détection assistée par ordinateur (DAO) pour programmes de dépistage de la tuberculose (TB).

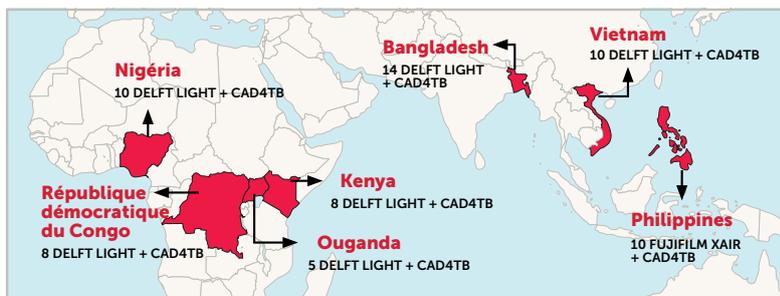
Les systèmes ultra-portables de radiographie numérique fonctionnent sur batterie, émettent de faibles rayonnements et peuvent être rangés dans des sacs à dos ou des valises pour être transportés sur le terrain. Un logiciel de DAO utilise l'intelligence artificielle (IA) pour identifier les signes de tuberculose sur les radiographies thoraciques et peut être utilisé parallèlement ou comme alternative aux lecteurs humains, comme recommandé par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) pour le dépistage ou le triage de la tuberculose.

Dans le cadre de l'iNTP, **63 systèmes ultra-portables de radiographie numérique** (8 unités de FDR Xair, Fujifilm et 55 unités de Delft Light, Delft Imaging Systems) **équipés de la détection assistée par ordinateur (CAD4TB, Delft Imaging) ont été fournis à 7 pays** pour faciliter la détection de la tuberculose chez des populations à haut risque et celles qui peuvent rencontrer des obstacles pour accéder aux services.

Nombre total de personnes ayant été dépistées : 436 938

Nombre de personnes diagnostiquées d'une tuberculose : 13 967

Nombre de personnes présentant des anomalies pulmonaires évocatrices d'une tuberculose détectée par DAO et ayant reçu un test de confirmation : 42 097



Radiographie et DAO dans le cadre du iNTP : en bref

Le déploiement d'appareils ultra-portables de radiographie numérique avec logiciels de détection assistée par ordinateur a permis aux services de dépistage de la tuberculose d'atteindre les groupes de populations à haut risque dans des zones mal desservies, et ce, malgré des ressources limitées. Ces systèmes ont été utilisés aussi bien dans des établissements de soins de santé que dans des contextes communautaires. Les partenaires de l'USAID (Agence des États-Unis pour le développement international) situés dans les pays et les programmes nationaux de lutte contre la TB ont mis en place des activités de dépistage avec ces technologies révolutionnaires. Entre le 4^e trimestre de 2021 et le 3^e trimestre de 2023, plus de 430 000 personnes ont été dépistées et près de 14 000 personnes atteintes de la tuberculose ont été détectées. La plupart des pays concernés par le projet prévoient d'étendre l'utilisation de la radiographie numérique avec détection assistée par ordinateur à l'aide de ressources du Fonds mondial et d'autres partenaires.

Suite page suivante...



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

Stop TB Partnership

Principaux résultats

- 1. Ampleur du dépistage** : dans l'ensemble, parmi tous les pays, **plus de 430 000 personnes ont fait l'objet d'un dépistage** dans le cadre du iNTP, ce qui illustre bien les possibilités qu'offre l'appareil ultra-portable de radiographie numérique équipé de la détection assistée par ordinateur en termes de dépistage de la tuberculose dans des contextes divers. Le nombre des dépistages a augmenté, passant d'un peu plus de 1965 personnes au 4e trimestre de 2021 à plus de 80 000 au 2e et 3e trimestre de 2023, comme l'illustre la figure 1. Cela correspond à une hausse de plus de 4166 % du nombre de personnes dépistées sur la durée du projet.
- 2. Personnes reconnues comme atteintes de la tuberculose** : un dépistage à l'aide de ces nouveaux outils a permis d'identifier **un total de 13 967 personnes atteintes de la tuberculose** dans les différents pays. Le nombre de personnes ayant été détectées atteintes de tuberculose dans le cadre du iNTP est passé de 23 personnes au 4e trimestre de 2021 à plus de 2500 au 3e trimestre 2023, ce qui représente une augmentation de plus de 100 fois.
- 3. Éléments en faveur d'un élargissement des interventions** : la réussite du projet est une **preuve irréfutable qui justifie un élargissement** du recours à des appareils de radiographie numérique avec détection assistée par ordinateur dans plusieurs pays. Par ailleurs, six des sept pays ayant participé au projet envisagent un déploiement plus large de cette technologie par l'acquisition d'autres appareils par l'intermédiaire du Fonds mondial.
- 4. Intégration des données** : Au Kenya et en Ouganda, une **bonne intégration des données de dépistage à des tableaux de bord de connectivité utilisés pour des instruments de laboratoire comme GeneXpert et Truenat** a permis de rationaliser la cascade de soins et d'améliorer l'accessibilité des données.
- 5. Dépistage au sein des communautés** : le projet a prouvé qu'une utilisation de ces appareils ultra-portables de radiographie numérique avec détection assistée par ordinateur dans des **contextes communautaires est faisable et efficace**. Plusieurs pays ont mis à profit l'aspect de portabilité de ces machines en les utilisant pour mener des initiatives de dépistage au sein des communautés. Désormais, les campagnes de dépistage au sein des communautés sont tout particulièrement considérées comme efficaces car elles permettent de s'adresser à un nombre encore plus important de personnes. Dans le cadre de plusieurs campagnes de ce type, des radiographies thoraciques avec détection assistée par ordinateur réalisées avec des instruments Truenat alimentés par batteries ont permis des dépistages et des diagnostics le jour même.

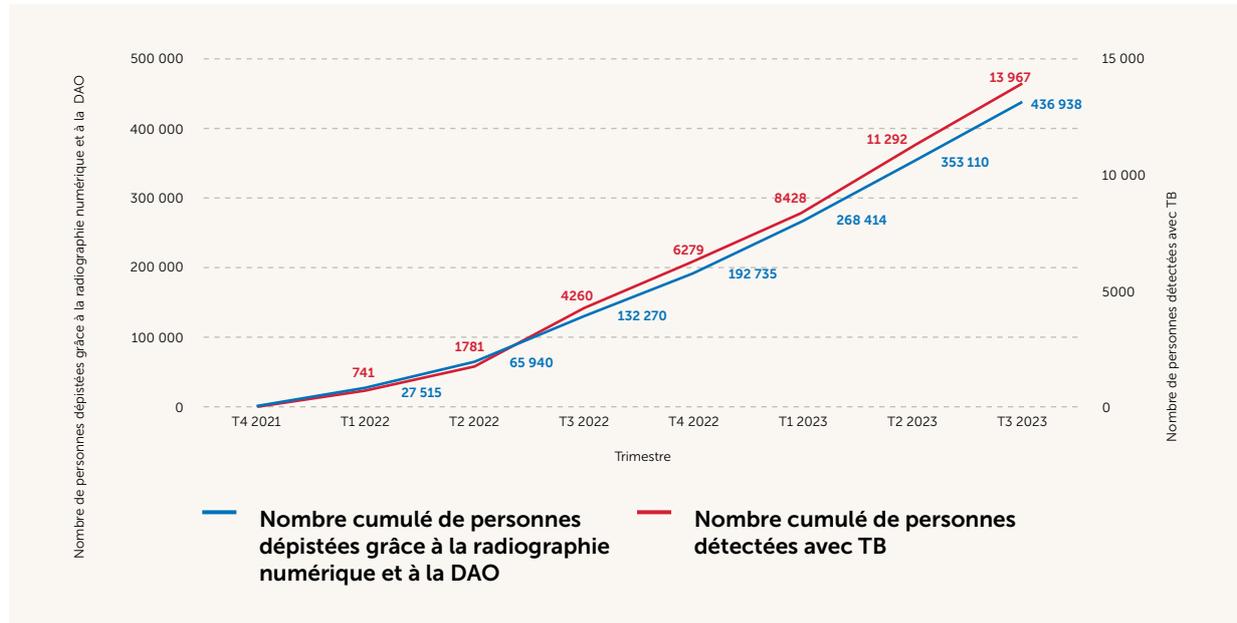
Suite page suivante...



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

Stop TB Partnership

Figure 1: nombre cumulé de personnes dépistées grâce à la radiographie numérique et à la détection assistée par ordinateur et nombre de personnes détectées avec tuberculose dans le cadre du projet



Défis d'une mise en place



Planification d'une mise en place

- Coûts imprévus :** la mise en place de la radiographie thoracique et de la détection assistée par ordinateur a été un processus à fort coefficient de capitaux. En plus des coûts d'acquisition de l'équipement, elle a entraîné certaines dépenses accessoires :
 - Frais de dédouanement (frais, TVA et entreposage)
 - Acquisition d'appareils supplémentaires (comme des équipements de protection contre les radiations)
 - Remplacement d'équipement non couvert par les garanties (tout particulièrement les batteries)
 - Transport de l'équipement (combustible des véhicules et entretien)
 - Ressources humaines supplémentaires (notamment le recrutement de radiographes, radiologues, assistants de liaison, analystes de données et personnel de support technique supplémentaires si nécessaire).
- Contraintes en termes de ressources humaines :** la pénurie de personnel formé et le manque de motivation du personnel ont freiné la mise en place dans certains pays. Un taux élevé de rotation du personnel de soin sur certains sites a rendu difficile la continuité des campagnes de dépistage.

Suite page suivante...





Approvisionnement et réglementation

- **Processus d'obtention de documents et d'approbation** : des processus d'obtention de documents et d'approbation complexes dans le cadre des formalités réglementaires imposées par les autorités locales, tout particulièrement pour les appareils ultra-portables de radiographie thoracique, ont entraîné des retards au tout début avec l'importation des produits et pour garantir l'approvisionnement en pièces de rechange.
- **Conformité réglementaire** : il était essentiel d'assurer la conformité avec la réglementation locale et internationale (notamment celle relative à la protection contre les radiations et à l'approbation au niveau local de nouvelles technologies) et cela a présenté des difficultés ayant donné lieu à des retards de mise en œuvre. En particulier, certains pays ont exigé la validation de la radioprotection des appareils ultra-portatifs de radiographie thoracique avant d'approuver leur déploiement.



Mise en œuvre

- **Adoption lente** : dans certains contextes, l'adoption des outils après leur arrivée dans le pays a pris beaucoup de temps, ce qui a ralenti la mise en œuvre et nui aux performances globales des programmes.
- **Exigences en termes d'infrastructures** : Il a été difficile dans certains contextes d'identifier des sites appropriés pour les équipements de radiographie du thorax et de DAO lors de la mise en place d'activités de dépistage en raison de l'espace limité disponible, en particulier pour garantir un fonctionnement conforme aux exigences de radioprotection et pour un placement optimal des supports de détecteur et de panneau.
- **Conformité avec l'algorithme de diagnostic** : il n'a pas toujours été facile d'orienter correctement les personnes vers des tests de confirmation. Un nombre très important de personnes ne présentant aucun symptôme et dont la détection assistée par ordinateur était négative ont été orientées vers des tests diagnostiques et il y a eu un grand nombre de diagnostics cliniques parmi les personnes avec une détection assistée par ordinateur positive dont les tests de confirmation étaient négatifs. À certains endroits, les diagnostics cliniques ont représenté plus de 68 % de l'ensemble des diagnostics, suggérant une possibilité de surdiagnostic. En outre, il y a eu des complications au moment de procéder au dépistage d'enfants (de moins de 15 ans) pour qui l'OMS ne recommande actuellement pas la détection assistée par ordinateur.
- **Défis d'ordre pratique de l'évaluation clinique au moment de l'impression d'images de radiographies thoraciques pour le suivi** : dans des pays non dotés de systèmes d'information sur les soins (système de communication et d'archivage des images par exemple), le personnel devait imprimer des radiographies thoraciques et des résultats de détection assistée par ordinateur pour procéder à une évaluation clinique mais il n'avait pas accès à des imprimantes durant les campagnes d'intervention.

Suite page suivante... 



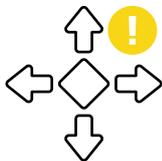
USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

Stop TB Partnership



Fonctionnement des équipements et problèmes techniques

- **Problèmes de connectivité** : des problèmes de connectivité entre les systèmes de radiographies thoraciques et ceux de détection assistée par ordinateur ont été courants sur tous les sites. Cela a eu un impact sur l'utilisation de l'équipement et des dépannages sur le terrain ont été nécessaires.
- **Qualité variable des images radiographiques** : la qualité des images radiographiques de thorax prises par les opérateurs utilisant l'équipement ultra-portable n'était pas toujours optimale et une formation adaptée est essentielle pour s'assurer que l'équipement est correctement manipulé.
- **Portabilité de l'équipement** : Les systèmes de radiographie thoracique et de DAO ont été signalés comme étant trop lourds pour le transport fréquent, en particulier le Delft Light, ce qui signifie que certains contextes les ont déployés uniquement pour une utilisation dans des établissements. Même si un transport motorisé était nécessaire pour intervenir auprès des communautés, les systèmes ultraportables ont tout de même permis d'améliorer l'accès aux soins par rapport aux systèmes transportés dans des camionnettes.
- **Dysfonctionnement et maintenance de l'équipement** : des dysfonctionnements de l'équipement, tout particulièrement avec les générateurs et panneaux solaires des appareils de radiographie (p. ex. batterie et cordon de raccordement), ont empêché et retardé la mise en place de campagnes de dépistage. Les retards ont été exacerbés par de longs délais d'expédition des pièces de rechange, tandis que certains composants indispensables, comme les batteries, n'étaient couverts que par une garantie limitée.



Réflexions sur un élargissement des interventions

- **Stockage des images radiographiques** : la gestion du stockage au niveau local des images de radiographie thoracique et des résultats de DAO a posé des difficultés du fait que les fichiers de radiographie sont assez volumineux.
- **Élargissement du projet** : la planification du projet à long terme pourrait souffrir d'un manque d'orientation au niveau national et mondial quant à la manière de généraliser l'usage des technologies au niveau local et mondial, tout particulièrement en ce qui concerne l'intégration aux programmes nationaux de lutte contre la tuberculose et l'implication d'autres partenaires d'exécution dans l'élargissement des activités du projet.

Suite page suivante...



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

Stop TB Partnership



Source de la photo : IDDS

Enseignements tirés de la mise en œuvre



Planification d'une mise en place

- **Collaboration multi-acteurs** : il est important de cartographier et d'impliquer les parties prenantes nécessaires, y compris les donateurs, les organisations de la société civile et les leaders communautaires, les gouvernements nationaux, régionaux et locaux ainsi que les fabricants et autorités de régulation dès le début pour assurer une pérennité et une adoption rapide.
- **Implication des parties prenantes** : les partenaires pouvant soutenir les campagnes de dépistage au sein des communautés doivent être impliqués et sensibilisés dès le début pour faciliter une mobilisation en temps utile et une disponibilité des ressources, pour assurer l'adoption rapide et le déploiement des outils.
- **Développement des ressources** : il est important, dès le tout début, d'élaborer des procédures opérationnelles standard, des modes de distribution, des listes de vérification pour la sélection et la préparation des sites (en prenant en considération les exigences en termes d'infrastructures), des plans de renforcement des capacités et une feuille de route d'élargissement afin d'orienter la mise en œuvre.
- **Consignes nationales** : un alignement de l'algorithme de dépistage avec DAO sur les directives nationales de lutte contre la tuberculose améliore l'acceptabilité. Il convient d'envisager un dépistage d'autres maladies en même temps que celui de la tuberculose pour assurer une approche plus intégrée.
- **Surveillance des programmes** : il est important d'assurer une surveillance continue des résultats du programme sur toute la cascade de soins en accord avec les objectifs fixés pour identifier les domaines d'amélioration.

Suite page suivante...



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

Stop TB Partnership

- **Encadrement et formation des utilisateurs finaux** : des formations en présentiel, notamment de perfectionnement, une sensibilisation et un encadrement sont essentiels pour optimiser l'utilisation de l'équipement et assurer la conformité avec l'algorithme de dépistage par les opérateurs de l'équipement et cliniciens. Plusieurs utilisateurs sur site doivent être formés pour assurer une certaine continuité, notamment lorsque le renouvellement du personnel est fréquent. Le personnel informatique et biomédical du gouvernement doit être formé pour assurer une assistance technique et un dépannage pendant les opérations sur le terrain.
- **Motivation du personnel** : face à un manque de motivation du personnel, il convient d'envisager des mesures incitatives comme le remboursement des frais de déplacement pour assurer sa présence lors des campagnes de dépistage dans des zones éloignées ou l'organisation de séances de formation pour qu'il reste en poste et motivé.



Approvisionnement et réglementation

- **Dédouanement et processus d'approbation** : Il convient de planifier le dédouanement des appareils, les longs processus d'approbation et la conformité avec les exigences réglementaires dès le début pour éviter les retards de mise en œuvre. Il est en outre important de sensibiliser les autorités de réglementation compétentes et d'assurer la coordination avec elles du fait que la réglementation en matière de protection contre les radiations des appareils ultraportables de radiographie thoracique est souvent obsolète ou n'en est qu'à ses balbutiements étant donné qu'il s'agit d'une toute nouvelle technologie.



Mise en œuvre

- **Équipement complémentaire de recharge** : pour une utilisation sur des sites où l'alimentation électrique est limitée, il est important de recharger l'équipement au sein d'établissements de santé à l'aide d'énergie électrique et solaire et d'utiliser les batteries externes ou les panneaux solaires fournis dans le cadre des opérations sur le terrain. Des régulateurs de tension automatique peuvent être nécessaires pour protéger l'équipement de radiographie thoracique contre les fluctuations électriques.
- **Protection contre les radiations** : une évaluation des mesures de protection contre les rayonnements des appareils ultraportables de radiographie thoracique menée par le Partenariat Halte à la tuberculose en collaboration avec Médecins Sans Frontières (MSF) a confirmé que tous les systèmes pouvaient être utilisés en toute sécurité et en conformité avec les normes internationales, à condition de respecter les procédures de sécurité comme le port d'un tablier de protection et le déclenchement de l'exposition depuis une distance de sécurité à l'aide d'un interrupteur¹.

¹ Paulis LE, Schnerr RS, Halton J, Qin ZZ, Chua A (2025). Assessment of scattered and leakage radiation from ultra-portable X-ray systems in chest imaging: An independent study. PLOS Glob Public Health 5(1): e0003986. <https://journals.plos.org/globalpublichealth/article?id=10.1371/journal.pgph.0003986>

Suite page suivante... 



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

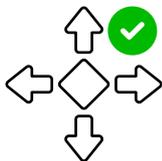
Stop TB Partnership

- **Appareils portables de diagnostic moléculaire** : l'association de la détection assistée par ordinateur à des outils portables de diagnostics moléculaires comme Truenat (utilisé au Nigéria et aux Philippines) et TB-LAMP (déployé au Nigéria) réduit le temps de diagnostic et de traitement ainsi que les risques de perte de suivi, notamment dans le cadre de campagnes de dépistage au sein de communautés vivant dans des zones reculées. Grâce à un débit plus important, la technologie TB-LAMP s'est avéré mieux adapté pour faire face au nombre élevé de personnes identifiées par le dépistage avec la radiographie thoracique et la détection assistée par ordinateur et de les orienter vers un test de confirmation.
- **Connectivité Internet** : sur les sites où l'accès à Internet est instable, des cartes de données SIM peuvent être fournies pour l'envoi de données pour un coût mensuel faible (environ 7 USD sur des sites de projet en Ouganda) ou il est possible d'envisager un déploiement de la détection assistée par ordinateur hors ligne.



Fonctionnement des équipements et problèmes techniques

- **Représentants locaux des fabricants dans les pays et pièces de rechange** : une assistance technique et des pièces de rechange sont essentiels dans les pays pour garantir une réparation de l'équipement en cas de panne ou le remplacement de pièces dans les meilleurs délais. Pour être certain de savoir exactement ce que le représentant local du fabricant va fournir, il est essentiel de signer un accord sur les niveaux de service qui stipule clairement les services et les conditions de maintenance, avec des indicateurs de performance clés et des objectifs.
- **Assistance technique** : les représentants locaux, les fabricants et les utilisateurs doivent pouvoir communiquer facilement par des moyens adaptés aux utilisateurs finaux dans des zones périphériques et disponibles pendant les heures ouvrables du programme de dépistage.



Réflexions sur un élargissement des interventions

- **Stockage dans le cloud** : il est bon d'envisager un stockage illimité dans le cloud étant donné la taille importante des fichiers d'imagerie.
- **Systèmes de données** : de solides systèmes de données intégrés améliorent l'accessibilité des données de dépistage pour le suivi et le diagnostic, l'assurance qualité des interprétations avec détection assistée par ordinateur et le suivi et l'évaluation des programmes de dépistage.
- **Préparation à l'élargissement des interventions dans le cadre du projet** : il est important de planifier la pérennité et l'élargissement des interventions dès le début du projet, notamment en impliquant toutes les parties prenantes, y compris les acteurs du programme national de lutte contre la tuberculose, les partenaires d'exécution et les donateurs.

Suite page suivante...



Ressources développées

Le Partenariat Halte à la tuberculose s'est appuyé sur l'expérience acquise dans le cadre du projet et sur les enseignements tirés de l'expérience pour élaborer et affiner un certain nombre de ressources pouvant être utilisées par tout pays intéressé par l'adoption ou une utilisation plus générale de la radiographie thoracique et de la détection assistée par ordinateur :

<p>Directives pratiques de mise en œuvre de la radiographie thoracique et de la détection assistée par ordinateur élaborées en collaboration avec USAID et Global Affairs Canada et disponibles en anglais, en français, en espagnol et en russe.</p>	<p>Cliquez ici</p>
<p>Modules de formation et guides conçus pour les facilitateurs et les participants en collaboration avec USAID et le Projet de détection et de surveillance des maladies infectieuses (IDDS) d'USAID.</p>	<p>Cliquez ici</p>
<p>Études de cas pour partager les expériences du projet et sensibiliser pays extérieurs au projet.</p>	<p>Cliquez ici</p>
<p>Série de webinaires intitulée « Focus Group on AI-Based Imaging in TB (FG-AITB) » (Groupe témoin sur l'imagerie basée sur l'IA dans le cadre de la lutte contre la tuberculose) permettant de partager des expériences du iNTP et d'autres pays et projets mettant en place ces outils numériques innovants.</p>	<p>Cliquez ici</p>



Avertissement : les conclusions de la présente publication sont celles de ses auteurs et ne représentent pas nécessairement le point de vue de l'Agence des États-Unis pour le développement international ou du gouvernement des États-Unis.



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

Stop TB Partnership