

Faculté des sciences de la motricité

Les prothèses de membre inférieur imprimées en 3D sont-elles une solution pertinente après une amputation dans les pays à revenu faible et intermédiaire ?

Auteur : Victor Dupriez

Promotrice : Professeure Bénédicte Schepens

Lecteur·rices :

Année académique 2025-2026

Master en kinésithérapie et réadaptation [60.0] - KINE2M

UCLouvain FSM : Déclaration d'utilisation des aides et outils Intelligence Artificielle (IA)

J'ai utilisé l'IA pour ce projet : ☒ Oui
☐ Non

Si vous avez utilisé l'IA dans ce travail, veuillez préciser comment ci-dessous :

Texte (par exemple, vérification orthographique, génération de texte, production d'idées, ...)

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

Correction orthographique et grammaticale (Reverso)
Formulation des équations de recherche spécifiques aux bases de données (Gemini)
Recherche de synonymes (Gemini)

Images

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

/

Code, aide à la programmation, ou algorithmes

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

/

Autres utilisations

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

/

Je connais les règles de de la Faculté des sciences de la motricité de l'UCLouvain en matière d'intelligence artificielle. Je déclare que toute utilisation d'aides ou d'outils d'intelligence artificielle est explicitement mentionnée dans le présent formulaire de déclaration

Nom	Dupriez	Prénom	Victor
-----	---------	--------	--------

Remerciements :

Je souhaite remercier vivement, pour leur aide précieuse, ma promotrice la Professeure Bénédicte Schepens, Éric Weerts, Abder Banoune et Jude Mambemba.

Table des matières

1.	Introduction	6
2.	Méthode.....	9
2.1.	Entretiens pour préciser la question de recherche	9
2.2.	Focus sur les pays à revenu faible et intermédiaire.....	10
2.3.	Revue narrative non systématique de la littérature selon les critères HTA	11
2.3.1.	Stratégie de recherche et critères de sélection des articles	12
2.3.2.	Méthode d'analyse et de lecture des articles	12
2.4.	Entretiens avec des témoins privilégiés.....	12
3.	Résultats	14
3.1.	Problématique de santé et utilisation actuelle de la technologie	14
3.1.1.	Amputation dans les PRFI.....	14
3.1.2.	Accès aux prothèses et à la rééducation dans les PRFI.....	16
3.1.3.	Utilisation de l'impression 3D dans les PRFI	16
3.2.	Description et caractéristiques techniques de la technologie	17
3.3.	Sûreté.....	17
3.4.	Efficacité clinique.....	19
3.5.	Coûts et évaluation économique.....	20
3.6.	Analyse éthique	22
3.7.	Aspects opérationnels.....	22
3.8.	Patients et aspects sociaux.....	23
3.9.	Aspects juridiques	24
3.10.	Éléments de synthèse provenant des entretiens.....	24
4.	Discussion	26
4.1.	Synthèse des résultats	26
4.2.	Limites de ce travail	27
4.3.	Autres éléments de discussion.....	28

5.	Conclusion.....	31
6.	Bibliographie	32
7.	Annexes	36
	Annexe 1.....	36
	Annexe 2.....	39
	Annexe 3.....	40
	Annexe 4.....	42
8.	Résumé	47

Glossaire :

FDM : Fused Deposition Modeling

HI : Handicap International - Humanité & Inclusion

HTA : Health Technology Assessment

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONG : Organisation Non Gouvernementale

PLA : Acide polylactique

PRFI : Pays à Revenu Faible et Intermédiaire

1. Introduction

L'OMS estime que parmi les personnes nécessitant des aides techniques, dont des prothèses et des orthèses, seule 1 sur 10 y a effectivement accès. Ceci s'explique par « leur coût élevé, le manque de sensibilisation, de disponibilité, de personnel qualifié et de financement » (1). Or, son rapport de 2018 sur les normes relatives aux prothèses et aux orthèses rappelle que plus de 170 pays ont adopté la Convention relative aux droits des personnes handicapées (CDPH) qui précise que « les États membres ont pour responsabilité de prendre des mesures efficaces pour assurer la mobilité des personnes handicapées » et par conséquent « de promouvoir et d'assurer la disponibilité et l'accès aux aides à la mobilité, aux appareillages et aux aides techniques et technologiques, y compris les prothèses et les orthèses. » (1). Ces engagements ne sont donc pas respectés.

Par ailleurs, le rapport 2025 sur le marché des aides techniques publié par ATscale (Partenariat Mondial pour les Technologies d'Assistance) indique qu'il est estimé que « à l'échelle mondiale, 65 millions de personnes vivent avec un membre amputé¹ » et précise que cependant, « moins de 20 % de la totalité des personnes qui pourraient bénéficier de prothèses y ont accès » (3).

Il existe donc une réelle demande en prothèses², d'autant plus que le rapport d'ATscale révèle aussi que les statistiques de l'OMS évaluent un doublement des besoins en prothèses d'ici 2050 et en particulier dans les Pays à Revenu Faible et Intermédiaire (PRFI) « sous l'effet combiné de la croissance démographique, de l'augmentation des traumatismes et de la hausse des maladies non transmissibles telles que le diabète » (3). Il semble important d'ajouter les besoins dans les zones de conflits actuels, où à côté des décès, les blessés sont encore plus nombreux.

Pour répondre à ce besoin croissant, des ONG comme Handicap International - Humanity & Inclusion (HI) se mobilisent dans les PRFI. Dans le but de favoriser

¹ L'amputation est « l'ablation chirurgicale d'une partie du corps à la suite d'un traumatisme, une maladie ou une affection congénitale. » (2)

² « Dispositifs externes utilisés pour remplacer totalement ou partiellement un segment de membre absent ou déficient » (1)

l'accessibilité et le déploiement de prothèses, ces organisations œuvrent à augmenter le nombre de services disponibles en exploitant des technologies innovantes comme l'impression 3D, testée dès 2016 par HI (4).

Alors que l'approche de la technologie 3D pour produire des prothèses est de plus en plus utilisée, il est intéressant d'explorer quels sont les éléments qui poussent des ONG à utiliser cette méthode, et dans quelle mesure cette solution est-elle appropriée pour fournir des prothèses dans les contextes variés des PRFI. Ce travail tente de répondre à la question suivante : les prothèses de membre inférieur imprimées en 3D sont-elles une solution pertinente après une amputation dans les pays à revenu faible et intermédiaire ? La mesure de la pertinence est abordée à travers le cadre d'analyse du *Health Technology Assessment* (HTA), communément utilisé pour l'évaluation des technologies médicales. L'objectif de ce travail est d'apporter un éclairage sur la solution des prothèses de membre inférieur imprimées en 3D en s'appuyant sur une analyse de la littérature et des entretiens avec des témoins privilégiés.

Dans le cadre de ce travail, le terme *prothèse* imprimée en 3D désigne l'emboîture d'une prothèse modulaire (endosquelétique) transfémorale ou tibiale (Fig. 1).



Fig. 1. Éléments des dispositifs prothétiques modulaires (endosquelettique) du membre inférieur (d'après le rapport « Analyse de produit : les prothèses » d'ATscale de 2020 (2)).

À la suite de cette première partie introductive, une deuxième partie détaille les choix méthodologiques. La question de recherche de ce travail portant sur un sujet émergent, une double approche méthodologique séquencée est proposée. Une analyse de la littérature scientifique constitue la base de l'approche et est suivie par des échanges structurés autour de questions spécifiques avec des témoins privilégiés. Ces entretiens visent à apporter des nuances et des compléments d'informations à l'analyse de la littérature. La troisième partie développe les résultats, structurés suivant les neuf critères HTA, et se termine par une synthèse des principaux avantages et inconvénients tels qu'identifiés par les témoins privilégiés. Une discussion autour du sujet et des résultats est ensuite proposée dans la quatrième partie, en incluant des perspectives d'analyse et de méthodologie complémentaires avant de conclure le document.

2. Méthode

Étant donné que le sujet de ce mémoire est émergent sur le plan scientifique et dans les différents contextes d'intervention, une double approche méthodologique séquencée est proposée. À la suite de deux entretiens pour affiner la question de recherche, une revue narrative non systématique de la littérature scientifique a été réalisée pour rassembler les connaissances actuelles sur le sujet. Sur base des résultats de l'analyse, un questionnaire a été construit avec des questions spécifiques à destination d'orthopédistes utilisant l'impression 3D pour produire des prothèses. L'intention de cette seconde démarche est de compléter ainsi que de nuancer la revue de la littérature par des exemples concrets et les avis d'orthoprothésistes.

Le schéma suivant illustre la démarche méthodologique.

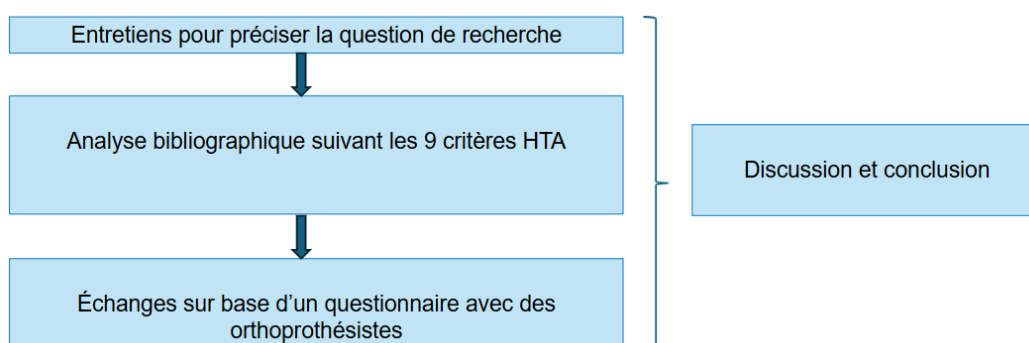


Fig. 2. Schéma méthodologique

2.1. *Entretiens pour préciser la question de recherche*

Deux entretiens ont eu lieu par Teams pour cerner et préciser la question de recherche avec les experts suivants :

- Éric Weerts (kinésithérapeute et expert en réadaptation pour Handicap International - Humanity & Inclusion), le 17 novembre 2025. Cet entretien a permis d'appréhender les besoins en prothèses et les enjeux des nouvelles technologies dans un contexte humanitaire. Le besoin d'un processus complet de prothétisation et de rééducation a également été mis en évidence à la différence d'un simple approvisionnement en appareillages. Des questions éthiques comme le risque de concurrence

avec les prothésistes locaux et l’informatisation à outrance ont aussi été discutées.

- Abder Banoune (spécialiste en réadaptation et référent technique chez Handicap International - Humanité & Inclusion), le 8 décembre 2025. Cet entretien a permis d’affiner et de limiter la question de recherche sur les prothèses de membre inférieur. En effet, les prothèses de membre supérieur étant plus complexes dans leur fonctionnement, l’analyse risquait de se disperser et aurait été trop longue pour ce travail. L’expert a aussi conseillé de ne pas inclure les zones de conflits dans la question de recherche car les conditions de travail n’y permettent simplement pas des interventions de ce type.

2.2. Focus sur les pays à revenu faible et intermédiaire

La Banque Mondiale établit une classification des pays du monde en quatre catégories selon leur Revenu National Brut (RNB) par habitant : faible revenu, revenu intermédiaire de la tranche inférieure, revenu intermédiaire de la tranche supérieure et revenu élevé. Les seuils des quatre groupes sont définis par les chercheurs de la Banque Mondiale. Le RNB par habitant est un indicateur de la capacité économique qui permet d’estimer la richesse et le niveau de développement des États (5).

Le terme Pays à Revenu Faible et Intermédiaire (PRFI) concerne les États classés dans les trois premières catégories citées ci-dessus et identifiables sur la Fig. 2. Cet ensemble regroupe tous les pays du continent africain ainsi que la majorité des pays d’Asie, d’Amérique centrale et du Sud. L’OMS estime que dans ces régions, seul 1 amputé sur 10 nécessitant une prothèse y a effectivement accès et que ce besoin est en hausse (2). Au regard de ce constat, ce travail cible sa problématique sur ces régions à moyens limités où les contraintes et les enjeux de l’accès aux soins y sont les plus grands.

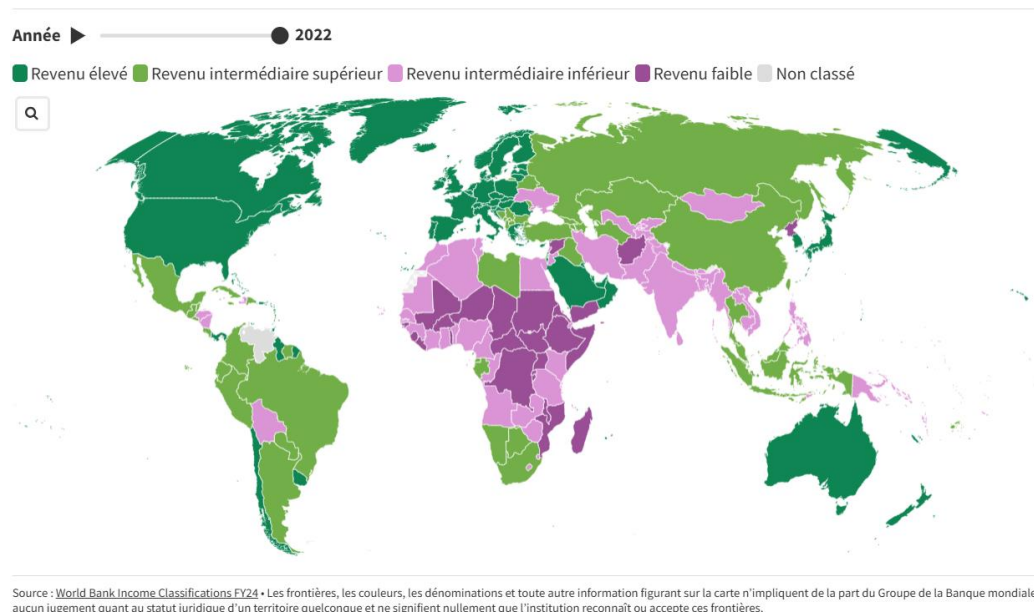


Fig. 3. Classification du Groupe de la Banque Mondiale par niveau de revenu. Issue de <https://blogs.worldbank.org/fr/opendata/nouvelle-classification-pays-revenu-2024>

2.3. *Revue narrative non systématique de la littérature selon les critères HTA*

La revue narrative de la littérature est structurée selon les critères proposés par le *Health Technology Assessment* (HTA) pour permettre d'établir la pertinence de la technologie 3D pour produire des prothèses après amputation dans les pays à revenu faible et intermédiaire. Le HTA ou Évaluation des Technologies de la Santé (ETS) est une démarche qui s'applique notamment aux médicaments, aux vaccins, au matériel médical et aux technologies de la santé, et qui a pour objectif d'examiner leur rapport coût-utilité (6). Cette méthode pluridisciplinaire permet donc d'évaluer si une technologie répond « mieux, aussi bien ou moins bien que d'autres solutions existantes » (7).

Les résultats de la revue de la littérature sont ordonnés selon les neuf critères du *HTA Core Model* :

- 1) Problématique de santé et utilisation actuelle de la technologie ;
- 2) Description et caractéristiques techniques de la technologie ;
- 3) Sûreté ;
- 4) Efficacité clinique ;
- 5) Coûts et évaluation économique ;

- 6) Analyse éthique ;
- 7) Aspects opérationnels ;
- 8) Patients et aspects sociaux ;
- 9) Aspects juridiques.

2.3.1. Stratégie de recherche et critères de sélection des articles

Les bases de données PubMed, Embase, ScienceDirect, Scopus, ResearchGate ont été consultées entre avril 2025 et mai 2026. Les articles sélectionnés ont été publiés après 2015 (à l'exception de Bisseriex et al. (8) datant de 2011), sont disponibles entièrement et gratuitement en ligne et ont été rédigés en français ou en anglais. Les équations de recherche utilisées selon les différentes bases de données sont reprises en annexe.

2.3.2. Méthode d'analyse et de lecture des articles

Pour regrouper le contenu des articles et aider à la rédaction, le logiciel QDA Miner Lite v3.0.8 a été utilisé. C'est un logiciel CAQDAS (*Computer-Assisted Qualitative Data Analysis Software*) classique : il aide à organiser, coder et analyser des textes, mais il ne fonctionne pas comme un outil d'intelligence artificielle générative (9).

2.4. Entretiens avec des témoins privilégiés

Dans le but de compléter et de confronter les résultats de l'analyse de la littérature, un court questionnaire synthétisant quelques points spécifiques a été envoyé au mois d'avril 2026 à trois orthoprothésistes utilisant l'impression 3D pour fabriquer des prothèses dans des PRFI.

Onze questions leur ont été posées :

- 1) *Pouvez-vous m'expliquer en une phrase quel(s) procédé(s) d'impression 3D et quel(s) matériau(x) utilisez-vous pour produire vos prothèses du membre inférieur dans les pays à revenu faible et intermédiaire ?*
- 2) *Quelles sont les possibilités d'ajustement post-impression et de réparation sur une prothèse du membre inférieur imprimée en 3D ?*

- 3) *Quels sont les coûts de production d'une prothèse du membre inférieur imprimée en 3D et comment sont-ils financés ?*
- 4) *Que deviennent les composants des prothèses dysfonctionnelles ou en fin de vie ? Sont-ils recyclés ?*
- 5) *Dans quelle mesure intégrez-vous dans votre activité la formation du personnel nécessaire à l'impression de prothèses en 3D ?*
- 6) *Comment déterminez-vous l'éligibilité d'un.e patient.e à recevoir ou non une prothèse imprimée en 3D ?*
- 7) *Utilisez-vous un cadre de référence ou des normes de sécurité (par exemple la norme ISO 10328) pour valider la résistance de vos prothèses imprimées en 3D ?*
- 8) *Selon vous, quels sont les trois principaux avantages des prothèses imprimées en 3D par rapport aux prothèses classiques ?*
- 9) *Selon vous, quels sont les trois principaux inconvénients des prothèses imprimées en 3D par rapport aux prothèses classiques ?*
- 10) *Êtes-vous satisfait de ce que vous proposez aux patients bénéficiaires des prothèses imprimées en 3D ? Y a-t-il des points d'améliorations dont vous aimeriez me faire part ?*
- 11) *Avez-vous d'autres indications, informations, commentaires que vous aimeriez partager sur la question de recherche ?*

Abder Banoune, spécialiste en réadaptation et référent technique chez Handicap International - Humanité & Inclusion (HI), a complété le questionnaire le 24 avril 2026. Les réponses de Jude Mambemba, ingénieur et responsable de programme chez Prothea Congo, ont été reçues le 8 mai 2026.

3. Résultats

Les résultats sont présentés suivant l'ordre des neuf critères HTA. Le point de vue des prothésistes est intégré sous la forme d'encadrés dans les sections concernées. Le dernier point de cette partie regroupe les trois principaux avantages et inconvénients des prothèses imprimées en 3D cités sous forme de synthèse par les deux experts ayant répondu au questionnaire.

3.1. Problématique de santé et utilisation actuelle de la technologie

3.1.1. Amputation dans les PRFI

Epidémiologie :

Chaque année, à l'échelle mondiale, près d'1,5 million de personnes subissent une amputation nécessitant des services de prothèses. Et ce besoin est en hausse, particulièrement dans les PRFI (2).

Causes d'amputation :

Les causes d'amputation dans les PRFI sont multiples et majoritairement traumatiques. Elles incluent d'abord une grande proportion d'accidents de travail ou de la voie publique, expliquée notamment par l'utilisation importante des deux-roues et de véhicules surchargés. En Inde particulièrement, le train provoque près de 14 000 amputations par an selon une étude de 2011 (8). Il faut souligner que le contexte géopolitique influe aussi directement sur l'étiologie des amputations. Dans les pays en guerre ou ayant vécu des conflits, on observe une prévalence accrue d'amputations par mines antipersonnel³, armes à feu et machettes. Les civils représentent 90% des victimes de mines antipersonnels (actives jusqu'à 100 ans après leur pose), touchant surtout les enfants et les femmes travaillant dans les champs (8). Plus largement, pour toutes les différentes causes traumatiques d'amputation citées, l'essentiel des victimes sont des jeunes actifs (8).

³ « Les mines antipersonnel sont des explosifs posés ou enterrés dans le sol qui explosent lorsque quelqu'un marche dessus ou les touche. » (10).

À ces causes traumatiques majoritaires s'ajoute ensuite un nombre grandissant d'amputations liées au diabète et à l'obésité, des affections attribuées à l'occidentalisation du mode de vie et de l'alimentation (8,11).

Enfin, d'autres raisons peuvent entraîner une amputation comme des maladies endémiques telles que la lèpre, des infections et une mauvaise prise en charge initiale d'une plaie ou d'un traumatisme mineur (8,12).

Délai de la prise en charge avant l'amputation :

Quelles que soient les causes des blessures, le délai de la prise en charge initiale conditionne le pronostic du membre lésé. Dans les PRFI, ce délai est augmenté par plusieurs éléments. D'une part, les patients ont recours en premier lieu aux soigneurs traditionnels (8,12–14). Sur le continent africain, on comptait en 2011 environ 1 guérisseur pour 500 habitants et 1 médecin pour 40 000 habitants (15). En plus d'être plus répandus que les médecins, les soigneurs traditionnels sont aussi plus abordables. Dans une étude de cas, van Gaalen et al. rapportent qu'une consultation chez un guérisseur (15-30 USD) coûte moins cher que des soins médicaux (75 USD) (13). D'autre part, le manque d'éducation médicale, la rareté et l'éloignement des dispensaires, et le manque de transport public pour s'y rendre sont des éléments additionnels qui complexifient l'accès aux soins, contribuant à augmenter le délai de prise en charge (8).

Dans les PRFI, la prise en charge des blessures peut être compromise par une insuffisance de moyens médicaux permettant de limiter l'hémorragie, la douleur et de prévenir et traiter les infections (8,13). Il est donc primordial d'y améliorer le délai et la prise en charge médicale des blessés, car même des blessures ou des infections à priori légères peuvent dégénérer et mener à des conséquences irréversibles comme l'amputation (16).

Impact de l'amputation :

La perte d'un membre ou d'une partie d'un membre est un choc majeur qui entraîne de multiples conséquences, bien au-delà du préjudice physique. L'amputation fragilise l'intégration socio-professionnelle des patients, qui subissent des négligences, des stigmatisations et un manque de soutien des autorités (12). En raison de ces discriminations, les patients ressentent un sentiment d'exclusion de la communauté (12), ce qui aggrave le traumatisme

psychologique de la perte d'un membre. Cette perte d'une partie de soi et de son indépendance déclenche un processus de deuil, comprenant de la stupéfaction, de la colère et de la mélancolie. Certains patients rapportent à Chetty et al. qu'ils se sentent comme un fardeau pour leur famille et éprouvent un sentiment de culpabilité et de découragement (12,17,18). Les auteurs indiquent qu'échanger avec d'autres amputés peut aider à mieux accepter la situation (17).

3.1.2. Accès aux prothèses et à la rééducation dans les PRFI

Malgré les évidences scientifiques montrant que l'utilisation d'une prothèse améliore la qualité de vie et réduit la mortalité, l'OMS estime que seulement « 5 à 15% des amputés nécessitant des dispositifs prothétiques y ont accès dans les PRFI », et ajoute que ce besoin y est en hausse (2).

Comme dit précédemment, l'accès limité aux prothèses et à la rééducation s'explique d'abord principalement par les coûts élevés (12,14,19–21). Un autre facteur fréquemment cité est l'éloignement du centre le plus proche (souvent situé dans les villes) (14,18–20), aggravé par le manque de transport public (14,19). Ensuite, les patients manquent d'informations et de références sur les soins et deviennent réticents à la rééducation faute de sensibilisation sur les modalités de celle-ci (12,19). De plus, les centres peuvent souffrir d'un manque de personnel qualifié et d'équipement spécifique nécessaire à la rééducation (12,14). Un autre obstacle à la rééducation est un sentiment de mélancolie et d'exclusion lié à leur perte d'indépendance (19).

Les coûts élevés, la rareté des services de prothèses, leur éloignement et le manque d'information les concernant rendent l'accès compliqué à ces services et à la rééducation. Pour surmonter ces obstacles via l'augmentation du nombre de structures de soins, des ONG misent sur des technologies innovantes telles que l'impression 3D.

3.1.3. Utilisation de l'impression 3D dans les PRFI

Plusieurs ONG et fondations comme Handicap International - Humanity & Inclusion (HI) (4), Ugani (22) ou Nia Technologies (23) utilisent déjà l'impression 3D pour fournir des prothèses dans les PRFI. Plusieurs articles cités dans ce travail concernent un laboratoire développé depuis 2018 par l'équipe de

van der Stelt. Ce projet pilote d'impression 3D à l'hôpital de Masanga (3D Sierra Leone) vise à améliorer l'accès aux prothèses en milieu rural (24).

3.2. Description et caractéristiques techniques de la technologie

L'impression 3D, aussi appelée fabrication additive est une technique de fabrication numérique qui permet de créer un objet en trois dimensions en additionnant des couches successives.

Le processus de conception d'une prothèse fabriquée en 3D comprend trois grandes étapes. Le moignon est d'abord modélisé en 3D via un scanner qui saisit sous différents angles toutes les formes et dimensions du membre. Ensuite, sur base des données topographiques du scanner, le modèle 3D de l'emboîture est créé puis ajusté par ordinateur. Le modèle numérique est finalement transmis à l'imprimante 3D qui va former l'objet en superposant très précisément une multitude de couches horizontales de matériaux.

Parmi les divers procédés d'impression, la *Fused Deposition Modeling* (FDM) ou modélisation par dépôt de fil fondu est la méthode privilégiée pour l'impression de prothèses (12). Ce procédé repose sur la superposition de filaments thermoplastiques extrudés par une buse chauffante (25,26). Les matériaux les plus couramment utilisés dans le domaine prothétique sont le polypropylène ou l'acide polylactique (PLA) (27).

Cette combinaison technique (FDM et polypropylène) est employée par Abder Banoune (HI) et Jude Mambemba (Prothea Congo) pour fournir des prothèses, comme le décrit ce dernier : *Nous utilisons principalement l'impression 3D par dépôt de filament fondu avec du polypropylène (PP) pour fabriquer les emboîtures des prothèses de membre inférieur, complétées par des composants mécaniques standard (pylônes, adaptateurs et pieds prothétiques), afin d'obtenir des prothèses légères, robustes et adaptées aux contraintes des pays à revenu faible et intermédiaire.*

3.3. Sûreté

Afin de garantir leur résistance et leur durabilité, les composants et les matériaux prothétiques doivent subir des tests structuraux relatifs aux normes ISO

(Organisation internationale de normalisation) correspondantes (1). Dans le cas d'une prothèse de membre inférieur, les composants tels que les pylônes et les pieds sont soumis par le fabricant aux essais structuraux de la norme ISO 10328 avant d'être mis sur le marché (28).

En revanche, l'emboîture étant une pièce confectionnée individuellement au sein des services de prothèses, elle n'est pas soumise aux exigences de la norme ISO 10328 (28,29), comme le souligne Abder Banoune (HI) : *La norme ISO 10328 teste les composants prothétiques lors de leur fabrication chez le producteur mais pas dans les centres de réadaptation. Et cette norme ne couvre pas directement le confort de l'emboîture, l'adaptation clinique et la qualité de l'ajustement.*

De plus, de nombreux pays n'appliquent pas de normes nationales concernant les prothèses, comme l'explique Jude Mambemba (Prothea Congo) : *Nous n'avons pas un système de normalisation des prothèses ici en République Démocratique du Congo, mais nous utilisons la technologie de Ugani Prosthetics qui répond déjà aux normes internationales.*

Indépendamment de la méthode de fabrication, l'emboîture d'une prothèse n'est donc soumise à aucune norme spécifique. Constatant que beaucoup d'emboîtures définitives conventionnelles ne répondaient pas aux essais de résistance de la norme ISO 10328 lorsqu'elles y sont volontairement confrontées, Nickel et al. ont voulu aussi soumettre des emboîtures imprimées en 3D au référentiel ISO 10328 (28). Après un « processus de conception itératif associé à des essais structurels intégrés », une emboîture imprimée en 3D a résisté aux 3 millions de cycles de fatigue conformément à la norme ISO 10328. Dans le cadre d'une expérimentation ayant la même intention de confronter une emboîture 3D aux exigences ISO, van der Stelt et son équipe en ont produit une à bas coût en PLA renforcé qui s'est fissurée après 2,3 millions de cycles (30).

Pour dépasser le cadre expérimental des laboratoires, van der Stelt et al. ont souhaité évaluer la longévité de prothèses imprimées en 3D dans les conditions de vie d'un PRFI (31). Sur les 9 participants initiaux ayant reçu une prothèse 3D, 7 ont pu être suivis pendant 2 ans et demi. Au terme de cette période, 6 prothèses se

sont fissurées entre 1 et 2 ans après la pose, nécessitant de remplacer l'appareil. Seul un participant utilisait toujours sa prothèse à la fin du suivi. En comparaison avec des prothèses classiques qui ont une durée de vie de 3 à 5 ans, les auteurs suggèrent que les prothèses imprimées en 3D ne sont pas encore adaptées à un usage à long terme (31).

En réponse à une question concernant la fin de vie des prothèses imprimées en 3D, Jude Mambemba (Prothea Congo) déclare : *Nous existons depuis 2 ans et aucune de nos prothèses n'a encore atteint sa fin de vie.*

3.4. Efficacité clinique

Dans une revue systématique sur les prothèses imprimées en 3D dans les PRFI, Abbady et al. rapportent que plusieurs études ont montré des niveaux de fonctionnalité, de satisfaction et de confort similaires entre les prothèses classiques et celles imprimées en 3D (27). Ceci peut s'expliquer par plusieurs éléments comme le poids réduit. Van der Stelt et al. rapportent que leurs prothèses transtibiales imprimées en 3D pèsent en moyenne moins que les prothèses présentes localement, respectivement 1560 g et 1945 g. Des patients utilisant auparavant une prothèse traditionnelle ont transmis aux auteurs qu'une prothèse plus légère avait augmenté leur confort de vie (16).

Le confort est aussi procuré par la possibilité d'ajuster l'emboîture 3D au moignon, *de la même façon que pour les prothèses conventionnelles, lors des essais dynamiques.* Abder Banoune (HI)

Jude Mambemba (Prothea Congo) développe : *L'emboîture peut être retouchée par chauffage local, ponçage ou ajout de rembourrage pour améliorer le confort et l'adaptation au moignon ; l'emboîture peut être réimprimée individuellement en cas d'usure ou de casse ; et les composants standards (pied, pylône, adaptateurs, genou) peuvent être remplacés ou réalignés facilement, ce qui réduit les coûts et facilite la maintenance dans les contextes à ressources limitées.*

Un autre élément pouvant expliquer la satisfaction des patients est le temps de fabrication réduit des prothèses 3D par rapport aux prothèses classiques. La

création et l'ajustement d'une emboîture conventionnelle, c'est-à-dire par un processus de stratification, demandent 1 à 3 jours (2). Les temps à chaque étape de la production d'une emboîture 3D rapportés par van der Stelt et al. sont de : 15 minutes pour scanner le moignon, 20 minutes pour la modélisation sur ordinateur et 17h30 d'impression (16).

Bien que la revue systématique d'Abbadly et al. rapporte de bons scores de satisfaction des prothèses imprimées en 3D, les auteurs nuancent les résultats car la barrière de la langue et le manque de littéracie des patients rendent l'évaluation et l'interprétation des questionnaires de satisfaction plus difficiles. De plus, les patients amputés dans les PRFI qui reçoivent gratuitement une prothèse seront généralement satisfaits quelle qu'en soit sa qualité. Le fait de recevoir une prothèse quand rien n'est prévu par les soins de santé locaux biaise fortement la satisfaction rapportée par les patients (27).

En 2025, van der Stelt et al. ont publié une étude pilote visant à évaluer la qualité de vie des patients utilisant une prothèse 3D dans un PRFI sur une période de 2 ans et demi. L'évaluation par des questionnaires concernant la qualité de vie liée à la santé (HRQoL) soumis à 9 participants ayant bénéficié d'une prothèse 3D montre une amélioration mais non significative. Les auteurs l'expliquent par la petite taille de l'échantillon et la jeunesse des participants, ceux-ci ayant déjà une grande autonomie même sans appareillage, limitant la marge de progression dans les réponses aux questionnaires (31).

La littérature scientifique apporte assez peu d'informations sur l'efficacité clinique des prothèses imprimées en 3D, probablement en raison de l'émergence récente de cette technologie. Ce point fera l'objet d'un élément de discussion.

3.5. Coûts et évaluation économique

Dans la revue systématique sur les prothèses 3D dans les PRFI, Abbadly et al. indiquent qu'il est difficile de tirer des conclusions sur la rentabilité et les coûts de fabrication des prothèses 3D parce que ceux-ci n'étaient pas toujours révélés par les études. Les auteurs déclarent tout de même que l'avantage de l'impression 3D le plus souvent cité était de pouvoir fabriquer des prothèses à bas coûts sans perdre en fonctionnalité par rapport aux prothèses conventionnelles. Ils ajoutent

que les prix varient fortement selon les matériaux utilisés, la méthode de création et le pays d'utilisation (25).

Abder Banoune (HI) confirme cette déclaration : *Les coûts de production d'une prothèse imprimée en 3D varient selon le pays et le centre de réadaptation, mais ils restent moins chers de 20% par rapport à ceux d'une prothèse trans-tibiale fabriquée avec la méthode conventionnelle.*

Les prothèses fournies à Kinshasa (RDC) par Jude Mambemba (Prothea Congo) coûtent *environ 500 USD pour une prothèse trans-tibiale standard et 800 USD pour une trans-fémorale.* Il ajoute que *le financement repose souvent sur un modèle mixte associant ONG, fondations, bailleurs internationaux, hôpitaux, contributions communautaires et parfois participation partielle ou totale des patients ou des assurances santé lorsqu'elles existent.*

Van der Stelt et son équipe mentionnent quant à eux un coût total de 11 500 USD hors TVA pour l'acquisition de l'imprimante 3D, du scanner 3D, de l'ordinateur et de l'alimentation électrique. Selon leurs calculs, en considérant le prix des matériaux et la main d'œuvre sur une période d'amortissement de 5 ans, la production d'une prothèse leur coûterait environ 54 USD. Les auteurs ajoutent « qu'étant donné que le matériel 3D va devenir moins cher, ces coûts pourraient même être encore plus bas à l'avenir » (16).

3.6. Analyse éthique

Majoritairement dérivés de ressources fossiles, les thermoplastiques utilisés pour l'impression 3D ont un impact environnemental non négligeable. Or, comme le souligne Awuah et al., il n'existe pas de processus d'élimination ou de recyclage des matériaux utilisés (32).

Abder Banoune (HI) le confirme en réponse à une question sur le devenir des composants prothétiques : *Ils ne sont pas recyclés.*

3.7. Aspects opérationnels

Les imprimantes, scanners et matériaux d'impression doivent être importés depuis des pays industrialisés (13). Sur ce point, Awuah et al. attirent l'attention sur le fait qu'une technologie développée par des pays occidentaux avec des infrastructures modernes et stables ne peut pas être transposée telle quelle dans les PRFI (32). Les besoins techniques spécifiques de l'impression 3D peuvent se heurter aux limites de la réalité du terrain dans les PRFI. Les coupures et fluctuations du courant peuvent y être fréquentes, particulièrement en milieu rural. À titre d'exemple, pour éviter l'interruption de l'impression causée par les coupures d'électricité, le laboratoire 3D Sierra Leone à Masanga a mis en place un système de batteries alimentées par des panneaux solaires (12,13,16,30).

Sterkenburg et al. considèrent que pour qu'une structure médicale imprimant des prothèses en 3D puisse être autonome et durable, elle doit être menée par la communauté locale. Et il faut pour cela former les habitants (33). En effet, la mise en place et l'utilisation de l'impression 3D demandent des compétences spécifiques et donc une formation spécialisée. Pour conserver la capacité de production d'une imprimante 3D, il est nécessaire d'investir aussi dans l'éducation de professionnels, que ce soit pour utiliser la machine ou permettre son fonctionnement (27,32,34).

Abder Banoune (HI) est en phase avec cet enjeu : *La formation est un facteur clé lors de la mise en œuvre d'un projet 3D au sein d'un programme d'HI. Celle-ci fait partie des critères essentiels pour la pérennité du projet et donc de l'activité.*

Cette optique est partagée par le laboratoire de van der Stelt et al. qui vise aussi à former des collaborateurs locaux pour rendre le projet autonome. Pour cela, le processus de fabrication doit devenir le plus standardisé et simple possible (12).

Chez Prothea Congo, Jude Mambemba explique que *les techniciens et prothésistes sont formés à l'ensemble de la chaîne numérique - scan 3D du patient, modélisation assistée par ordinateur, préparation des impressions, utilisation et maintenance des imprimantes 3D, assemblage, ajustement clinique et suivi des patients.*

Dans une récente étude de 2025 visant à rendre la conception en 3D de l'emboîture moins dépendante de l'opérateur, van der Stelt et al. ont exploré l'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) lors de la phase de modélisation numérique, juste après le scan du moignon. Les résultats sont prometteurs car les scores de satisfaction des 10 patients évalués sont équivalents, que l'emboîture ait été modélisée à l'aide de l'IA ou manuellement (35).

3.8. Patients et aspects sociaux

Autant que les prothèses conventionnelles, les modèles imprimés en 3D s'adressent à tous les profils de patients.

Abder Banoune (HI) explique : *L'éligibilité est la même que pour tous les appareillages orthopédiques. Ce sont donc l'identification et l'évaluation clinique qui déterminent la prescription du bon appareillage approprié au patient.*

Jude Mambemba (Prothea Congo) détaille : *L'éligibilité d'un patient à recevoir une prothèse imprimée en 3D est déterminée à partir d'une évaluation clinique, fonctionnelle et sociale réalisée par l'équipe de réadaptation : nous analysons notamment l'état du moignon (cicatrisation, volume, sensibilité, absence d'infection), le niveau d'amputation, le poids et l'activité du patient, ses capacités de mobilité, ainsi que son environnement et ses besoins quotidiens.*

Abbadly et al. soulignent qu'il est nécessaire de considérer les attentes sociales et culturelles dans le processus de prescription des prothèses. L'oubli de celles-ci

peut entraîner un rejet de la prothèse (27). Les auteurs ont observé que les critères de satisfaction de la prothèse diffèrent selon les régions et les lieux d'amputation et doivent être pris en compte. Par exemple, les occidentaux apporteraient plus d'importance à la fonctionnalité alors que dans les PRFI, l'esthétique compterait autant que l'aspect fonctionnel (12,27). Dans une étude, pour s'assurer d'évaluer correctement la fonctionnalité de prothèses imprimées en 3D, van der Stelt et al. ont équipé leurs prothèses d'un revêtement esthétique ressemblant à l'aspect d'une jambe. Ils craignaient en effet qu'elles ne soient pas assez portées par les utilisateurs et que cela biaise les résultats de satisfaction (16). Considérer l'aspect visuel des prothèses devrait donc être intégré dans le processus de prescription prothétique, car les revêtements cosmétiques favorisent la réduction des troubles de l'image de soi et l'adaptation psychosociale à la prothèse (36).

3.9. Aspects juridiques

De nombreux États ne disposent pas de réglementation nationale concernant les dispositifs prothétiques mis sur le marché, or ces normes sont primordiales pour garantir la solidité et l'efficacité des prothèses commercialisées. C'est pourquoi les gouvernements devraient instaurer un système de réglementation nationale des produits, quel que soit leur procédé de fabrication, pour favoriser l'accès à des prothèses sûres, efficaces et de haute qualité (1).

3.10. Éléments de synthèse provenant des entretiens

Deux questions du questionnaire aux orthoprothésistes concernent leurs avis sur les avantages et inconvénients de l'impression 3D, et voici ce qu'ils ont répondu :

Selon vous, quels sont les trois principaux avantages des prothèses imprimées en 3D par rapport aux prothèses classiques ?	
Abder Banoune (HI) : 1) <i>Précision</i> 2) <i>Rapidité</i> 3) <i>Bas coût</i>	Jude Mambemba (Prothea Congo) : 1) <i>Meilleur prix</i> 2) <i>Production rapide</i> 3) <i>Confortable</i>

Selon vous, quels sont les trois principaux inconvénients des prothèses imprimées en 3D par rapport aux prothèses classiques ?	
Abder Banoune (HI) : 1) <i>Moins robustes que les prothèses stratifiées</i> 2) <i>Stabilité/continuité de l'électricité</i> 3) <i>Computer skilled personnel</i>	Jude Mambemba (Prothea Congo) : 1) <i>Dépendance à l'électricité</i> 2) <i>Dépendance aux composants mécaniques de la technologie utilisée</i> 3) <i>Résistance mécanique limitée dans certaines zones de l'emboiture</i>

L'avant-dernière question interrogeait sur la satisfaction des orthoprothésistes concernant les prothèses imprimées en 3D proposées à leurs patients, ainsi que sur les points d'amélioration potentiels.

<i>Oui. Nous sommes satisfaits. Les améliorations concernent surtout la résistance mécanique et l'accès aux composants. Jude Mambemba (Prothea Congo).</i> <i>Oui. Très satisfait. On aimerait une amélioration du temps d'impression. Et que ça soit intégré dans le système de remboursement sanitaire. Abder Banoune (HI).</i>
--

4. Discussion

4.1. Synthèse des résultats

Les explications des deux experts s'accordent aux résultats de l'analyse de la littérature et sont synthétisées dans le tableau ci-dessous suivant les neuf critères HTA utilisés pour décliner la pertinence.

Critères	Synthèse
1) Problématique de santé et utilisation actuelle de la technologie	Les besoins en prothèses ne cessent de croître dans les PRFI, alors que seulement 5 à 15% y ont réellement accès par manque de moyens et d'infrastructures. Des acteurs comme HI interviennent pour favoriser l'accessibilité en fournissant des services de prothèses imprimant des emboitures en 3D.
2) Description et caractéristiques techniques de la technologie	L'impression 3D d'emboitures se fait en 3 étapes : scan numérique du moignon, modélisation de l'emboiture, et impression. La fabrication se fait par FDM avec du polypropylène ou du PLA renforcé.
3) Sûreté	Parmi les composants d'une prothèse, seule l'emboiture n'est pas soumise aux normes ISO, bien que celles-ci constituent la référence pour évaluer leur résistance. Les emboitures imprimées en 3D peinent à satisfaire la norme ISO mais sont considérées comme assez sûres pour être fournies aux patients.
4) Efficacité clinique	Les niveaux de fonctionnalité, de confort, de satisfaction et de qualité de vie des prothèses 3D seraient similaires aux prothèses conventionnelles. Néanmoins, des études complémentaires sont nécessaires pour appuyer ces premiers résultats.
5) Coûts et évaluation économique	Malgré un investissement conséquent du matériel informatique nécessaire à l'impression et la disparité des coûts selon les pays, les prothèses 3D restent moins chères que les traditionnelles.

6) Analyse éthique	L'impact environnemental de l'impression 3D, principalement lié aux thermoplastiques, est non-négligeable, d'autant plus que les emboîtures ne sont actuellement pas recyclées.
7) Aspects opérationnels	Les besoins techniques spécifiques à l'impression 3D peuvent se heurter à la réalité des infrastructures instables et aux moyens limités des PRFI. Pour rendre les services de prothèses autonomes et durables, il est nécessaire de former des professionnels localement.
8) Patients et aspects sociaux	Les prothèses imprimées en 3D s'adressent à tous les profils de patients. L'esthétique de la prothèse est un élément à considérer lors de la prescription de l'appareillage.
9) Aspects juridiques	Tous les États ne disposent pas de normes nationales permettant de s'assurer de la solidité et de l'efficacité des prothèses mises sur le marché.

Sur la base des résultats, les prothèses imprimées en 3D peuvent être considérées comme une solution pertinente pour améliorer l'accès aux prothèses dans les PRFI. Le déploiement plus large de cette méthode nécessite toutefois des avancées concernant la solidité de l'emboîture et la mise en place de normes pour contrôler les produits proposés sur le marché.

4.2. Limites de ce travail

L'impression 3D de prothèses étant en développement, la littérature scientifique est restreinte, comme l'illustre le fait que les contributions scientifiques souvent citées dans ce travail viennent d'un même laboratoire (3DSierraLeone) (24). Dès lors, la complémentarité de l'analyse de la littérature avec le point de vue de deux orthoprothésistes utilisant l'impression 3D pour fournir des prothèses améliore indéniablement l'intérêt des résultats. Pour multiplier les contextes et les points de vue, il aurait cependant été profitable d'en interroger un plus grand nombre et de manière plus exhaustive. La mise en place d'un groupe de discussion entre orthoprothésistes permettant d'échanger à propos de leurs méthodes serait une autre perspective d'amélioration du travail.

Par ailleurs, il aurait aussi été intéressant d'intégrer à l'analyse l'avis et le retour de patients ayant reçu une prothèse imprimée en 3D. Ceux-ci pourraient éclairer davantage sur l'efficacité clinique de la technologie, peu abordée dans la littérature.

4.3. Autres éléments de discussion

Solliciter des experts impose toutefois d'être attentifs à leurs biais cognitifs, particulièrement lorsqu'il s'agit d'acteurs technologiques certainement convaincus par leurs méthodes. La partialité des experts pourrait aussi être influencée par la demande croissante en prothèses dans les PRFI, pouvant inciter certaines entreprises privées à privilégier un rendement immédiat. En misant sur la rapidité et les coûts réduits de l'impression 3D, ces acteurs privés risquent de négliger la durabilité et l'efficacité clinique de leur matériel. L'innovation technologique, certes portée par des acteurs privés, doit rester au service de l'amélioration de la qualité de vie et de la dignité humaine.

Abder Banoune (HI) est bien conscient de l'équilibre à trouver entre les humanitaires et l'industrie technique pour fournir des prothèses 3D : *C'est un domaine qui émerge et qui va beaucoup évoluer, et ceci attire tous les acteurs scientifiques/de la recherche et de l'industrie, donc la recherche doit être orientée sur le bien de l'humain et surtout pas sur une opportunité financière.*

Il est aussi important de se pencher sur les impacts d'une potentielle digitalisation excessive, pouvant mener à la dépendance technologique. La technologie d'impression 3D repose sur du matériel informatique de pointe et des infrastructures spécifiques dont les composants et matériaux doivent être importés de pays industrialisés. En outre, elle demande des adaptations de l'alimentation en électricité souvent précaire dans les PRFI. Cette complexité d'approvisionnement et des besoins énergétiques nécessaires à l'impression 3D rend les centres de soins vulnérables à des dysfonctionnements divers, notamment électroniques ou logistiques. De plus, la digitalisation des services de prothèses engendre une vulnérabilité économique mais aussi sécuritaire. En effet, en plus d'être impuissants face aux fluctuations du prix des appareils et des logiciels, les centres de soins sont exposés à la malveillance informatique (virus, cyberattaque, vol des

données des patients, etc.). Dès lors, pour favoriser la robustesse des services de soins en cas de panne ou d'attaque, il est nécessaire que la maintenance et l'approvisionnement des dispositifs requis pour l'impression 3D soient disponibles localement.

Rendre local l'approvisionnement en composants et matériaux diminuerait aussi l'impact environnemental de l'impression 3D. Il est souhaitable qu'une solution de recyclage des emboîtures soit élaborée en permettant par exemple de refondre les thermoplastiques en nouvelles bobines d'impression. Les recherches sur les matériaux doivent également se poursuivre pour réduire l'usage des thermoplastiques d'origine fossile. Dans ce sens, une étude suisse a par exemple exploré la résistance d'une emboiture imprimée à partir de matériaux biocomposites, même si de nouveaux développements sont nécessaires (37).

Pour favoriser l'accès aux prothèses dans les PRFI, l'innovation ne doit pas se limiter à l'impression 3D mais s'étendre à d'autres alternatives innovantes. Avec la fabrication additive, le moulage direct est l'autre technologie actuellement proposée pour rendre plus accessible les emboitures. Elle permet qu'une emboiture déjà formée puisse être chauffée puis moulée directement sur le moignon en moins de deux heures (2).

Le déploiement de technologies innovantes dans les PRFI ne peut pas s'affranchir d'une rééducation fonctionnelle. Favoriser l'accès aux prothèses ne doit pas se limiter uniquement à leur fourniture car au delà de la qualité de l'appareillage, l'efficacité clinique des interventions repose aussi sur la rééducation fonctionnelle du patient. Les services de soins devraient systématiquement s'assurer qu'une rééducation visant l'autonomie soit proposée à chaque patient.

D'ailleurs, il pourrait être intéressant de se pencher dans le futur sur les aspects de cette rééducation et explorer s'il existe, par exemple, une potentielle différence de récupération fonctionnelle ou de qualité de vie entre des patients ayant reçu une prothèse imprimée en 3D ou non.

L'éventualité d'une rupture ou d'une défaillance de la prothèse soulève la question de la responsabilité. Il faudrait alors pouvoir identifier et clarifier si le

défaut provient du matériel utilisé, du processus de modélisation ou de l'impression elle-même (34).

Enfin, d'autres questions méritent aussi d'être approfondies, notamment l'impact de l'impression 3D sur les prothésistes locaux et le risque de concurrence que son implémentation pourrait engendrer. Se demander également dans quelle mesure et comment intégrer les prothèses imprimées en 3D au remboursement sanitaire serait un sujet à développer, sachant qu'il s'agit d'un des leviers pour rendre les services de prothèses plus accessibles (2).

5. Conclusion

Chaque année dans le monde, près d'1,5 million de personnes subissent une amputation. Or, d'après l'OMS, seulement 5 à 15% des amputés nécessitant des prothèses dans les PRFI y ont accès. Dans ce contexte de besoin massif et de moyens limités, des ONG et acteurs privés tentent de faciliter l'accès à un appareillage en fournissant des prothèses imprimées en 3D. Pour évaluer la pertinence de cette technologie innovante comme solution pour accroître l'accès aux services de prothèses, une revue narrative de la littérature suivie d'un échange avec deux témoins privilégiés sont proposés dans ce travail. Les résultats de cette analyse montrent que l'impression 3D permet de produire rapidement emboîtures légères et abordables. Cependant, des doutes subsistent concernant leur résistance mécanique. L'application de la technologie 3D à la production de prothèses étant un domaine émergent et en évolution, la littérature est peu fournie et incomplète, notamment sur des questions d'efficacité clinique, de normes et de remboursement. Davantage de recherches sont donc nécessaires pour optimiser cette technologie et son accès, au bénéfice des patients. Les prothésistes interrogés utilisant l'impression 3D se montrent satisfaits de la technologie. Cependant, ils remarquent des emboîtures moins robustes que les prothèses stratifiées ainsi qu'une dépendance à l'électricité, aux équipements spécifiques et à une main d'œuvre spécialisée. La technologie 3D offre une perspective prometteuse pour améliorer la qualité de vie des personnes en attente de prothèses. Pour étendre le déploiement de celle-ci et répondre au besoin massif en appareillage, ce travail identifie quatre pistes d'études complémentaires : poursuivre les recherches sur la résistance des matériaux additifs, analyser les effets cliniques des prothèses 3D sur un échantillon représentatif de bénéficiaires, favoriser un partage d'expérience entre prothésistes dans le but d'améliorer leurs pratiques, et développer des normes internationales concernant l'impression 3D de prothèses pour garantir l'accès à un appareillage fiable.

6. Bibliographie

1. Part 1_18162_Prosthetics for Orthotics Standards & Implementation Guide_FRE_For Web.pdf [Internet]. [cité 31 oct 2025]. Disponible sur: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/181bc900-5359-4b72-8f55-390ff7c2190c/content>
2. Analyse de Produit: les Prothèses. Rapport 2020 Panorama du marché et approche stratégique de l'accroissement de l'accès aux prothèses et aux services associés dans les pays à revenu faible ou intermédiaire [Internet]. [cité 4 avr 2026]. Disponible sur: https://at2030.org/static/at2030_core/outputs/PN-Prostheses_FR_1.pdf
3. (fra)Rapport 2025 sur le marché des aides techniques.indd [Internet]. [cité 31 oct 2025]. Disponible sur: <https://www.clintonhealthaccess.org/wp-content/uploads/2025/08/fraRapport-2025-sur-le-marche%E2%80%9A-des-aides-techniques.pdf>
4. Impression 3D prothèse: focus sur cette technologie d'avenir pour l'appareillage [Internet]. [cité 31 oct 2025]. Impression 3D prothèse: focus sur cette technologie d'avenir pour l'appareillage. Disponible sur: <https://www.handicap-international.fr/fr/blog-solidarite/sante-et-droits/impression-3d-prothese>
5. Banque mondiale | Blogs [Internet]. [cité 29 avr 2026]. Nouvelle classification des pays en fonction de leur revenu pour l'ex. 2024 (1er juillet 2023-30 juin 2024). Disponible sur: <https://blogs.worldbank.org/fr/opendata/nouvelle-classification-pays-revenu-2024>
6. Health Technology Assessment | KCE [Internet]. 2017 [cité 31 oct 2025]. Disponible sur: <https://kce.fgov.be/fr/a-propos-de-nous/quest-ce-que-le-kce/nos-domaines-dactivites/health-technology-assessment>
7. Vue d'ensemble - Public Health - Commission européenne [Internet]. 2025 [cité 31 oct 2025]. Disponible sur: https://health.ec.europa.eu/health-technology-assessment/overview_fr
8. Bissériex H, Rogez D, Thomas M, Truffaut S, Compere S, Mercier H, et al. [Amputation in low-income countries: particularities in epidemiological features and management practices]. *Medecine Tropicale: Revue Du Corps De Sante Colonial*. déc 2011;71(6):565-71. PubMed PMID: 22393622.
9. Chomczyński P. QDA MINER – The Mixed Method Solution for Qualitative Analysis by Provalis Research: Software Review. *Qualitative Sociology Review*. 31 août 2008;4:126-9. doi:10.18778/1733-8077.4.2.06
10. Une mine antipersonnel, c'est quoi ? [Internet]. [cité 13 mai 2026]. Une mine antipersonnel, c'est quoi ? Disponible sur: <https://www.handicapinternational.be/fr/une-mine-antipersonnel-c-est-quoi>

11. Donnelley CA, Shirley C, von Kaeppler EP, Hetherington A, Albright PD, Morshed S, et al. Cost Analyses of Prosthetic Devices: A Systematic Review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. juill 2021;102(7):1404-1415.e2. doi:10.1016/j.apmr.2021.02.010 PubMed PMID: 33711275.
12. van der Stelt M, Verhulst AC, Vas Nunes JH, Koroma TAR, Nolet WWE, Slump CH, et al. Improving Lives in Three Dimensions: The Feasibility of 3D Printing for Creating Personalized Medical Aids in a Rural Area of Sierra Leone. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. avr 2020;102(4):905-9. doi:10.4269/ajtmh.19-0359 PubMed PMID: 32100676; PubMed Central PMCID: PMC7124926.
13. van Gaalen MD, van der Stelt M, Vas Nunes JH, Brouwers L. People with amputations in rural Sierra Leone: the impact of 3D-printed prostheses. *BMJ case reports*. juin 2021;14(6):e236213. doi:10.1136/bcr-2020-236213 PubMed PMID: 34127498; PubMed Central PMCID: PMC8204157.
14. Ennion L, Johannesson A. A qualitative study of the challenges of providing pre-prosthetic rehabilitation in rural South Africa. *Prosthetics and Orthotics International*. avr 2018;42(2):179-86. doi:10.1177/0309364617698520 PubMed PMID: 28318387.
15. Stratégie de l’OMS pour la médecine traditionnelle pour 2014-2023. Genève: Organisation mondiale de la santé; 2013.
16. van der Stelt M, Grobusch MP, Koroma AR, Papenburg M, Kebbie I, Masanga 3D prosthesis printing research group, et al. Pioneering low-cost 3D-printed transtibial prosthetics to serve a rural population in Sierra Leone - an observational cohort study. *EClinicalMedicine*. mai 2021;35:100874. doi:10.1016/j.eclinm.2021.100874 PubMed PMID: 34027333; PubMed Central PMCID: PMC8129890.
17. Chetty R, Bhagwan R, Govender N. The biopsychosocial effects of transtibial amputation: A South African perspective. *African Journal of Disability*. 2025;14:1404. doi:10.4102/ajod.v14i0.1404 PubMed PMID: 40357351; PubMed Central PMCID: PMC12067012.
18. Järnhammer A, Andersson B, Wagle PR, Magnusson L. Living as a person using a lower-limb prosthesis in Nepal. *Disability and Rehabilitation*. juin 2018;40(12):1426-33. doi:10.1080/09638288.2017.1300331 PubMed PMID: 28320228.
19. Naidoo U, Ennion L. Barriers and facilitators to utilisation of rehabilitation services amongst persons with lower-limb amputations in a rural community in South Africa. *Prosthetics and Orthotics International*. févr 2019;43(1):95-103. doi:10.1177/0309364618789457 PubMed PMID: 30044179.
20. Marino M, Pattni S, Greenberg M, Miller A, Hocker E, Ritter S, et al. Access to prosthetic devices in developing countries: Pathways and challenges. 2015. 45 p. doi:10.1109/GHTC.2015.7343953

21. 18163-FRENCH-Standards for prosthetics and orthotics' Part 2 Guide_For Web.pdf [Internet]. [cité 29 oct 2025]. Disponible sur: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/c101d351-07b1-46b8-b664-e6b8bf4fafc/content>
22. Ugani Foundation – Prosthetics for All [Internet]. [cité 7 mai 2026]. Disponible sur: <https://uganifoundation.org/fr/>
23. Home [Internet]. [cité 7 mai 2026]. Disponible sur: <https://www.niatech.org/>
24. 3D Sierra Leone [Internet]. [cité 18 avr 2026]. Homepage. Disponible sur: <https://www.3dsierraleone.com/>
25. LMI. LMI [Internet]. 2019 [cité 6 avr 2026]. Impression 3D. Disponible sur: https://lmi.cnrs.fr/teams/plateforme_impression3d/
26. Dassault Systèmes [Internet]. 2021 [cité 11 avr 2026]. Impression 3D - Procédé additif. Disponible sur: <https://www.3ds.com/fr/make/guide/process/3d-printing>
27. Abbady HEMA, Klinkenberg ETM, de Moel L, Nicolai N, van der Stelt M, Verhulst AC, et al. 3D-printed prostheses in developing countries: A systematic review. *Prosthetics and Orthotics International*. févr 2022;46(1):19-30. doi:10.1097/PXR.000000000000057 PubMed PMID: 34772868.
28. Nickel E, Barrons K, Owen M, Hand B, Hansen A, DesJardins J. Strength Testing of Definitive Transtibial Prosthetic Sockets Made Using 3D-Printing Technology. *Journal of Prosthetics and Orthotics*. 6 janv 2020;Publish Ahead of Print:1. doi:10.1097/JPO.0000000000000294
29. Pousett B, Lizcano A, Raschke SU. An Investigation of the Structural Strength of Transtibial Sockets Fabricated Using Conventional Methods and Rapid Prototyping Techniques. *Can Prosthet Orthot J*. 2(1):31008. doi:10.33137/cpoj.v2i1.31008 PubMed PMID: 37614804; PubMed Central PMCID: PMC10443464.
30. van der Stelt M, Verhamme L, Slump C, Brouwers L, Maal T. Strength testing of low-cost 3D-printed transtibial prosthetic socket. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*. 1 déc 2021;236:095441192110600. doi:10.1177/09544119211060092
31. van der Stelt M, Brouwers L, Jalloh S, Kamara O, Grobusch M, Maal T, et al. Longevity and effectiveness of 3D-printed transtibial prosthetic sockets in rural Sierra Leone: A pilot study with 2.5-year follow-up. *Prosthetics and Orthotics International*. juin 2025. doi:10.1097/PXR.0000000000000465 PubMed PMID: 40464523.

32. Awuah WA, Tenkorang PO, Adebuseye FT, Ng JC, Wellington J, Abdul-Rahman T, et al. 3D printing in surgery: revolutionizing trauma and fracture care in low and middle-income countries. *Postgraduate Medical Journal*. déc 2023;100(1179):1-3. doi:10.1093/postmj/qgad100 PubMed PMID: 37857514.
33. Sterkenburg AJ, Van der Stelt M, Koroma AR, Van Gaalen MD, Van der Pols MJ, Grobusch MP, et al. Quality of life of patients with 3D-printed arm prostheses in a rural area of Sierra Leone. *Heliyon*. juill 2021;7(7):e07447. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e07447 PubMed PMID: 34286125; PubMed Central PMCID: PMC8273216.
34. Long T, Tan L, Liu X. Three-dimensional printing in modern orthopedic trauma surgery: a comprehensive analysis of technical evolution and clinical translation. *Front Med (Lausanne)*. 2025;12:1560909. doi:10.3389/fmed.2025.1560909 PubMed PMID: 40735441; PubMed Central PMCID: PMC12304003.
35. van der Stelt M, Berends B, Papenburg M, Langenhuyzen T, Maal T, Brouwers L, et al. Evaluating the Effectiveness of Transtibial Prosthetic Socket Shape Design Using Artificial Intelligence: A Clinical Comparison With Traditional Plaster Cast Socket Designs. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1 févr 2025;106(2):239-46. doi:10.1016/j.apmr.2024.08.026
36. Ramstrand N, Riveiro M, Eriksson L, Ceder M. Effects of conventional versus 3D-printed cosmetic covers on user satisfaction and psychosocial well-being in lower limb prostheses users: A randomised crossover trial. *J Rehabil Assist Technol Eng*. 4 avr 2025;12:20556683251330996. doi:10.1177/20556683251330996 PubMed PMID: 40291809; PubMed Central PMCID: PMC12032455.
37. Stenvall E, Flodberg G, Pettersson H, Hellberg K, Hermansson L, Wallin M, et al. Additive Manufacturing of Prostheses Using Forest-Based Composites. *Bioengineering (Basel, Switzerland)*. sept 2020;7(3):103. doi:10.3390/bioengineering7030103 PubMed PMID: 32882934; PubMed Central PMCID: PMC7552696.
38. Smidt KP, Bicknell R. Prosthetics in Orthopedics. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 [cité 28 mars 2026]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK570628/> PubMed PMID: 34033390.
39. Webster JB, Crunkhorn A, Sall J, Highsmith MJ, Pruziner A, Randolph BJ. Clinical Practice Guidelines for the Rehabilitation of Lower Limb Amputation: An Update from the Department of Veterans Affairs and Department of Defense. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. sept 2019;98(9):820. doi:10.1097/PHM.0000000000001213

7. Annexes

Annexe 1

Équations de recherche utilisées selon les bases de données consultées :

A) PubMed

<u>Thèmes</u>	<u>Equations de recherche</u>
Impression 3D et orthopédie	<i>(3D printing [MeSH] OR Additive Manufacturing) AND Orthopaedic [MeSH]</i>
Impression 3D et prothèses	<i>(3D Printing [MeSH] OR Additive Manufacturing) AND Artificial Limb [MeSH]</i>
Impression 3D et prothèses et amputation	<i>(3D printing [MeSH] OR Additive Manufacturing) AND (Artificial Limb [MeSH] OR Amputation [MeSH])</i>
Amputation et pays en voie de développement	<i>Amputation [MeSH] AND Developing Countries [MeSH]</i>
Impression 3D et pays en voie de développement	<i>3D Printing [MeSH] AND Developing Countries [MeSH]</i>
Prothèses et amputation et pays en voie de développement	<i>Prosthetic Device [MeSH] AND Developing Countries [MeSH] AND Amputation [MeSH]</i>
Impression 3D et prothèse et amputation et pays en voie de développement	<i>(3D Printing [MeSH] OR Additive Manufacturing) AND (Artificial Limb [MeSH] OR Amputation [MeSH]) AND Developing Countries [MeSH]</i>

B) Embase

<u>Thèmes</u>	<u>Équations de recherche</u>
Impression 3D et orthopédie	<i>('three dimensional printing'/exp OR 'additive manufacturing') AND 'orthopedics'/exp</i>
Impression 3D et prothèses	<i>('three dimensional printing'/exp OR 'additive manufacturing') AND 'artificial limb'/exp</i>

Impression 3D et prothèses et amputation	('three dimensional printing'/exp OR 'additive manufacturing') AND ('artificial limb'/exp OR 'amputation'/exp)
Amputation et pays en voie de développement	'amputation'/exp AND 'developing country'/exp
Impression 3D et pays en voie de développement	'three dimensional printing'/exp AND 'developing country'/exp
Prothèses et amputation et pays en voie de développement	'prosthesis'/exp AND 'developing country'/exp AND 'amputation'/exp
Impression 3D, prothèse, amputation et pays en voie de développement	('three dimensional printing'/exp OR 'additive manufacturing') AND ('artificial limb'/exp OR 'amputation'/exp) AND 'developing country'/exp

C) ScienceDirect

<u>Thèmes</u>	<u>Équations de recherche</u>
Impression 3D et orthopédie	("3D printing" OR "additive manufacturing") AND orthopedics
Impression 3D et prothèses	("3D printing" OR "additive manufacturing") AND prosthesis
Impression 3D et prothèses et amputation	("3D printing" OR "additive manufacturing") AND (prosthesis OR amputation)
Amputation et pays en voie de développement	amputation AND ("developing countries" OR "low income countries")
Impression 3D et pays en voie de développement	"3D printing" AND ("developing countries" OR "low income countries")
Prothèses et amputation et pays en voie de développement	(prosthesis AND amputation) AND "developing countries"
Impression 3D, prothèse, amputation et pays en voie de développement	("3D printing" OR "additive manufacturing") AND (prosthesis OR amputation) AND "developing countries"

D) Scopus

<u>Thèmes</u>	<u>Équations de recherche</u>
Impression 3D et orthopédie	TITLE-ABS-KEY ("3D printing" AND orthoped*)
Impression 3D et prothèses	TITLE-ABS-KEY ("3D printing" AND prosth*)
Impression 3D et prothèses et amputation	TITLE-ABS-KEY ("3D printing" AND prosth* AND amputation)
Amputation et pays en voie de développement	TITLE-ABS-KEY (amputation AND "developing countr*")
Impression 3D et pays en voie de développement	TITLE-ABS-KEY ("3D printing" AND "developing countr*")
Prothèses et amputation et pays en voie de développement	TITLE-ABS-KEY (prosth* AND amputation AND "developing countr*")
Impression 3D, prothèse, amputation et pays en voie de développement	TITLE-ABS-KEY ("3D printing" AND prosth* AND amputation AND "developing countr*")

Annexe 2

Composants principaux d'une prothèse transfémorale (38) :

- Emboîture : interface qui reçoit le moignon. Elle peut être provisoire le temps de la cicatrisation et de la diminution de l'œdème. En englobant le moignon, l'emboîture le protège et permet l'appui et la répartition des charges.
- Mécanisme de suspension : assure le maintien du moignon dans l'emboîture, par des systèmes de verrous ou de ventouse. Dans les deux cas, un manchon (ou chaussette) en silicone doit être enfilé sur le moignon avant de l'introduire dans l'emboîture. La chaussette permet d'accroche aux sangles ou verrous mais aussi de ventouse pour le système par succion. Dans ce cas, l'emboîture dispose d'une valve d'expulsion et d'un manchon étanche créant un joint hermétique.
- Articulation : le plus couramment une charnière à axe unique, qui a comme fonctions de permettre la flexion du genou dans la phase oscillatoire et d'assurer le maintien du genou en extension lors de la phase d'appui. Bien que populaire dans les pays développés, l'utilisation des prothèses avec articulation est limitée dans les PRFI à cause de leur coût et de leur complexité.
- Pylône : relie l'emboîture au dispositif terminal
- Dispositif terminal : pied d'aspect traditionnel mais peut aussi être un dispositif destiné aux athlètes notamment. Ils sont classés par 'pieds sans stockage d'énergie' et 'pieds avec stockage d'énergie'. Les pieds prothétiques visent à fournir une surface stable, à absorber les chocs, à remplacer la fonction musculaire perdue, à reproduire l'articulation anatomique et à restaurer l'esthétique.

Annexe 3

Guidelines de la rééducation après une amputation :

Voici les principaux éléments des recommandations cliniques mises à jour du Ministère de la Défense états-unienne pour les différentes phases de la rééducation après une amputation du membre inférieur (39).

« Concernant toutes les étapes de la rééducation :

- 1) Une éducation thérapeutique tout au long de la rééducation*
- 2) Une évaluation comportementale et psychosociale à chaque étape de la rééducation*
- 3) Une gestion de la douleur personnalisée, multimodale et transdisciplinaire*
- 4) Une intervention de soutien par les pairs*

Concernant la phase péri-opératoire :

- 5) Une discussion collective du niveau d'amputation et de la longueur du membre résiduel selon notamment des objectifs de rééducation et des résultats attendus*
- 6) L'utilisation d'un pansement rigide ou semi-rigide*
- 7) Une rééducation physique dans un programme intensif de réadaptation hospitalière*
- 8) Un programme de rééducation progressif incluant des exercices en chaîne cinétique ouverte et fermée pour améliorer dans un but fonctionnel la marche, la mobilité, la force et le système cardiovasculaire.*

Concernant la phase pré-prothétique :

- 9) Les preuves sont insuffisantes pour recommander ou déconseiller un concept d'emboîture, une catégorie de pied prothétique, une suspension ou une interface particulière.*

Concernant la phase d'entraînement prothétique :

- 10) L'utilisation de mesures fonctionnelles valides, fiables et sensibles, avec notamment le Comprehensive High-level Activity Mobility Predictor, l'Amputee Mobility Predictor, le test de marche de 10 mètres et le test de marche de 6 minutes.*

11) Une évaluation et des interventions complémentaires concernant le tabagisme, les comorbidités, le fonctionnement psychosocial et la douleur, facteurs qui sont associés à de moins bons résultats »

Annexe 4

Réponses brutes d'Abder Banoune (HI - a.banoune@hi.org) au questionnaire, reçues le 24 avril 2026 :

- 1) Pouvez-vous m'expliquer en une phrase quel(s) procédé(s) d'impression 3D et quel(s) matériau(x) utilisez-vous pour produire vos prothèses du membre inférieur dans les pays à revenu faible et intermédiaire ?

FDM, et filament PP

- 2) Quelles sont les possibilités d'ajustement post-impression et de réparation sur une prothèse du membre inférieur imprimée en 3D ?

Les ajustements se font de la même façon tel que dans les prothèses conventionnelles, lors des essais dynamiques

- 3) Quels sont les coûts de production d'une prothèse du membre inférieur imprimée en 3D et comment sont-ils financés ?

Le cout de production d'une prothèse imprimée varie selon le pays, centre de réadaptation, mais elle est moins chère que la méthode conventionnelle d'environ 20% dans une prothèse trans-tibiale

- 4) Que deviennent les composants des prothèses dysfonctionnelles ou en fin de vie ? Sont-ils recyclés ?

Ils ne sont pas recyclés,

- 5) Dans quelle mesure intégrez-vous dans votre activité la formation du personnel nécessaire à l'impression de prothèses en 3D ?

La formation est un facteur clé lors de la mise en œuvre un projet 3D dans un programme d'HI, ça fait partie des critères essentiels pour la pérennité du projet donc de l'activité, à ceci se rajoute la qualité des services offerts au patients (bénéficiaires)

- 6) Comment déterminez-vous l'éligibilité d'un.e patient.e à recevoir ou non une prothèse imprimée en 3D ?

L'éligibilité est de même pour tous les appareillages orthopédiques, donc une identification et l'évaluation clinique déterminent la prescription du bon appareillage et la technologie appropriée pour le patient,

- 7) Utilisez-vous un cadre de référence ou des normes de sécurité (par exemple la norme ISO 10328) pour valider la résistance de vos prothèses imprimées en 3D ?

ISO 10328 teste les composants prothétiques lors de leur fabrication (chez le producteur) et pas dans les centres de réadaptation), et elle ne couvre pas directement (le confort de l'emboîture, l'adaptation clinique, la qualité du fitting)

8) *Selon vous, quels sont les trois principaux avantages des prothèses imprimées en 3D par rapport aux prothèses classiques ?*

Précision,

Rapidité,

Bas cout,

9) *Selon vous, quels sont les trois principaux inconvénients des prothèses imprimées en 3D par rapport aux prothèses classiques ?*

Moins robustes que les prothèses stratifiées

Stabilité/continuité d'électricité

Computer skilled personnel

10) *Etes-vous satisfait de ce que vous proposez aux patients bénéficiaires des prothèses imprimées en 3D ? Y a-t-il des points d'améliorations dont vous aimeriez me faire part ?*

Oui, très satisfait

On aimerait une amélioration du temps d'impression

Que ça soit intégré dans le système de remboursement sanitaire

11) *Avez-vous d'autres indications, informations, commentaires que vous aimeriez partager sur la question de recherche ?*

C'est un domaine qui émerge et qui va beaucoup évoluer, et ceci attire tous les acteurs scientifiques/recherches et de l'industrie, donc la recherche doit être orienté sur le bien de l'humain et surtout pas sur une opportunité financière

Réponses de Jude Mambemba (Prothea Congo - judemambemba@gmail.com) au questionnaire, reçues le 8 mai 2026 :

- 1) *Pouvez-vous m'expliquer en une phrase quel(s) procédé(s) d'impression 3D et quel(s) matériau(x) utilisez-vous pour produire vos prothèses du membre inférieur dans les pays à revenu faible et intermédiaire ?*

Nous utilisons principalement l'impression 3D par dépôt de filament fondu avec du polypropylène (PP) pour fabriquer les emboîtures des prothèses de membre inférieur, complétées par des composants mécaniques standard (pylônes, adaptateurs et pieds prothétiques), afin d'obtenir des prothèses légères, robustes et adaptées aux contraintes des pays à revenu faible et intermédiaire.

- 2) *Quelles sont les possibilités d'ajustement post-impression et de réparation sur une prothèse du membre inférieur imprimée en 3D ?*

L'emboîture peut être retouchée par chauffage local, ponçage ou ajout de rembourrage pour améliorer le confort et l'adaptation au moignon ; L'emboîture peut être réimprimée individuellement en cas d'usure ou de casse ; et les composants standards (pied, pylône, adaptateurs, genou) peuvent être remplacés ou réalignés facilement, ce qui réduit les coûts et facilite la maintenance dans les contextes à ressources limitées.

- 3) *Quels sont les coûts de production d'une prothèse du membre inférieur imprimée en 3D et comment sont-ils financés ?*

Environs 500 USD pour une prothèse trans-tibiale standard et 800 USD pour une trans-fémorale.

Le financement repose souvent sur un modèle mixte associant ONG, fondations, bailleurs internationaux, hôpitaux, contributions communautaires et parfois participation partielle ou totale des patients ou des assurances santé lorsqu'elles existent.

- 4) *Que deviennent les composants des prothèses dysfonctionnelles ou en fin de vie ? Sont-ils recyclés ?*

Nous existons depuis 2 ans et aucune de nos prothèses n'a encore atteint sa fin de vie.

- 5) *Dans quelle mesure intégrez-vous dans votre activité la formation du personnel nécessaire à l'impression de prothèses en 3D ?*

Les techniciens et prothésistes sont formés à l'ensemble de la chaîne numérique — scan 3D du patient, modélisation assistée par ordinateur, préparation des impressions, utilisation et maintenance des imprimantes 3D, assemblage, ajustement clinique et suivi des patients

- 6) *Comment déterminez-vous l'éligibilité d'un.e patient.e à recevoir ou non une prothèse imprimée en 3D ?*

L'éligibilité d'un patient à recevoir une prothèse imprimée en 3D est déterminée à partir d'une évaluation clinique, fonctionnelle et sociale réalisée par l'équipe de réadaptation : nous analysons notamment l'état du moignon (cicatrisation, volume, sensibilité, absence d'infection), le niveau d'amputation, le poids et l'activité du patient, ses capacités de mobilité, ainsi que son environnement et ses besoins quotidiens

- 7) *Utilisez-vous un cadre de référence ou des normes de sécurité (par exemple la norme ISO 10328) pour valider la résistance de vos prothèses imprimées en 3D ?*

Nous n'avons pas un système de normalisation des prothèses ici en République Démocratique du Congo, mais nous utilisons la technologie de Ugani Prosthetics qui répond déjà aux normes internationales.

- 8) *Selon vous, quels sont les trois principaux avantages des prothèses imprimées en 3D par rapport aux prothèses classiques ?*

Meilleur prix

Production rapide

Confortable

- 9) *Selon vous, quels sont les trois principaux inconvénients des prothèses imprimées en 3D par rapport aux prothèses classiques ?*

Dépendance à l'électricité pour la production

Dépendance aux composants mécaniques de la technologie utilisée

Résistance mécanique limitée dans certaines zones de l'emboîture

- 10) *Etes-vous satisfait de ce que vous proposez aux patients bénéficiaires des prothèses imprimées en 3D ? Y a-t-il des points d'améliorations dont vous aimeriez me faire part ?*

Oui. Nous sommes satisfaits. Les améliorations concernent surtout la résistance mécanique et l'accès aux composants.

11) Avez-vous d'autres indications, informations, commentaires que vous aimeriez partager sur la question de recherche ?

Les prothèses imprimées en 3D sont une solution pertinente pour améliorer l'accès à l'appareillage dans les pays à revenu faible, à condition d'assurer une bonne formation technique et un suivi clinique adapté.

8. Résumé

Chaque année dans le monde, près d'1,5 million de personnes subissent une amputation. Or, l'OMS estime qu'1 amputé sur 10 nécessitant des prothèses dans les PRFI y a accès. Dans ce contexte de besoin massif et de moyens limités, des ONG et acteurs privés tentent de faciliter l'accès à un appareillage en fournissant des prothèses imprimées en 3D. L'objectif de ce travail est d'apporter un éclairage sur la solution des prothèses de membre inférieur imprimées en 3D en s'appuyant sur une analyse de la littérature et des entretiens avec des témoins privilégiés. Les résultats montrent que l'impression 3D permet de produire rapidement des emboîtures légères et abordables. Cependant, des doutes subsistent concernant leur résistance mécanique. L'application de la technologie 3D à la production de prothèses étant un domaine émergent, la littérature est peu fournie et incomplète, notamment sur des questions d'efficacité clinique, de normes et de remboursement. Davantage de recherches sont donc nécessaires pour optimiser cette technologie innovante. Quatre pistes d'études complémentaires sont proposées : poursuivre les recherches sur la résistance des matériaux additifs, analyser les effets cliniques des prothèses 3D sur un échantillon représentatif de bénéficiaires, favoriser un partage d'expérience entre prothésistes dans le but d'améliorer leurs pratiques, et développer des normes internationales concernant l'impression 3D de prothèses pour garantir l'accès à un appareil fiable.

