



La scoliose idiopathique : solutions numériques pour la détection, le diagnostic et le suivi chez l'enfant et l'adolescent

La prise en charge de la scoliose idiopathique chez l'enfant et l'adolescent¹ est complexe. La détection, le diagnostic et le suivi de cette condition présentent certains défis et exposent les adolescents et enfants concernés à des radiations lors d'examens radiologiques.

L'introduction de solutions numériques innovantes visant à faciliter la prise en charge de conditions cliniques est alignée sur les orientations stratégiques du [Plan Santé](#) du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS).

Le MSSS a confié à l'Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS) le mandat de broser un portrait sur les solutions numériques en développement pour la détection, le diagnostic et le suivi de la scoliose idiopathique. Une revue exploratoire de la littérature et des consultations d'informateurs clés ont permis d'explorer certaines considérations permettant de soutenir le passage de ces innovations de la phase de développement à celle de prédéploiement dans le contexte québécois.

La méthodologie est présentée à l'[annexe A](#).

Cet état des connaissances se divise en quatre sections :

1	2	3	Annexes
La scoliose idiopathique : les besoins lors de la détection, du diagnostic et du suivi	Les solutions numériques et leur place dans la détection, le diagnostic et le suivi de la scoliose idiopathique	Les considérations liées au prédéploiement des solutions numériques dans la pratique de soins de la scoliose idiopathique	Annexe A Annexe B Annexe C

Mots-clés

Scoliose idiopathique, solutions numériques, applications mobiles, intelligence artificielle, cartographie tridimensionnelle.

¹ Dans le présent document, le terme « scoliose idiopathique » sera utilisé pour faire référence à la scoliose idiopathique chez l'enfant et l'adolescent.

Résumé

- Des solutions numériques innovantes pourraient optimiser la prise en charge de la scoliose idiopathique qui implique notamment des radiographies. Ces solutions numériques, dont la prise de mesure est parfois faite sur l'enfant/adolescent ou sur les radiographies, incluent notamment :
 - les applications mobiles reposant sur des capteurs d'appareils mobiles;
 - les applications basées sur l'intelligence artificielle;
 - les solutions de cartographie et d'analyse tridimensionnelle de la surface corporelle.
- Certaines de ces mesures peuvent être prises directement par les proches de l'enfant/adolescent, ce qui pourrait favoriser une équité d'accès régional, réduire des coûts et éviter des déplacements pour les enfants/adolescents et leurs proches.
- Il est important de disposer de données permettant d'apprécier la valeur des innovations, notamment l'efficacité et l'efficience. Des données de validation en contexte réel pourraient s'avérer nécessaires pour lever certaines incertitudes.
- Le prédéploiement de ces solutions numériques devrait s'inscrire dans une visée de création de valeur pour les enfants/adolescents et leurs proches, pour le système de la santé ainsi que pour la société québécoise.

1 LA SCOLIOSE IDIOPATHIQUE : LES BESOINS LORS DE LA DÉTECTION, DU DIAGNOSTIC ET DU SUIVI

1.1 Description

La scoliose idiopathique est une déformation tridimensionnelle complexe de la colonne vertébrale. Elle touche les enfants de 10 ans jusqu'à la maturité squelettique. Selon l'[Ordre professionnel de la physiothérapie du Québec \(OPPQ\)](#), la proportion d'adolescents atteints de scoliose idiopathique est d'environ 2 à 3 % (soit environ 21 000 adolescents âgés entre 10 et 16 ans en 2024, selon les données de l'[Institut de la statistique du Québec](#)).

La scoliose idiopathique se caractérise par une courbure scoliotique mesurée par un [angle de Cobb](#) supérieur à 10 degrés [Addai *et al.*, 2020; Mohamed *et al.*, 2020; Jada *et al.*, 2017; Choudhry *et al.*, 2016] et une rotation vertébrale, selon l'[OPPQ](#). Les personnes atteintes présentent souvent une asymétrie des épaules, une déformation de la cage thoracique ou une asymétrie de la taille. En plus de ces signes visibles à l'œil nu, des tests cliniques sont utilisés pour confirmer la présence d'une courbure scoliotique [Choudhry *et al.*, 2016]. Cette condition affecte la qualité de vie des patients [Toren et Diarbakerli, 2022].

1.2 Détection, diagnostic et suivi

Selon les lignes directrices de l'[International Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment \(SOSORT\)](#), la prise en charge de la scoliose idiopathique vise le ralentissement de la progression de la scoliose, l'amélioration de la fonction respiratoire, la réduction de la douleur dorsale et l'amélioration de l'esthétique corporelle. Ces lignes directrices sont suivies au Québec, selon les cliniciens consultés.

1.2.1 Détection et diagnostic

La détection précoce de la scoliose idiopathique repose sur des évaluations cliniques visant à identifier les premiers signes de la maladie. Ces évaluations incluent l'observation de l'asymétrie corporelle (épaules, omoplates, hanches et taille) et l'utilisation du test d'Adams. Ce test consiste à demander au patient de se pencher en avant pour détecter une gibbosité costale, souvent mesurée à l'aide d'un [scoliomètre](#). Le scoliomètre permet de mesurer l'angle de gibbosité en degrés, appelé l'angle de rotation du tronc. Un angle de rotation supérieur à 7 degrés justifie une orientation du patient vers un spécialiste pour des examens approfondis [Addai *et al.*, 2020; Choudhry *et al.*, 2016].

Le diagnostic de la scoliose idiopathique s'appuie sur des examens radiologiques. Les radiographies aux rayons X sont utilisées pour mesurer l'angle de Cobb, une mesure clé pour évaluer la gravité de la courbure, et pour analyser la maturité osseuse à l'aide des indices de Risser ou des plaques de croissance [Choudhry *et al.*, 2016]. Des logiciels spécialisés avec des outils de manipulation d'images peuvent être intégrés aux systèmes d'archivage et de communication d'images (PACS) [Song *et al.*, 2022].

LES PRATIQUES ACTUELLES ET LES BESOINS ASSOCIÉS

Détecter la scoliose en temps opportun

Les cliniciens consultés soulèvent que les risques de progression sont plus importants lorsque la scoliose est détectée à un stade tardif. Une détection en temps opportun permettrait de proposer des traitements efficaces (physiothérapie, port d'un corset) et d'éviter le recours à la chirurgie [Anthony *et al.*, 2021].

Faciliter l'accès aux consultations médicales

Certains cliniciens consultés rapportent des délais dans la prise de rendez-vous et le fait que plusieurs enfants et adolescents n'ont pas de médecin de famille.

Améliorer l'équité d'accès aux soins et services

La nécessité d'une consultation en personne pour effectuer des tests constitue un défi [Bottino *et al.*, 2023], particulièrement pour les enfants et adolescents vivant dans des régions éloignées [Garcia *et al.*, 2024]. Les cliniciens consultés confirment que l'accès aux soins et services est plus difficile pour eux.

Assurer la fiabilité et la reproductibilité des mesures

Les méthodes conventionnelles reposant sur les tests de flexion avant d'Adams et les outils, tels que le scoliomètre, présentent des limites, notamment une corrélation imparfaite avec l'angle de Cobb et une variabilité selon l'examineur [Akazawa *et al.*, 2021].

Alléger la charge de travail

Dans certains milieux, les ressources qualifiées disponibles peuvent être limitées et la réalisation des analyses peut être chronophage [Tingsheng *et al.*, 2024; Sun *et al.*, 2022].

1.2.2 Suivi

Un suivi régulier tous les 6 à 12 mois est recommandé pour les courbures mineures (< 25 degrés). Ce suivi comprend des radiographies pour surveiller la progression de la courbure et adapter les stratégies de traitement [Shannon *et al.*, 2021]. Les cliniciens consultés rapportent que, lors des poussées de croissance, les radiographies peuvent être plus fréquentes (par exemple tous les 4 mois), ce qui est préoccupant selon eux. Bien que les niveaux d'exposition cumulée aux radiations soient considérés comme sécuritaires, ils sont substantiellement plus élevés que les doses reçues par la population générale [Duke *et al.*, 2022].

Les facteurs de risque de progression, comme l'âge, le sexe, la maturité osseuse et le type de courbure, sont considérés dans le suivi. Des évaluations cliniques périodiques peuvent aussi être réalisées pour ajuster le traitement et garantir une prise en charge adaptée et efficace au fil du temps [Shannon *et al.*, 2021; Negrini *et al.*, 2018].

Selon la gravité des cas, des traitements non chirurgicaux ou chirurgicaux sont recommandés au patient [Addai *et al.*, 2020; Jada *et al.*, 2017; Choudhry *et al.*, 2016]. Les cliniciens consultés indiquent qu'au Québec, les recommandations chirurgicales ou non chirurgicales se font par les chirurgiens orthopédistes.

L'impact sociétal et économique de la scoliose idiopathique a été évalué aux Pays-Bas dans une étude transversale basée sur les coûts et la qualité de vie liée à la santé. Selon cette étude, le coût sociétal annuel par patient atteint près de 18 550 dollars canadiens, dont 50 % liés au secteur des soins de santé et 42 % à la perte de productivité. Ces coûts sont générés par les consultations, les traitements, les soins psychologiques et l'absentéisme [Hoelen *et al.*, 2024]².

LES PRATIQUES ACTUELLES ET LES BESOINS ASSOCIÉS

Réduire l'exposition aux radiations

Les radiographies exposent les enfants/adolescents aux radiations, surtout lors de suivis répétés [He *et al.*, 2024], ce qui préoccupe les cliniciens consultés.

Personnaliser le plan de traitement

Certains cliniciens soulignent la nécessité de suivre la progression à des moments clés, tels que les poussées de croissance ou les changements suspects, pour favoriser la prescription judicieuse des radiographies.

Faciliter l'accès aux services de physiothérapie

Certains cliniciens déplorent l'accessibilité restreinte aux services de physiothérapie.

Alléger le fardeau sur les enfants/adolescents et leurs proches

Certains cliniciens rappellent le fardeau sociétal et économique, reposant sur les enfants/adolescents et leurs proches, associé aux déplacements et à l'absentéisme de l'école ou du travail lors de consultations.

Réduire les coûts liés à un suivi non optimal

Le suivi non optimal de la scoliose idiopathique est associé à des coûts potentiellement évitables [Meirick *et al.*, 2019].

² Les conversions en dollars canadiens ont été effectuées selon le taux de change en vigueur (janvier 2025).

2 LES SOLUTIONS NUMÉRIQUES ET LEUR PLACE DANS LA DÉTECTION, LE DIAGNOSTIC ET LE SUIVI DE LA SCOLIOSE IDIOPATHIQUE

En fonction de leur maturité technologique, diverses solutions numériques permettent la prise de mesures pour le suivi de la scoliose idiopathique. Des techniques avancées d'imagerie peuvent être exploitées par l'intermédiaire d'applications mobiles reposant sur des prises photographiques, des vidéos ou de la modélisation en trois dimensions (3D).

Ces prises de mesures pourraient contribuer à optimiser la détection, le diagnostic et le suivi. Le tableau ci-dessous résume les principales caractéristiques des types de solutions identifiées.

		Applications mobiles reposant sur des capteurs d'appareils mobiles	Applications basées sur l'intelligence artificielle (IA)	Solutions numériques de cartographie et d'analyse tridimensionnelle de la surface corporelle
Description	Fonctionnement et étapes de prise en charges visées	Utilisent les composantes de l'appareil mobile : accéléromètre, gyroscope, appareil photo ▶ Détection ▶ Suivi	Reposent sur des algorithmes et des outils d'analyse avancée pour la prédiction de la progression des courbures ▶ Diagnostic ▶ Suivi	Utilisent des projections optiques, une analyse spatiale de la surface dorsale et une modélisation 3D de la forme du dos ▶ Détection ▶ Suivi
	Mesures visées	Angle de rotation du tronc, angle de Cobb	Angle de Cobb	Angle de rotation du tronc, angle de Cobb
Source de la prise de mesures	Enfant/Adolescent	✓	✗	✓
	Radiographie	✓	✓	✗
Utilisateur effectuant les mesures	Physiothérapeute	✓	✗	✓
	Médecin spécialiste	✓	✓	✓
	Médecin de famille	✓	✗	✓
	Proche	✓	✗	✓

2.1 Résultats issus de la littérature

Une revue exploratoire a permis de recenser plusieurs études sur des solutions numériques utilisées pour la détection précoce, le diagnostic et le suivi de la scoliose idiopathique. Ces solutions numériques, incluant des applications mobiles, se distinguent par leur mode de fonctionnement ainsi que les mesures qui s'y rattachent. Les résultats des études reposent sur les mesures, telles que décrites précédemment (angle de rotation du tronc, inclinaison de l'angle de Cobb), et utilisent comme comparateur les méthodes conventionnelles (scoliomètre, radiographies).

Les solutions numériques ont été classées en trois catégories :

- ⇒ **les applications mobiles reposant sur des capteurs d'appareils mobiles;**
- ⇒ **les applications basées sur l'intelligence artificielle;**
- ⇒ **les solutions de cartographie et d'analyse tridimensionnelle de la surface corporelle : la topographie de Moiré, la photogrammétrie et la topographie de surface.**

La revue exploratoire économique portant sur les différentes solutions numériques pour la prise en charge de la scoliose idiopathique permet de constater que cette dernière est limitée. Aucune analyse d'efficacité n'a été repérée. La littérature documente toutefois les bénéfices d'une détection précoce (intervention moins invasive, coûts globaux réduits, références inutiles réduites). Les résultats d'une modélisation des coûts et des données issues de la Norvège et de Hong Kong semblent indiquer qu'une détection plus précoce peut réduire les coûts globaux en permettant de traiter les patients plus tôt et de manière moins invasive [Adobor *et al.*, 2014].

2.1.1 Applications mobiles reposant sur des capteurs d'appareils mobiles

Étapes de prise en charge :	détection précoce, suivi
Source de la prise de mesures :	enfant/adolescent ou radiographies
Utilisateurs effectuant les mesures :	clinicien, proche

Les applications mobiles des études repérées utilisent principalement des capteurs comme les accéléromètres ou les gyroscopes pour mesurer des paramètres cliniques. Certaines applications permettent de prendre des photographies numériques du patient ou d'utiliser l'appareil photo en guise de numérisation sur des radiographies et d'effectuer des analyses pour détecter des asymétries.

Les applications mobiles étaient comparées dans ces études à des systèmes de mesure comme le PACS, des rapporteurs manuels, des scoliomètres conventionnels et, dans certains cas, des examens radiologiques. Les mesures cliniques analysées incluaient l'angle de rotation du tronc.

Fidélité des mesures :

- L'utilisation d'applications mobiles comparativement à des mesures manuelles de l'angle de Cobb sur des radiographies ou à des mesures au scoliomètre a démontré des coefficients de corrélations interclasses (inter- et intra-observateurs) allant de 0,88 [Beausejour *et al.*, 2022] à plus de 0,9 [Ketenci *et al.*, 2021; Pepe *et al.*, 2017; Balg *et al.*, 2014].

- Une corrélation statistiquement significative a été observée entre l'utilisation d'une application mobile et celle d'un scoliomètre [Franko *et al.*, 2012].
- Les erreurs de mesure étaient significativement réduites avec l'utilisation d'une application mobile [Pepe *et al.*, 2017].
- Deux revues systématiques, dont une dont les analyses ont été effectuées dans un environnement contrôlé, ont synthétisé les résultats des études disponibles sur les applications mobiles basées sur des capteurs. Elles mettent en évidence leur fiabilité pour le suivi de la scoliose [Naziri *et al.*, 2018; Prowse *et al.*, 2016].

Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe B (tableau B-1).

Performance :

- L'utilisation d'applications a montré une précision comparable à celle des radiographies [Song *et al.*, 2022; Akazawa *et al.*, 2021].
- Une précision diagnostique élevée pour les courbes principales a été rapportée avec une erreur moyenne absolue de 3,2 degrés [He *et al.*, 2024]. D'autres auteurs ont rapporté une sensibilité de 44,59 % et une spécificité de 97,79 % lors de l'utilisation d'une application mobile comparativement à l'utilisation d'un scoliomètre qui a montré une sensibilité de 60,51 % et une spécificité de 76,47 % [Chen *et al.*, 2020].

Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe B (tableau B-2).

Reproductibilité :

- Une étude examinant la reproductibilité intra- et inter-évaluateurs d'une application mobile pour l'évaluation clinique de l'angle de rotation du tronc a montré des indices élevés de corrélation interclasse pour la reproductibilité intra-évaluateurs, bien que des variations inter-évaluateurs aient été observées selon les plans (frontal, axial, sagittal) [Navarro *et al.*, 2024].
- Une étude a rapporté des valeurs de coefficients de corrélation de reproductibilité intra-évaluateurs supérieures à 0,9 pour trois types de mesures : le rapporteur manuel, le système PACS et un logiciel [Song *et al.*, 2022].

Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe B (tableau B-3).

Temps de mesure :

- Des temps de mesure comparables ont été rapportés entre les mesures prises par des applications mobiles et celles prises de manière conventionnelle en utilisant le scoliomètre ou les radiographies [Allam *et al.*, 2016; Franko *et al.*, 2012]. Ces temps de mesures étaient semblables entre les deux méthodes et parfois en faveur de l'utilisation de la solution numérique [Song *et al.*, 2022].

Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe B (tableau B-4).

Facilité d'utilisation / convivialité

- Une revue narrative a fourni une analyse de la facilité d'utilisation des applications mobiles pour le diagnostic et le suivi de la scoliose montrant des variations entre les applications documentées [Bottino *et al.*, 2023]. D'autres auteurs rapportent également la facilité d'utilisation et le faible coût de l'application utilisée [Akazawa *et al.*, 2021].

Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe B (tableau B-5).

Limites :

- la survenue d'erreurs potentielles et la variabilité du temps de mesure selon l'expérience des observateurs [Ketenci *et al.*, 2021];
- les limites de précision dans l'évaluation de la courbure de la colonne vertébrale, en particulier la région lombaire, pour la prise de décisions thérapeutiques comme le port de corsets ou les interventions chirurgicales [Prowse *et al.*, 2016];
- la nécessité d'avoir recours à un support (sous forme d'étui) afin de surmonter les limites physiques des appareils mobiles (taille et stabilité) [van West *et al.*, 2022; Driscoll *et al.*, 2014].

2.1.2 Applications basées sur l'intelligence artificielle (IA)

Étapes de prise en charge : diagnostic, suivi

Source de la prise de mesures : radiographies

Utilisateur effectuant les mesures : clinicien

Les applications intégrées à un appareil mobile recensées utilisent des algorithmes d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond pour mesurer automatiquement des paramètres cliniques à partir de sources variées comme des radiographies, des photographies ou des points clés anatomiques. Ces solutions numériques incluent également des outils d'analyse avancée pour la classification de la scoliose et la prédiction de la progression des courbures.

Les applications ont été comparées aux systèmes PACS ainsi qu'aux mesures manuelles sur les radiographies par des cliniciens. La mesure clinique évaluée était l'angle de Cobb.

Fidélité des mesures :

- Une étude a évalué un système d'IA comparativement aux mesures manuelles prises par des chirurgiens pour la classification de la scoliose et la mesure de l'angle de Cobb. Ce système a montré une fidélité des mesures élevée, mais avec des erreurs moyennes absolues pouvant dépasser les 5 degrés, comparables à celles des mesures humaines [Tingsheng *et al.*, 2024].
- D'autres modèles et applications ont montré des coefficients de corrélation interclasses élevés avec des erreurs moyennes absolues inférieures à 5 degrés [Li *et al.*, 2024; Wong *et al.*, 2024; Sun *et al.*, 2022].

Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe B (tableau B-6).

Performance :

- Plusieurs études incluant une revue systématique ont rapporté des mesures de spécificité et de sensibilité variées, mais dont les valeurs étaient élevées [Li *et al.*, 2024; Negrini *et al.*, 2023; Zhang T. *et al.*, 2023].
- Une revue narrative a exploré les applications actuelles et les perspectives de l'IA dans le diagnostic et le suivi de la scoliose. Elle a mis en lumière des algorithmes émergents et des technologies avancées en soulignant leur potentiel pour améliorer la performance [Zhang H. *et al.*, 2023].
- Une revue systématique a rapporté une précision moyenne de divers modèles d'IA de 85,4 % (rapportée dans 52,5 % des études) [Goldman *et al.*, 2024].

Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe B (tableau B-7).

Réduction du temps de mesure :

- Trois études ont comparé des applications mobiles à des mesures manuelles sur des radiographies visant à développer des algorithmes d'apprentissage automatique pour classer la gravité de la scoliose et détecter la progression des courbures. Les résultats montrent une réduction significative du temps de mesure, allant de quelques millisecondes ou quelques secondes pour les systèmes d'IA à quelques secondes ou plusieurs minutes pour les cliniciens [Tingsheng *et al.*, 2024; Wong *et al.*, 2024; Sun *et al.*, 2022].
- Deux revues (une narrative et une systématique) ont exploré les applications actuelles et les perspectives de l'IA dans le diagnostic et le suivi de la scoliose en mettant en lumière leur potentiel pour réduire le temps de traitement, mais soulignant le faible niveau de maturité de ces approches pour une implémentation clinique [Goldman *et al.*, 2024; Zhang H. *et al.*, 2023].

Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe B (tableau B-8).

Limites :

- la nécessité de valider davantage ces solutions numériques pour renforcer la confiance des cliniciens et leur adoption dans la pratique courante [Goldman *et al.*, 2024];
- la nécessité d'enrichir les modèles avec des images [Li *et al.*, 2024];
- la diminution des performances des modèles d'IA avec des images de faible qualité [Tingsheng *et al.*, 2024];
- la nécessité de validations multicentriques et la dépendance à des bases de données de haute qualité et volumineuses [Zhang H. *et al.*, 2023];
- les enjeux éthiques, notamment en ce qui concerne la confidentialité des données et la transparence des algorithmes [Zhang H. *et al.*, 2023];
- la prise en compte de la masse corporelle dans des solutions numériques reposant sur des prises de photographies [Zhang T. *et al.*, 2023].

2.1.3 Solutions numériques de cartographie et d'analyse tridimensionnelle de la surface corporelle

Étapes de prise en charge : détection précoce, suivi

Source de la prise de mesures : enfant/adolescent

Utilisateurs effectuant les mesures : clinicien, proche

Différentes solutions numériques reposant sur l'analyse tridimensionnelle de la surface du dos ont émergé de la nécessité de réduire le recours aux radiations [Colombo *et al.*, 2021]. Les études comparent ces solutions numériques à des méthodes radiographiques conventionnelles avec comme mesure de référence l'angle de Cobb. Des algorithmes d'IA peuvent être intégrés à certains types de ces solutions numériques.

DÉFINITIONS

- **Topographie de Moiré** : technique reposant sur des projections optiques permettant une analyse tridimensionnelle des structures corporelles [Labecka et Plandowska, 2021].
- **Photogrammétrie** : technique reposant sur une analyse spatiale de la surface dorsale permettant une évaluation de la courbure scoliotique [Leal *et al.*, 2019].
- **Topographie de surface**³ : technique analysant les déviations locales de la surface corporelle, permettant une modélisation 3D de la forme du dos [Applebaum *et al.*, 2020].

2.1.3.1 Topographie de Moiré

Fidélité des mesures :

- Une corrélation modérée à élevée avec l'angle de Cobb ($r = 0,61$ à $0,78$) [Fugiel et Krynicka, 2010] a été rapportée lors de l'utilisation de la topographie de Moiré en comparaison avec la radiographie. Un taux de faux positifs allant jusqu'à 66,7 % a été rapporté [Yamamoto *et al.*, 2015]. Une revue systématique souligne une preuve modérée de validité et de fiabilité associée à la topographie de Moiré en tant qu'outil de dépistage et de diagnostic [Labecka et Plandowska, 2021].

Performance :

- La même revue systématique rapporte des valeurs moyennes à élevées de sensibilité (64,5 % à 92,04 %) et de spécificité (71,1 % à 88 %) [Pino-Almero *et al.*, 2016; Chowanska *et al.*, 2012] liées à l'utilisation de la topographie de Moiré en comparaison avec la radiographie dans les études incluses [Labecka et Plandowska, 2021].

Limites :

- une forte proportion de faux positifs;
- une sensibilité insuffisante pour les courbures faibles ou complexes [Labecka et Plandowska, 2021].

³ Inclut des termes comme « rasterstéréographie », qui est un procédé permettant d'évaluer la déformation spinale en surveillant la surface du dos.

2.1.3.2 Photogrammétrie

Fidélité des mesures :

- Une bonne fidélité des mesures a été rapportée par deux études, dans lesquelles des coefficients de corrélation interclasses variant entre 0,74 et 0,93 ont été observés [Zheng *et al.*, 2023; Leal *et al.*, 2019].
- Des valeurs de corrélation avec l'angle de Cobb mesuré sur des radiographies variant de 0,4 à 0,8 ont été rapportées [Zheng *et al.*, 2023; Leal *et al.*, 2019].
- Selon une revue systématique, l'applicabilité de la photogrammétrie pour l'évaluation posturale est fiable pour les courbures frontales et sagittales. Cette approche présente néanmoins une forte variabilité selon les outils et logiciels utilisés [Furlanetto *et al.*, 2016].

Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe B (tableau B-9).

Performance :

- La photogrammétrie a détecté la progression des scolioses avec des taux de sensibilité et de spécificité élevés [Leal *et al.*, 2019]. Cependant, cette technique a tendance à sous-estimer les courbures supérieures à 39,5 degrés.

Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe B (tableau B-10).

Limites :

- une précision limitée pour les courbures graves [Zheng *et al.*, 2023; Leal *et al.*, 2019];
- la nécessité d'études multicentriques avec des échantillons larges [Zheng *et al.*, 2023];
- l'établissement de valeurs de référence et de normes pour améliorer l'applicabilité clinique [Furlanetto *et al.*, 2016].

2.1.3.3 Topographie de surface

Fidélité des mesures :

- En comparaison avec les mesures radiographiques, l'utilisation de systèmes de topographie de surface a montré des corrélations variant de 0,68 à 0,9 [Minotti *et al.*, 2024; Aulisa *et al.*, 2023; Mehta *et al.*, 2023; Tabard-Fougere *et al.*, 2023; Madiraju *et al.*, 2021; Mohokum *et al.*, 2015], avec une corrélation plus élevée pour les mesures thoraciques comparativement aux mesures lombaires [Bidari *et al.*, 2023; Applebaum *et al.*, 2020; Knott *et al.*, 2016]. Cette distinction (thoracique/lombaire) a été confirmée par une revue systématique avec méta-analyse [Navarro *et al.*, 2019].
- La fidélité inter- et intra-observateurs a été documentée avec des coefficients de corrélation interclasses supérieurs à 0,9 et des valeurs kappa entre 0,62 et 0,85, selon des études incluant une revue systématique [Aulisa *et al.*, 2023; Tabard-Fougere *et al.*, 2023; Su *et al.*, 2022; Komeili *et al.*, 2014].
- Des différences moyennes de 6,1 degrés \pm 5,0 et de 6,4 degrés \pm 4,7 ont été observées [Minotti *et al.*, 2024; Tabard-Fougere *et al.*, 2023].

Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe B (tableau B-11).

Performance :

- Les résultats révèlent une performance en ce qui concerne la classification de la gravité de la scoliose, la sensibilité, la spécificité et l'identification des courbures [Rothstock *et al.*, 2020; Komeili *et al.*, 2015; De Korvin *et al.*, 2014; Komeili *et al.*, 2014]. L'identification des courbes lombaires était moins précise [Komeili *et al.*, 2015].
- L'intégration de l'IA à un type de topographie de surface (rasterstéréographie) a montré une efficacité dans la classification des scolioses, avec une précision atteignant 87,5 % [Colombo *et al.*, 2021].
- Cette intégration a également été évaluée avec un modèle d'apprentissage profond pour prédire l'angle de Cobb. Les auteurs rapportent que la précision reste limitée pour les courbures plus importantes. De plus, une surévaluation pour les angles faibles ainsi qu'une variabilité importante pour les angles plus élevés ont été observées [Minotti *et al.*, 2024].

Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe B (tableau B-12).

Reproductibilité :

- Une revue systématique avec méta-analyse a rapporté une reproductibilité intra- et inter-observateurs élevée, déterminée par des coefficients de corrélation interclasses supérieurs à 0,8 [Navarro *et al.*, 2019].

Limites :

- la nécessité d'inclure les plans spatiaux ou les plans anatomiques durant la modélisation [Aulisa *et al.*, 2023];
- l'impact de la corpulence sur les prises de mesures [Applebaum *et al.*, 2020];
- la sensibilité réduite pour de petites déformations et les examens de longue durée [Madiraju *et al.*, 2021];
- les limitations pour les courbures sévères ou dans les régions lombaires [Bidari *et al.*, 2023];
- le besoin de validation clinique plus approfondie pour une intégration généralisée dans la pratique médicale [Colombo *et al.*, 2021].

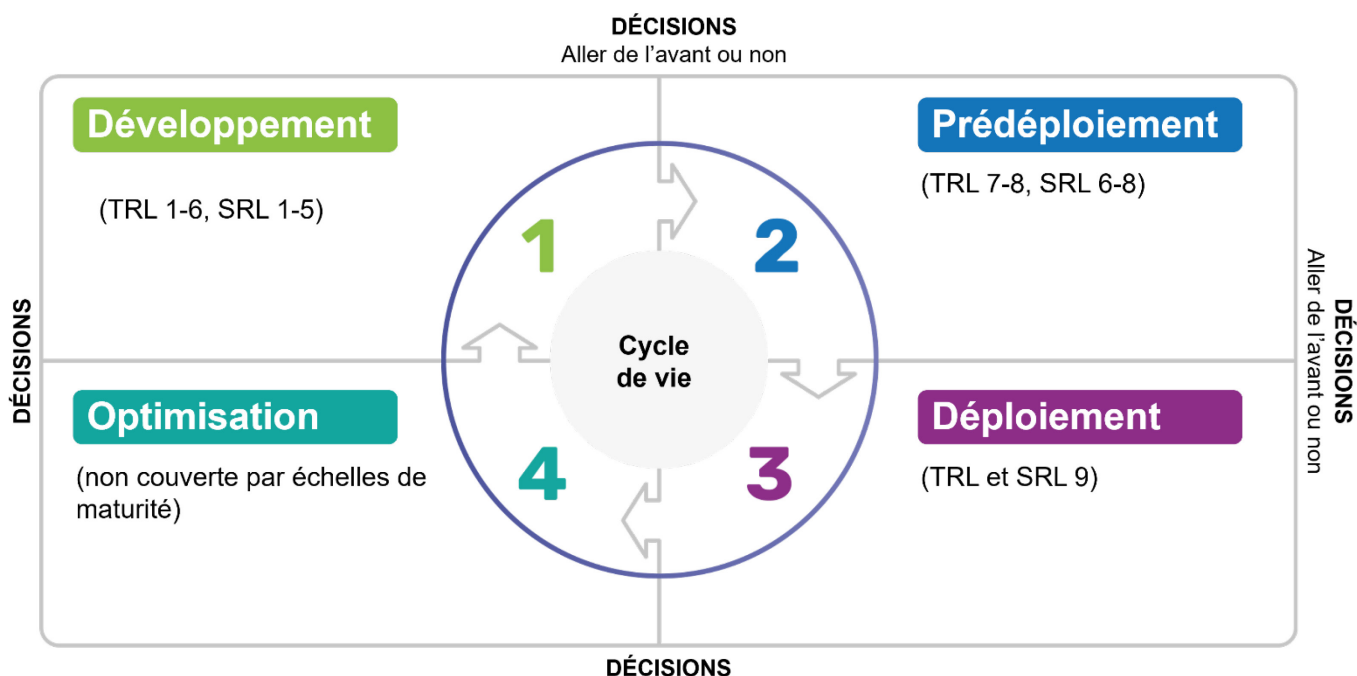
Des études cliniques ont été recensées sur le site clinicaltrials.gov et sont présentées à l'[annexe C](#).

2.2 Besoins associés à la pratique qui pourraient être comblés ou partiellement comblés par les solutions numériques repérées, selon l'étape de prise en charge

	Applications mobiles reposant sur des capteurs d'appareils mobiles	Applications basées sur l'intelligence artificielle (IA)	Solutions numériques de cartographie et d'analyse tridimensionnelle de la surface corporelle
Détection Pratique courante : <i>scoliomètre</i>	Détection rapide et accessible [Beausejour <i>et al.</i> , 2022; Akazawa <i>et al.</i> , 2021].	<i>Ne s'applique pas</i>	Détection des asymétries posturales et des déformations du dos [Tabard-Fougere <i>et al.</i> , 2023; Mohokum <i>et al.</i> , 2015].
Diagnostic Pratique courante : <i>radiographie</i>	<i>Ne s'applique pas</i>	Réduction significative du temps de mesure comparativement aux mesures humaines, ce qui peut alléger la charge de travail [Tingsheng <i>et al.</i> , 2024].	<i>Ne s'applique pas</i>
Suivi Pratique courante : <i>radiographie</i>	Suivi personnalisé des enfants/adolescents [Bottino <i>et al.</i> , 2023]. Accessibilité pour les enfants/adolescents vivant dans des régions éloignées [Bottino <i>et al.</i> , 2023; Akazawa <i>et al.</i> , 2021]. Allègement de la charge de travail des professionnels de la santé [Bottino <i>et al.</i> , 2023] et praticité [Ketenci <i>et al.</i> , 2021].	Surveillance de la progression avec des mesures rapides [Wong <i>et al.</i> , 2024]. Allègement de la charge de travail des professionnels de la santé [Tingsheng <i>et al.</i> , 2024]. Réduction des coûts et des délais de traitement grâce à l'automatisation [Zhang H. <i>et al.</i> , 2023].	Potentiel de réduction de l'exposition aux radiations [Aulisa <i>et al.</i> , 2023; Mehta <i>et al.</i> , 2023; Su <i>et al.</i> , 2022; Colombo <i>et al.</i> , 2021; Labecka et Plandowska, 2021; Madiraju <i>et al.</i> , 2021; Applebaum <i>et al.</i> , 2020; Knott <i>et al.</i> , 2016; Mohokum <i>et al.</i> , 2015]. Détection des changements progressifs [Bidari <i>et al.</i> , 2023; Applebaum <i>et al.</i> , 2020]. Les cliniciens consultés perçoivent un avantage potentiel dans l'utilisation des applications mobiles à des stades de scoliose légère ou à des moments clés de la prise en charge, notamment durant les poussées de croissance ou entre les radiographies. Facilité et accessibilité : l'équipement est portable et simple à utiliser [Zheng <i>et al.</i> , 2023; Leal <i>et al.</i> , 2019]. Rapidité des mesures (capture de modèles 3D détaillés) [Madiraju <i>et al.</i> , 2021; Applebaum <i>et al.</i> , 2020]. Convivialité et économie [Su <i>et al.</i> , 2022]. Potentielle réduction des coûts : selon des estimations, réduction de 30 à 40 % des radiographies nécessaires pour le suivi de la scoliose [Mehta <i>et al.</i> , 2023; Bolzinger <i>et al.</i> , 2021; De Korvin <i>et al.</i> , 2014].

3 CONSIDÉRATIONS LIÉES AU PRÉDÉPLOIEMENT DES SOLUTIONS NUMÉRIQUES DANS LA PRATIQUE DE SOINS DE LA SCOLIOSE IDIOPATHIQUE

L'INESSS a publié un [bulletin de veille stratégique](#) qui explore les enjeux et modalités d'encadrement des applications mobiles en santé et en services sociaux. Le bulletin propose une classification des applications selon leur finalité d'usage, distinguant celles destinées au bien-être général, celles qui surveillent des données de santé spécifiques, celles qui soutiennent le diagnostic ou les soins, et celles qui fournissent un soutien thérapeutique. Il met également en lumière les critères pour les considérer comme des instruments médicaux, une distinction essentielle pour leur encadrement, car elle détermine les exigences réglementaires qui s'y appliquent.



PRÉDÉPLOIEMENT

La phase de **prédéploiement** englobe diverses actions visant à tester les innovations dans des environnements opérationnels tout en démontrant et en évaluant leur potentiel en matière de création de valeur. Pour ce faire, les innovations sont introduites dans des milieux cliniques spécifiques afin de **poursuivre les expérimentations** et de **colliger des données probantes** qui appuient leur capacité à être déployées à plus grande échelle. Cette phase inclut également les démarches nécessaires à l'obtention d'approbations réglementaires ou de certifications préalables à leur commercialisation [INESSS, 2024b].

Au Québec, le prédéploiement des solutions numériques pour la détection, le diagnostic et le suivi de la scoliose idiopathique devrait s'inscrire dans une visée de création de valeur pour les enfants/adolescents concernés, pour le système de la santé ainsi que pour la société québécoise.

Les mesures telles que la performance, la fiabilité, la reproductibilité ou la réduction du temps de mesure peuvent refléter de manière indirecte la réponse à des besoins associés à la détection précoce et au suivi de la scoliose. Parmi ces besoins, on peut souligner l'allègement de la charge de travail grâce à la rapidité des mesures, l'amélioration de l'accessibilité grâce à la portabilité de ces outils et la réduction du recours aux radiographies grâce aux suivis fréquents.

Toutefois, des incertitudes demeurent, concernant notamment :

- ⇒ la performance et l'efficacité des solutions numériques dans le contexte québécois;
- ⇒ l'absence de données probantes relativement au nombre de radiographies évitées;
- ⇒ l'expérience des utilisateurs;
- ⇒ les coûts associés à l'utilisation des solutions numériques, incluant ceux d'implantation et de formation;
- ⇒ l'intégration dans la trajectoire de soins au Québec.

Plusieurs facteurs peuvent influencer l'élaboration des pistes d'action et la prise de décision dans le potentiel de création de valeur, notamment les caractéristiques de l'intervention et des personnes engagées, le contexte interne ou externe à l'organisation ou encore les processus de mise en œuvre [INESSS, 2024a].

Un plan de production de données probantes permettrait d'obtenir des informations supplémentaires sur les résultats prioritaires et les données à générer en contexte réel de soins afin de combler les lacunes identifiées [NICE, 2023; Liu et Panagiotakos, 2022]. Cette section explore certaines considérations pour l'expérimentation en milieu clinique (protocole de recherche) et les évaluations en contexte réel de soins au Québec.

3.1 Valider l'efficacité clinique dans un contexte réel de soins au Québec

- ⇒ Mettre en place un ou des projets pilotes dans des milieux cliniques spécialisés (recherche ou projets pilotes en établissement spécialisé en pédiatrie) pour poursuivre les efforts de validation et favoriser la robustesse des preuves des applications en comparaison avec la pratique courante [Alon et Torous, 2023; Lee *et al.*, 2023; Henson *et al.*, 2019; Nouri *et al.*, 2018; Ventola, 2014].

Certains cliniciens consultés ont suggéré qu'un professionnel de la santé soit identifié comme utilisateur advenant la mise sur pied d'un projet pilote dans un milieu de santé. Ils ont aussi souligné l'importance des conditions optimales pour la prise de mesures. Selon eux, la prise de mesures fréquente et répétée par le parent peut engendrer une anxiété chez ce dernier : certains cliniciens suggèrent une fréquence d'une fois par mois pour un suivi adéquat.

Le tableau ci-dessous présente des exemples de pistes de réflexion en vue de la production d'un plan de génération de données en contexte réel. Il est important de souligner que les exemples de données à générer proposés dans ce tableau ne sont pas alignés de façon directe sur les besoins et les lacunes identifiés. Ces mesures reflètent en général la fiabilité des solutions numériques.

Besoins	Évaluer de manière approfondie les besoins des utilisateurs (patients, professionnels de la santé, proches) et vérifier que les solutions proposées répondent à un besoin réel pour le contexte ciblé.
Parties prenantes	Définir les utilisateurs clés des solutions numériques, leurs rôles et responsabilités dans les prises de mesures, le transfert de données ainsi que l'interprétation des résultats; définir les étapes de prise en charge liées à l'utilisation de la solution numérique et les coûts associés à chaque étape.
Milieus cliniques	Établissements de santé spécialisés en pédiatrie en centre urbain et en région.
Population cible	Enfants/adolescents atteints de scoliose idiopathique et leurs proches.
Exemples de données à générer	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Performance : évaluer la corrélation avec les mesures conventionnelles (angle de Cobb, angle de rotation du tronc). ▪ Erreurs de mesures : évaluer les erreurs de mesures en considérant que des variations de 5 degrés ou plus sont un indicateur de progression des courbes [Leal <i>et al.</i>, 2019; Allam <i>et al.</i>, 2016]. Certains cliniciens consultés ont confirmé la nécessité de prendre en considération cette étendue dans la validation de la reproductibilité. ▪ Temps de mesure : documenter les temps de mesure et les processus de transfert des analyses et des résultats aux enfants/adolescents atteints et à leurs proches, s'il y a lieu, et aux établissements de santé (dossier électronique). ▪ Expérience des utilisateurs : utiliser par exemple des questionnaires de satisfaction, d'acceptabilité ou liés à la qualité de vie et de santé, ou des sondages de retour d'expérience et de convivialité [Ribaut <i>et al.</i>, 2024; Bottino <i>et al.</i>, 2023; Lee <i>et al.</i>, 2023; Nezamdoust <i>et al.</i>, 2022; McLaughlin, 2016]. ▪ Fréquence des radiographies : évaluer le nombre de radiographies évitées lors de l'utilisation de solutions numériques en documentant le nombre avec et sans recours aux solutions numériques.

3.2 Assurer une stratégie de prédéploiement qui tient compte des spécificités locales, des besoins des équipes en place et des défis logistiques

- ⇒ Former les utilisateurs des solutions numériques pour optimiser l'intégration dans le parcours de soins.
- ⇒ Gérer le changement organisationnel en favorisant la participation des équipes dès le début des projets pilotes, comme l'ont suggéré certains cliniciens consultés.
- ⇒ Assurer le leadership des instances concernées pour piloter et suivre le passage de phase dans le cycle de vie de la solution numérique.
- ⇒ Valider l'interopérabilité avec les dossiers électroniques et tester la gestion des pannes et la sécurité des systèmes.
- ⇒ Tester les conditions optimales d'utilisation.
- ⇒ Valider, auprès des professionnels de la santé, l'acceptabilité de l'utilisation des solutions numériques testées.

3.3 Garantir la sécurité et le respect des droits des utilisateurs en lien avec les exigences légales québécoises

- ⇒ Centraliser les données sur des appareils institutionnels pour éviter les fuites potentielles.
- ⇒ Obtenir un consentement éclairé des patients et de leur famille, en expliquant les bénéfices potentiels et les risques de l'utilisation des solutions numériques.
- ⇒ Valider la conformité des applications aux réglementations (ex. : classification comme instruments médicaux ou non [INESSS, 2024a]).

3.4 Évaluer les coûts et la viabilité économique en considérant les modalités d'encadrement

- ⇒ Analyser les coûts d'acquisition, de formation, de maintenance et de sécurité [Mannino et al., 2023].
- ⇒ Déterminer le modèle de tarification approprié : licence unique, abonnement, paiement à l'usage.

3.5 Autres considérations

- ⇒ Pérennité des applications : prévoir des mécanismes de mise à jour régulière pour éviter leur obsolescence (seulement 12 % des applications en santé lancées avant 2019 sont encore disponibles [IQVIA, 2024]).
- ⇒ Impact environnemental : documenter les bénéfices (moins de radiations et de déplacements) et les inconvénients (empreinte numérique) des solutions.

RÉFÉRENCES

- Addai D, Zarkos J, Bowey AJ. Current concepts in the diagnosis and management of adolescent idiopathic scoliosis. *Childs Nerv Syst* 2020;36(6):1111-9.
- Adobor RD, Joranger P, Steen H, Navrud S, Brox JI. A health economic evaluation of screening and treatment in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Scoliosis* 2014;9(1):21.
- Akazawa T, Torii Y, Ueno J, Saito A, Niki H. Mobile Application for Scoliosis Screening Using a Standard 2D Digital Camera. *Cureus* 2021;13(3):e13944.
- Allam Y, El-Fiky T, Farghally MY, Al-Sabagh S, Siam AE. Comparison between Oxford Cobbmeter and digital Cobbmeter for measurement of Cobb angle in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* 2016;25(2):444-9.
- Alon N et Torous J. Current challenges for evaluating mobile health applications. *J Am Med Inform Assoc* 2023;30(3):617-24.
- Anthony A, Zeller R, Evans C, Dermott JA. Adolescent idiopathic scoliosis detection and referral trends: impact treatment options. *Spine Deform* 2021;9(1):75-84.
- Applebaum A, Ference R, Cho W. Evaluating the role of surface topography in the surveillance of scoliosis. *Spine Deform* 2020;8(3):397-404.
- Aulisa AG, Bandinelli D, Marsiolo M, Falciglia F, Giordano M, Toniolo RM. Is Surface Topography Useful in the Diagnosis of Scoliosis? Validation of the Biometrical Holistic of Human Body (BHOHB). *Children (Basel)* 2023;10(2)
- Balg F, Juteau M, Theoret C, Svtelisl A, Grenier G. Validity and reliability of the iPhone to measure rib hump in scoliosis. *J Pediatr Orthop* 2014;34(8):774-9.
- Beausejour M, Aubin D, Fortin C, N'Dongo Sangare M, Carignan M, Roy-Beaudry M, et al. Parents can reliably and accurately detect trunk asymmetry using an inclinometer smartphone app. *BMC Musculoskelet Disord* 2022;23(1):752.
- Bidari S, Kamyab M, Kakavand R, Komeili A. Performance of Surface Topography Systems in Scoliosis Management: A Narrative Review. *JPO: Journal of Prosthetics and Orthotics* 2023;35(3):208-18.
- Bolzinger M, Bernardini I, Thevenin Lemoine C, Gallini A, Accadbled F, Sales de Gauzy J. Monitoring adolescent idiopathic scoliosis by measuring ribs prominence using surface topography device. *Spine Deformity* 2021;9:1349-54.
- Bottino L, Settino M, Promenzio L, Cannataro M. Scoliosis Management through Apps and Software Tools. *Int J Environ Res Public Health* 2023;20(8)
- Chen C, Yu R, Xu W, Li Z, Li Y, Hu R, Zhu X. A Practical Study of Diagnostic Accuracy: Scoliosis Screenings of Middle School Students by a Trained Nurse With a Smartphone Versus a Spine Surgeon With a Scoliometer. *Spine (Phila Pa 1976)* 2020;45(5):E266-E71.
- Choudhry MN, Ahmad Z, Verma R. Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Open Orthop J* 2016;10:143-54.
- Chowanska J, Kotwicki T, Rosadzinski K, Sliwinski Z. School screening for scoliosis: can surface topography replace examination with scoliometer? *Scoliosis* 2012;7:1-7.
- Colombo T, Mangone M, Agostini F, Bernetti A, Paoloni M, Santilli V, Palagi L. Supervised and unsupervised learning to classify scoliosis and healthy subjects based on non-invasive rasterstereography analysis. *PLoS One* 2021;16(12):e0261511.
- De Korvin G, Randriaminahisoa T, Cugy E, Cheze L, de Seze M. Detection of progressive idiopathic scoliosis during growth using back surface topography: a prospective study of 100 patients. *Ann Phys Rehabil Med* 2014;57(9-10):629-39.

- Driscoll M, Fortier-Tougas C, Labelle H, Parent S, Mac-Thiong J-M. Evaluation of an apparatus to be combined with a smartphone for the early detection of spinal deformities. *Scoliosis* 2014;9:1-5.
- Duke A, Marchese R, Komatsu DE, Barsi J. Radiation in Adolescent Idiopathic Scoliosis Management: Estimated Cumulative Pre-Operative, Intra-Operative, and Post-Operative Exposure. *Orthop Res Rev* 2022;14:487-93.
- Franko OI, Bray C, Newton PO. Validation of a scoliometer smartphone app to assess scoliosis. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2012;32(8):e72-e5.
- Fugiel J et Krynicka I. The use of Moire phenomenon in assessing the shape of the spine in the frontal plane. *Physiotherapy/Fizjoterapia* 2010;18(1)
- Furlanetto TS, Sedrez JA, Candotti CT, Loss JF. Photogrammetry as a tool for the postural evaluation of the spine: A systematic review. *World J Orthop* 2016;7(2):136-48.
- Garcia SM, Niknam K, Sumandea F, Swarup I. Socioeconomic differences in access to scoliosis care in the pediatric population. *Spine Deform* 2024;12(6):1667-73.
- Goldman SN, Hui AT, Choi S, Mbamalu EK, Tirabady P, Eleswarapu AS, et al. Applications of artificial intelligence for adolescent idiopathic scoliosis: mapping the evidence. *Spine Deform* 2024;12(6):1545-70.
- He Z, Lu N, Chen Y, Chun-Sing Chui E, Liu Z, Qin X, et al. Conditional generative adversarial network-assisted system for radiation-free evaluation of scoliosis using a single smartphone photograph: a model development and validation study. *EClinicalMedicine* 2024;75:102779.
- Henson P, David G, Albright K, Torous J. Deriving a practical framework for the evaluation of health apps. *Lancet Digit Health* 2019;1(2):e52-e4.
- Hoelen TA, Evers S, Arts JJ, Willems PC, van Mastrigt G. The societal burden associated with adolescent idiopathic scoliosis: a cross-sectional burden-of-disease study. *BMC Public Health* 2024;24(1):3065.
- Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS). Guide de soutien à l'appréciation de la valeur. Québec, Qc : INESSS; 2024a. Disponible à : https://www.inesss.qc.ca/fileadmin/doc/INESSS/Demarche/INESSS_Guide_appreciation_valeur_VF.pdf.
- Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS). Lexique sur le thème de l'innovation. Québec, Qc : INESSS; 2024b. Disponible à : https://www.inesss.qc.ca/fileadmin/doc/INESSS/DocuMetho/INESSS_Lexique_innovation.pdf.
- IQVIA Digital health trends 2024, implications for research and patient care. 2024.
- Jada A, Mackel CE, Hwang SW, Samdani AF, Stephen JH, Bennett JT, Baaj AA. Evaluation and management of adolescent idiopathic scoliosis: a review. *Neurosurg Focus* 2017;43(4):E2.
- Ketenci IE, Yanik HS, Erdogan O, Adiyek L, Erdem S. Reliability of 2 Smartphone Applications for Cobb Angle Measurement in Scoliosis. *Clin Orthop Surg* 2021;13(1):67-70.
- Knott P, Sturm P, Lonner B, Cahill P, Betsch M, McCarthy R, et al. Multicenter Comparison of 3D Spinal Measurements Using Surface Topography With Those From Conventional Radiography. *Spine Deform* 2016;4(2):98-103.
- Komeili A, Westover L, Parent EC, El-Rich M, Adeeb S. Correlation Between a Novel Surface Topography Asymmetry Analysis and Radiographic Data in Scoliosis. *Spine Deform* 2015;3(4):303-11.
- Komeili A, Westover LM, Parent EC, Moreau M, El-Rich M, Adeeb S. Surface topography asymmetry maps categorizing external deformity in scoliosis. *Spine J* 2014;14(6):973-83 e2.

- Labecka MK et Plandowska M. Moire topography as a screening and diagnostic tool-A systematic review. *PLoS One* 2021;16(12):e0260858.
- Leal JS, Aroeira RMC, Gressler V, Greco M, Pertence AEM, Lamounier JA. Accuracy of photogrammetry for detecting adolescent idiopathic scoliosis progression. *Spine J* 2019;19(2):321-9.
- Lee M, Bin Mahmood ABS, Lee ES, Smith HE, Tudor Car L. Smartphone and Mobile App Use Among Physicians in Clinical Practice: Scoping Review. *JMIR Mhealth Uhealth* 2023;11:e44765.
- Li H, Qian C, Yan W, Fu D, Zheng Y, Zhang Z, et al. Use of Artificial Intelligence in Cobb Angle Measurement for Scoliosis: Retrospective Reliability and Accuracy Study of a Mobile App. *J Med Internet Res* 2024;26:e50631.
- Liu F et Panagiotakos D. Real-world data: a brief review of the methods, applications, challenges and opportunities. *BMC Med Res Methodol* 2022;22(1):287.
- Madiraju A, Mulcahey PJ, Knott PT, Haas AR, Cuddihy LA, Antonacci MD, Betz RR. Assessing clinical trunk change with surface topography: anterior scoliosis correction as a model to evaluate curve progression. *Eur Spine J* 2021;30(12):3533-9.
- Mannino RG, Arconada Alvarez SJ, Greenleaf M, Parsell M, Mwalija C, Lam WA. Navigating the complexities of mobile medical app development from idea to launch, a guide for clinicians and biomedical researchers. *BMC Med* 2023;21(1):109.
- McLaughlin K. Adolescent Idiopathic Scoliosis: Technology for Screening and Treatment. *J Pediatr Nurs* 2016;31(4):456-8.
- Mehta B, Chockalingam N, Shannon T, Jevtic N, Lazic F, Jasani V, et al. Non-Invasive Assessment of Back Surface Topography: Technologies, Techniques and Clinical Utility. *Sensors (Basel)* 2023;23(20)
- Meirick T, Shah AS, Dolan LA, Weinstein SL. Determining the prevalence and costs of unnecessary referrals in adolescent idiopathic scoliosis. *The Iowa orthopaedic journal* 2019;39(1):57.
- Minotti M, Negrini S, Cina A, Galbusera F, Zaina F, Bassani T. Deep learning prediction of curve severity from rasterstereographic back images in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* 2024;33(11):4164-70.
- Mohamed M, Trivedi J, Davidson N, Munigangaiah S. Adolescent idiopathic scoliosis: a review of current concepts. *Orthopaedics and Trauma* 2020;34(6):338-45.
- Mohokum M, Schulein S, Skwara A. The Validity of Rasterstereography: A Systematic Review. *Orthop Rev (Pavia)* 2015;7(3):5899.
- Navarro I, Rosa BND, Candotti CT. Anatomical reference marks, evaluation parameters and reproducibility of surface topography for evaluating the adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review with meta-analysis. *Gait Posture* 2019;69:112-20.
- Navarro I, Silva MG, Dos Santos ICP, Candotti CT. Repeatability and intra and interrater reproducibility of the DIPA-S eHealth(c) capture and analysis system for clinical assessment of scoliosis. *Eur Spine J* 2024;33(10):3798-805.
- Naziri Q, Detolla J, Hayes W, Burekhovich SA, Merola A, Akamnanu C, Paulino CB. A systematic review of all smart phone applications specifically aimed for use as a scoliosis screening tool. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants* 2018;28(1)

- Negrini F, Cina A, Ferrario I, Zaina F, Donzelli S, Galbusera F, Negrini S. Developing a new tool for scoliosis screening in a tertiary specialistic setting using artificial intelligence: a retrospective study on 10,813 patients: 2023 SOSORT award winner. *Eur Spine J* 2023;32(11):3836-45.
- Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, Czaprowski D, Schreiber S, de Mauroy JC, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis Spinal Disord* 2018;13:3.
- Nezamdoust S, Abdekhoda M, Rahmani A. Determinant factors in adopting mobile health application in healthcare by nurses. *BMC Med Inform Decis Mak* 2022;22(1):47.
- National Institute for Health and Care Excellence (NICE). Evidence generation plan for artificial intelligence-derived software to analyse chest X-rays for suspected lung cancer in primary care referrals. Londres, Angleterre : NICE; 2023.
- Nouri R, S RNK, Ghazisaeedi M, Marchand G, Yasini M. Criteria for assessing the quality of mHealth apps: a systematic review. *J Am Med Inform Assoc* 2018;25(8):1089-98.
- Pepe M, Kocadal O, Iyigun A, Gunes Z, Aksahin E, Aktekin CN. Use of the smartphone for end vertebra selection in scoliosis. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2017;51(2):146-9.
- Pino-Almero L, Mínguez-Rey MF, Sentamans-Segarra S, Salvador-Palmer MR, Anda RMC-Od, La O JL-d. Quantification of topographic changes in the surface of back of young patients monitored for idiopathic scoliosis: correlation with radiographic variables. *Journal of biomedical optics* 2016;21(11):116001-.
- Prowse A, Pope R, Gerdhem P, Abbott A. Reliability and validity of inexpensive and easily administered anthropometric clinical evaluation methods of postural asymmetry measurement in adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review. *Eur Spine J* 2016;25(2):450-66.
- Ribaut J, DeVito Dabbs A, Dobbels F, Teynor A, Mess EV, Hoffmann T, De Geest S. Developing a Comprehensive List of Criteria to Evaluate the Characteristics and Quality of eHealth Smartphone Apps: Systematic Review. *JMIR Mhealth Uhealth* 2024;12:e48625.
- Rothstock S, Weiss HR, Krueger D, Paul L. Clinical classification of scoliosis patients using machine learning and markerless 3D surface trunk data. *Med Biol Eng Comput* 2020;58(12):2953-62.
- Shannon BA, Mackenzie WGS, Hariharan AR, Shah SA. Update in Nonoperative Management of Adolescent Idiopathic Scoliosis to Prevent Progression. *Journal of the Pediatric Orthopaedic Society of North America* 2021;3(4)
- Song Y, Shi X, Gao Y, Hu W, Ma H, Wu X, Xing S. The smartphone scoliosis screening software for measuring the Cobb angle of adolescent idiopathic scoliosis: a reliability study. *Intelligent Surgery* 2022;1:8-12.
- Su X, Dong R, Wen Z, Liu Y. Reliability and Validity of Scoliosis Measurements Obtained with Surface Topography Techniques: A Systematic Review. *J Clin Med* 2022;11(23)
- Sun Y, Xing Y, Zhao Z, Meng X, Xu G, Hai Y. Comparison of manual versus automated measurement of Cobb angle in idiopathic scoliosis based on a deep learning keypoint detection technology. *Eur Spine J* 2022;31(8):1969-78.
- Tabard-Fougere A, de Bodman C, Dhouib A, Bonnefoy-Mazure A, Armand S, Dayer R. Three-Dimensional Spinal Evaluation Using Rasterstereography in Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis: Is It Closer to Three-Dimensional or Two-Dimensional Radiography? *Diagnostics (Basel)* 2023;13(14)

- Tingsheng L, Chunshan L, Shudan Y, Xingwei P, Qiling C, Minglu Y, et al. Validation of Artificial Intelligence in the Classification of Adolescent Idiopathic Scoliosis and the Comparison to Clinical Manual Handling. *Orthop Surg* 2024;16(8):2040-51.
- Toren S et Diarbakerli E. Health-related quality of life in adolescents with idiopathic scoliosis: a cross-sectional study including healthy controls. *Eur Spine J* 2022;31(12):3512-8.
- van West H, Herfkens J, Rutges J, Reijman M. The smartphone as a tool to screen for scoliosis, applicable by everyone. *European Spine Journal* 2022;31(4):990-5.
- Ventola CL. Mobile devices and apps for health care professionals: uses and benefits. *Pharmacy and Therapeutics* 2014;39(5):356.
- Wong J, Reformat M, Parent E, Lou E. Using machine learning to automatically measure kyphotic and lordotic angle measurements on radiographs for children with adolescent idiopathic scoliosis. *Med Eng Phys* 2024;130:104202.
- Yamamoto S, Shigematsu H, Kadono F, Tanaka Y, Tatematsu M, Okuda A, et al. Adolescent scoliosis screening in Nara City schools: a 23-year retrospective cross-sectional study. *Asian spine journal* 2015;9(3):407.
- Zhang H, Huang C, Wang D, Li K, Han X, Chen X, Li Z. Artificial Intelligence in Scoliosis: Current Applications and Future Directions. *J Clin Med* 2023;12(23)
- Zhang T, Zhu C, Zhao Y, Zhao M, Wang Z, Song R, et al. Deep Learning Model to Classify and Monitor Idiopathic Scoliosis in Adolescents Using a Single Smartphone Photograph. *JAMA Netw Open* 2023;6(8):e2330617.
- Zheng Q, Xie L, Xu J, Xia N, Ma CZ. A feasibility study of applying two-dimensional photogrammetry for screening and monitoring of patients with adolescent idiopathic scoliosis in clinical practice. *Sci Rep* 2023;13(1):14273.

ANNEXE A

Méthodologie

Stratégie de repérage de l'information scientifique et de la littérature grise

La stratégie de revue exploratoire, qui inclut des mots-clés du vocabulaire libre et contrôlé (MeSH), a été élaborée via la base de données Pubmed. La recherche documentaire a été limitée aux documents publiés entre 2010 et 2024. Seules les publications en français et en anglais ont été retenues. Une recherche complémentaire a été effectuée au moyen du moteur de recherche Google afin de répertorier d'autres publications pertinentes. Les sites Web des sociétés savantes, des agences d'évaluation des technologies de la santé, des organismes gouvernementaux et des associations professionnelles ont été consultés.

Les critères d'inclusion comprenaient l'utilisation de solutions ou technologies numériques, de l'intelligence artificielle, des techniques de cartographie tridimensionnelle et de la télémédecine dans un contexte de scoliose, comme le montre le tableau ci-dessous.

Pubmed	
Limites : 2010-2024; français, anglais	
#	Requêtes
1	"scoliosis"[MeSH Terms] AND "mobile applications"[MeSH Terms]
2	"scoliosis"[MeSH Terms] AND "technology"[MeSH Terms]
3	scoliosis[MeSH Terms] AND "artificial intelligence"[MeSH Terms]
4	"scoliosis"[MeSH Terms] AND "smartphone"[MeSH Terms]
5	"scoliosis"[MeSH Terms] AND "cellphone"[MeSH Terms]
6	"scoliosis"[MeSH Terms] AND "photogrammetry"[MeSH Terms]
7	scoliosis[MeSH Terms] AND "telemedicine"[MeSH Terms]
8	"scoliosis"[MeSH Terms] AND surface[All Fields] AND topography[All Fields]
9	"scoliosis"[MeSH Terms] AND surface[All Fields] AND topography[All Fields] AND "artificial intelligence"[MeSH Terms]

Sélection des publications et extraction des données publiées

La sélection des publications a été réalisée par un professionnel scientifique, alors que l'extraction et la synthèse des informations pertinentes ont été effectuées par deux professionnels scientifiques.

Accompagnement scientifique et appréciation critique par les pairs

Une relecture critique du rapport a été effectuée par la coordination scientifique et la direction responsable de sa production. Une relecture finale a été effectuée par la Vice-présidence scientifique et par le Bureau – Méthodologie et éthique de l'INESSS.

Consultations *ad hoc*

Des rencontres *ad hoc* ont été menées avec un physiatre et chef de service, une chirurgienne orthopédiste pédiatrique et une physiothérapeute, impliqués dans la prise en charge de la scoliose. Un expert en applications mobiles a également été consulté en tant qu'informateur clé.

Les personnes consultées ont été invitées à s'exprimer sur la prise en charge de la scoliose idiopathique au Québec ainsi que les besoins et limites associés aux étapes de la trajectoire du patient. Les personnes consultées, bien que non-utilisatrices d'applications mobiles dans la prise en charge de la scoliose, ont aussi été invitées à partager leurs perspectives sur les enjeux et bénéfices anticipés liés à l'introduction potentielle de ces outils technologiques. Une synthèse narrative de ces données a été réalisée. Les constats sont issus de la triangulation des données scientifiques ainsi que des données contextuelles et des savoirs expérientiels recueillis.

Prévention, déclaration et gestion des conflits d'intérêts et de rôles

Toutes les personnes qui ont collaboré à ces travaux ont déclaré les intérêts personnels qui pouvaient les placer dans une situation propice au développement de conflits d'intérêts, qu'ils soient commerciaux, financiers, relatifs à la carrière, relationnels ou autres. Elles ont également déclaré les différentes activités professionnelles ou les rôles qui pouvaient les placer dans une situation propice au développement de conflits de rôles. Une telle déclaration a été faite sur la base du formulaire standardisé applicable à l'INESSS. Les conflits ont été gérés conformément à la Politique de prévention, d'identification, d'évaluation et de gestion des conflits d'intérêts et de rôles des collaborateurs de l'INESSS.

Liste des sources consultées

Une recherche exploratoire de la littérature grise concernant l'utilisation d'outils technologiques en contexte de scoliose idiopathique a également été effectuée pour enrichir les pistes de réflexion et les considérations rapportées.

Tableau A-1 Autres sources consultées

Sites Web d'organisations
Agence des médicaments du Canada (AMC)
Haute Autorité de Santé (HAS)
Healthcare Improvement Scotland (ihub)
National Institute for Health and Care Excellence (NICE)
National Health Service (NHS)
Organisation mondiale de la santé (OMS/WHO)
Autre site Web
Ordre professionnel de la physiothérapie du Québec (OPPQ)
Moteur de recherche
Google

ANNEXE B

Résultats issus des études cliniques

Tableau B-1 Résultats de fidélité des mesures issus d'études sur des exemples de solutions numériques reposant sur des capteurs d'appareils mobiles

Solutions numériques	Comparateurs	Résultats	Études
<i>Inclinomètre, Scoligauge^{MC}</i>	Scoliomètre (mesure sur l'enfant/adolescent)	<ul style="list-style-type: none"> Corrélation avec le scoliomètre (coefficient de Pearson = 0,999, $p < 0,001$) [Franko <i>et al.</i>, 2012]. Coefficient de corrélation interclasse global : 0,947 ($p < 0,001$), intra-observateurs : 0,961, inter-observateurs : 0,901. Différence moyenne : 0,4 degrés \pm 3,1 [Balg <i>et al.</i>, 2014]. Fidélité intra-observateurs : coefficient de corrélation interclasse : 0,88 [Beausejour <i>et al.</i>, 2022]. 	<p><u>Études prospectives :</u> [Franko <i>et al.</i>, 2012] (États-Unis) [Balg <i>et al.</i>, 2014] (Canada) [Beausejour <i>et al.</i>, 2022] (Canada)</p>
<i>iPinPoint^{MC} Cobmeter^{MC}</i>	PACS (mesure sur radiographies)	<ul style="list-style-type: none"> Coefficient de corrélation interclasse pour la fidélité inter-observateurs : iPinPoint (0,980), Cobmeter^{MC} (0,991), PACS (0,991) ($p < 0,001$). Fidélité intra-observateurs $> 0,9$ pour toutes les méthodes. 	<p><u>Étude comparative :</u> [Ketenci <i>et al.</i>, 2021] (Turquie)</p>
<i>iSetSquare</i>	Mesure manuelle sur radiographies	<ul style="list-style-type: none"> Fidélité intra-observateurs (coefficient de corrélation interclasse : 0,985 pour l'application mobile contre 0,946 pour la méthode manuelle). Fidélité inter-observateurs (0,967 contre 0,910). Différence absolue moyenne : 1,9 degrés (application) contre 3,6 degrés (mesure manuelle). 	<p><u>Étude diagnostique :</u> [Pepe <i>et al.</i>, 2017] (Turquie)</p>
<i>Hong Zheng Scoliosis Screening Software</i>	Mesure manuelle sur radiographies (rapporteur), PACS	<ul style="list-style-type: none"> Aucune différence significative entre les mesures du logiciel et celles du PACS pour l'angle de Cobb ($p > 0,05$). 	<p><u>Étude de fiabilité :</u> [Song <i>et al.</i>, 2022] (Chine)</p>

Tableau B-2 Résultats de performance issus d'études sur des exemples de solutions numériques reposant sur des capteurs d'appareils mobiles

Solutions numériques	Comparateurs	Résultats	Études
<i>Hong Zheng Scoliosis Screening Software</i>	Mesure manuelle sur radiographies, PACS	<ul style="list-style-type: none"> Précision comparable au PACS avec une différence moyenne de 1 degré. 	<u>Étude de fiabilité</u> : [Song <i>et al.</i> , 2022] (Chine)
<i>Cobb First^{MC} Swin-pix2pix</i>	Radiographie	<ul style="list-style-type: none"> Précision : correspondance entre les mesures de l'application et celles des données radiographiques (angle thoracique de 16 degrés et angle lombaire de 25 degrés) [Akazawa <i>et al.</i>, 2021]. Coefficient de corrélation entre les angles mesurés par le modèle et les radiographies = 0,95 [He <i>et al.</i>, 2024]. Précision dans la classification de la sévérité de la scoliose : courbe principale (93 %), courbe secondaire (89 %). Erreur moyenne absolue : 3,2 degrés pour les courbes principales et 3,1 degrés pour les courbes secondaires [He <i>et al.</i>, 2024]. 	<u>Note technique</u> : [Akazawa <i>et al.</i> , 2021] (Japon) <u>Étude de développement et validation</u> : [He <i>et al.</i> , 2024] (Chine)
<i>Cobbmeter^{MC}</i>	Cobbmètre d'Oxford (manuel, mesure sur radiographie)	<ul style="list-style-type: none"> Différence moyenne absolue entre les deux outils : 2,57 degrés ± 1,88. 	<u>Étude comparative</u> : [Allam <i>et al.</i> , 2016] (Égypte)
<i>Scoligauge^{MC}</i>	Scoliomètre (mesure sur l'enfant/adolescent)	<ul style="list-style-type: none"> Scoliomètre : sensibilité de 60,51 % et spécificité de 76,47 %. Application mobile : sensibilité de 44,59 % et spécificité de 97,79 %. 	<u>Étude transversale</u> : [Chen <i>et al.</i> , 2020] (Chine)

Tableau B-3 Résultats de reproductibilité issus d'études sur des exemples de solutions numériques reposant sur des capteurs d'appareils mobiles

Solutions numériques	Comparateurs	Résultats	Études
<i>DIPA-S eHealth Capture^{MC} et Analysis^{MC}</i>	Pas de comparateur	<ul style="list-style-type: none"> Reproductibilité intra-évaluateurs : coefficient de corrélation interclasse : plan frontal (0,99), plan sagittal (0,88), plan axial (0,95). Reproductibilité inter-évaluateurs : coefficient de corrélation interclasse frontal (0,98), axial (0,93), sagittal (0,32). 	<u>Étude observationnelle</u> : [Navarro <i>et al.</i> , 2024] (Brésil)
<i>Hong Zheng Scoliosis Screening Software</i>	Mesure manuelle sur radiographies (rapporteur), PACS	<ul style="list-style-type: none"> Reproductibilité intra-évaluateurs (coefficient de corrélation intraclasse) : Logiciel : entre 0,977 et 0,984. Rapporteur : entre 0,944 et 0,955. PACS : entre 0,990 et 0,994. 	<u>Étude de fiabilité</u> : [Song <i>et al.</i> , 2022] (Chine)

Tableau B-4 Résultats de temps de mesure issus d'études sur des exemples de solutions numériques reposant sur des capteurs d'appareils mobiles

Solutions numériques	Comparateurs	Résultats	Études
<i>Scoligauge^{MC}</i>	Scoliomètre (mesure sur l'enfant/adolescent)	<ul style="list-style-type: none"> Temps de mesure comparable entre les deux mesures (3 à 5 secondes). 	<u>Étude prospective</u> : [Franko <i>et al.</i> , 2012] (États-Unis)
<i>Hong Zheng Scoliosis Screening Software</i>	Mesure manuelle sur radiographies	<ul style="list-style-type: none"> Temps de mesure avec le logiciel : $94,7 \pm 8,5$ s contre $217,9 \pm 24,1$ s pour la mesure manuelle. ($p < 0,001$). 	<u>Étude de fiabilité</u> : [Song <i>et al.</i> , 2022] (Chine)
<i>Cobbmeter^{MC}</i>	Cobbmètre d'Oxford (manuel, mesures sur radiographies)	<ul style="list-style-type: none"> Temps moyen pour mesurer 20 angles de Cobb : 24,9 min (application mobile) contre 25,6 min (Cobbmètre d'Oxford). 	<u>Étude comparative</u> : [Allam <i>et al.</i> , 2016] (Égypte)

Tableau B-5 Résultats de facilité d'utilisation issus d'études sur des exemples de solutions numériques reposant sur des capteurs d'appareils mobiles

Solutions numériques	Comparateurs	Facilité d'utilisation / Convivialité	Études
<i>ScolioTrack^{MC}, Scoliometer^{MC}, APECS^{MC}, CobbMeter^{MC}, ScolioDetector^{MC}, Scoliosis Tracker^{MC}, Scoliosis Manager^{MC}</i>	Radiographie, scoliomètre (mesure sur l'enfant/adolescent)	<ul style="list-style-type: none"> Faible : APECS^{MC} Moyenne : ScolioTrack^{MC}, ScolioDetector^{MC}, Scoliosis Tracker^{MC}, Scoliosis Manager^{MC} Élevée : Scoliometer^{MC}, CobbMeter^{MC} 	<u>Revue narrative</u> : [Bottino <i>et al.</i> , 2023] (Italie)

Tableau B-6 Résultats de fidélité des mesures issus d'études sur des exemples de solutions numériques basées sur l'IA

Solutions numériques	Comparateurs	Résultats	Études
<i>Système de mesure automatisé par IA</i> <i>Système automatisé basé sur l'apprentissage profond</i>	Mesures manuelles (cliniciens)	<ul style="list-style-type: none"> Erreurs moyennes absolues : entre $4,27$ degrés $\pm 5,63$ et $6,03$ degrés $\pm 7,36$ entre le système d'IA et les chirurgiens séniors [Tingsheng <i>et al.</i>, 2024]. Coefficient de corrélation : 0,99 [Sun <i>et al.</i>, 2022]. Coefficient de corrélation interclasse pour la mesure automatisée : 0,994 [Sun <i>et al.</i>, 2022]. Erreur moyenne absolue: $2,2$ degrés $\pm 2,0$ [Sun <i>et al.</i>, 2022]. 	<u>Études comparatives</u> : [Tingsheng <i>et al.</i> , 2024] (Chine) [Sun <i>et al.</i> , 2022] (Chine)
<i>CobbAngle pro^{MC}</i>	PACS	<ul style="list-style-type: none"> Coefficient de corrélation interclasse $> 0,99$. Erreur moyenne absolue entre 2 degrés $\pm 1,43$ et $2,08$ degrés $\pm 1,38$. 	<u>Étude de validation</u> : [Li <i>et al.</i> , 2024] (Chine)
<i>Système automatisé basé sur l'apprentissage profond</i>	Mesure manuelle sur radiographies	<ul style="list-style-type: none"> Coefficient de corrélation interclasse : entre 0,84 et 0,91. 	<u>Étude méthodologique</u> : [Wong <i>et al.</i> , 2024] (Canada)

Tableau B-7 Résultats de performance issus d'études sur des exemples de solutions numériques basées sur l'IA

Solutions numériques	Comparateurs	Résultats	Études
<i>CobbAngle pro^{MC}</i>	PACS	<ul style="list-style-type: none"> Précision clinique élevée (> 97 %) pour les courbures légères à modérées. 	<u>Étude de validation:</u> [Li <i>et al.</i> , 2024] (Chine)
<i>Modèle basé sur l'apprentissage machine</i>	Scoliomètre	<ul style="list-style-type: none"> Sensibilité : <i>Modèle d'IA</i> : de 0,64 à 0,95 (selon les angles) <i>Scoliomètre</i> : de 0,63 à 0,97 (selon les angles) Spécificité : <i>Modèle d'IA</i> : de 0,78 à 0,88 (selon les angles) <i>Scoliomètre</i> : de 0,36 à 0,82 (selon les angles) 	<u>Étude observationnelle :</u> [Negrini <i>et al.</i> , 2023] (Italie) ⁴
<i>ScolioNets intégré à l'application AlignProCARE^{MC}</i>	Mesure manuelle sur radiographies	<ul style="list-style-type: none"> Sensibilité : <i>Application</i> : 84,88 <i>Chirurgien sénior</i> : 44,19 Spécificité : <i>Application</i> : 67,44 <i>Chirurgien sénior</i> : 70,93 	<u>Étude prospective :</u> [Zhang T. <i>et al.</i> , 2023] (Chine)

Tableau B-8 Résultats de réduction du temps de mesure issus d'études sur des exemples de solutions numériques basées sur l'IA

Solutions numériques	Comparateurs	Temps de mesure	Études
<i>Système de mesure automatisé par IA</i> <i>Système automatisé basé sur l'apprentissage profond</i>	Mesures manuelles (cliniciens)	<ul style="list-style-type: none"> Temps de mesure avec l'IA : 200 ms par patient, contre 23,6 min pour les chirurgiens [Tingsheng <i>et al.</i>, 2024]. Moyenne de mesure : 4,45 s pour le système d'IA [Sun <i>et al.</i>, 2022]. 	<u>Études comparatives:</u> [Tingsheng <i>et al.</i> , 2024] (Chine) [Sun <i>et al.</i> , 2022] (Chine)
<i>Algorithme basé sur les réseaux neuronaux convolutifs</i>	Mesure manuelle sur radiographies	<ul style="list-style-type: none"> Moyenne: 4 ± 2 s par image, contre 30 s (estimées) pour les cliniciens. 	<u>Étude méthodologique:</u> [Wong <i>et al.</i> , 2024] (Canada)

⁴ La seule étude de cette classe de solutions numériques à avoir pour comparateur le scoliomètre.

Tableau B-9 Résultats de fidélité des mesures issus d'études sur des exemples de solutions numériques de photogrammétrie

Solution numérique	Comparateurs	Résultats	Études
Photogrammétrie	Radiographie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coefficient de corrélation interclasse : entre 0,8 et 0,93 [Zheng <i>et al.</i>, 2023]. ▪ Coefficient de corrélation avec l'angle de Cobb de 0,4 à 0,8 ($p < 0,05$) [Zheng <i>et al.</i>, 2023], de 0,7 à 0,74 [Leal <i>et al.</i>, 2019]. ▪ Coefficient de corrélation interclasse : 0,74 [Leal <i>et al.</i>, 2019]. 	<p>Étude de faisabilité : [Zheng <i>et al.</i>, 2023] (Chine)</p> <p>Étude diagnostique : [Leal <i>et al.</i>, 2019] (Brésil)</p>

Tableau B-10 Résultats de performance issus d'études sur des exemples de solutions numériques de photogrammétrie

Solution numérique	Comparateurs	Résultats	Études
Photogrammétrie	Radiographie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensibilité : 94,4 %, spécificité : 86,7 %, précision globale : 89 %. 	Étude diagnostique : [Leal <i>et al.</i> , 2019] (Brésil)

Tableau B-11 Résultats de fidélité des mesures issus d'études sur des exemples de solutions numériques de topographie de surface

Solutions numériques	Comparateurs	Résultats	Études
<i>BHOHB^{MC} (Biometrical Holistic Of Human Body)</i>	Radiographie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Corrélation avec les radiographies : coefficient de corrélation $> 0,9$ ($p < 0,001$). ▪ Fidélité intra- et inter-évaluateurs (coefficient de corrélation interclasse $> 0,9$). 	Étude de validation : [Aulisa <i>et al.</i> , 2023] (Italie)
<i>Topographie de surface</i>	Radiographie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fidélité intra-observateurs ($\kappa = 0,85$), inter-observateurs ($\kappa = 0,62$). 	Étude prospective: [Komeili <i>et al.</i> , 2014] (Canada)
<i>Formetric-4D system (Diers International)^{MC}</i>	Radiographie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Corrélation forte pour la scoliose thoracique (coefficient de corrélation de 0,7), modérée pour la scoliose lombaire (coefficient de corrélation de 0,49) [Knott <i>et al.</i>, 2016]. ▪ Coefficient de corrélation : 0,89, coefficient de corrélation interclasse de 0,94 [Tabard-Fougere <i>et al.</i>, 2023]. ▪ Différence moyenne de 6,4 degrés $\pm 4,7$ (47 % des cas > 5 degrés) [Tabard-Fougere <i>et al.</i>, 2023]. ▪ Coefficient de corrélation de 0,748 à 0,789 [Madiraju <i>et al.</i>, 2021]. 	<p>Étude multicentrique: [Knott <i>et al.</i>, 2016] (États-Unis et Allemagne)</p> <p>Étude prospective: [Tabard-Fougere <i>et al.</i>, 2023] (Suisse)</p> <p>Étude rétrospective : [Madiraju <i>et al.</i>, 2021] (États-Unis)</p>
<i>ResNet18</i>	Radiographie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erreur absolue moyenne : 6,1 degrés $\pm 5,0$. ▪ Corrélation modérée (coefficient de corrélation = 0,68). 	Étude rétrospective : [Minotti <i>et al.</i> , 2024] (Italie)

Tableau B-12 Résultats de performance issus d'études sur des exemples de solutions numériques de topographie de surface

Solutions numériques	Comparateurs	Résultats	Études
<p><i>Topographie de surface 3D et apprentissage machine</i></p> <p>ResNet18</p>	Radiographie	<ul style="list-style-type: none"> Taux de succès pour classifier la scoliose selon la gravité : 90 %, sensibilité de 80 % et spécificité de 100 % [Rothstock <i>et al.</i>, 2020]. Précision globale pour la classification de gravité : 59 % [Minotti <i>et al.</i>, 2024]. 	<p><u>Études observationnelles:</u></p> <p>[Rothstock <i>et al.</i>, 2020] (Allemagne)</p> <p>[Minotti <i>et al.</i>, 2024] (Italie)</p>
<p><i>Topographie de surface</i></p>	Radiographie	<ul style="list-style-type: none"> Précision de 73 % pour les courbes thoraciques/thoracolombaires et de 59 % pour les courbes lombaires en termes de classification de la sévérité des courbures. Les courbes thoraciques/thoracolombaires ont été identifiées avec 92 % de précision, les courbes lombaires avec 62 %. 	<p><u>Étude transversale :</u></p> <p>[Komeili <i>et al.</i>, 2015] (Canada)</p>
<p>BIOMODTM-L^{MC}</p>	Radiographie	<ul style="list-style-type: none"> Pour une progression > 3 degrés : Sensibilité : 86 %. Spécificité : 58 %. Réduction potentielle estimée des radiographies : 40 %. Pour une progression > 5 degrés : Sensibilité : 86 %. Spécificité : 50 %. Réduction potentielle estimée des radiographies : 40 %. Pour une progression > 10 degrés : Sensibilité : 100 %. Spécificité : 43 %. Réduction potentielle estimée des radiographies : 86 %. 	<p><u>Étude prospective:</u></p> <p>[De Korvin <i>et al.</i>, 2014] (France)</p>
<p><i>Formetric-4D system (Diers International)</i>^{MC}</p>	Radiographie, données cliniques	<ul style="list-style-type: none"> Précision allant de 61,7% à 87,5% selon les modèles d'IA intégrés. 	<p><u>Étude expérimentale:</u></p> <p>[Colombo <i>et al.</i>, 2021] (Italie)</p>

ANNEXE C

Études cliniques en cours

Les études cliniques suivantes ont été recensées sur le site clinicaltrials.gov en date du 10 janvier 2025 :

- Quatre études cliniques interventionnelles sur l'utilisation de solutions numériques dans la détection précoce, le diagnostic ou le suivi de la scoliose idiopathique ont été recensées. Trois d'entre elles étaient en recrutement aux États-Unis, en Suède et en Turquie (NCT03292601, NCT05138393, NCT06469021), et une n'avait pas commencé le recrutement à Hong Kong (NCT06698952). Les mesures primaires incluent l'angle de Cobb, le temps de port du corset, la progression de courbure et la faisabilité d'utiliser un robot intelligent. Les mesures secondaires incluent la symétrie du tronc, l'équilibre, l'activité physique, le taux de correction de courbure, des questionnaires sur la qualité de vie ou l'amélioration de la détresse psychologique et du bien-être.
- Une étude clinique observationnelle sur une application basée sur l'IA a été recensée; son statut était « active – pas de recrutement » (NCT06408896, Italie). La mesure primaire inclut la croissance < 30 degrés de l'angle de Cobb et les mesures secondaires incluent la croissance > 50 degrés de l'angle de Cobb.
- Une étude clinique observationnelle sur la topographie de surface a été répertoriée; son statut est « en recrutement » (NCT06717568, Chine). Les mesures primaires incluent la différence de hauteur dorsale mesurée par caméra 3D pour évaluer les asymétries et les mesures secondaires incluent l'angle de rotation du tronc mesuré par scoliomètre.

SIGLES ET ACRONYMES

IA	Intelligence artificielle
INESSS	Institut national d'excellence en santé et en services sociaux
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
OPPQ	Ordre professionnel de la physiothérapie du Québec
PACS	<i>Picture archiving and communication system</i>
SOSORT	Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment

Consultations *ad hoc*

Pour ce rapport, les cliniciens consultés sont :

D^r Xavier Rodrigue, médecin physiatre, Centre hospitalier universitaire de Québec, Institut de réadaptation en déficience de Québec

D^{re} Patricia Larouche, médecin spécialisée en chirurgie orthopédique, Centre hospitalier universitaire de Québec

Lectrice et lecteur externes

Pour ce rapport, les lecteurs externes sont :

D^r Xavier Rodrigue, médecin physiatre, Centre hospitalier universitaire de Québec, Institut de réadaptation en déficience de Québec

D^{re} Patricia Larouche, médecin spécialisée en chirurgie orthopédique, Centre hospitalier universitaire de Québec.

Autres contributions

L'Institut tient aussi à remercier la personne suivante qui a contribué à la préparation de ce rapport en fournissant soutien, information et conseils clés : Michaël Cardinal, Pharm. D., directeur général AppGuide/TherAppX.

Déclaration d'intérêts et de rôles

D^r Xavier Rodrigue : participation annuelle à des comités consultatifs et présentation à des conférences pour les compagnies BIOGEN, ROCHE et Novartis. Coprésident du Réseau québécois de l'amyotrophie spinale (RQAS).

Responsabilité

L'Institut assume l'entière responsabilité de la forme et du contenu définitifs de ce document. Les conclusions et les recommandations ne reflètent pas forcément les opinions des lecteurs externes ou des autres personnes consultées aux fins de son élaboration.

Le contenu de cette publication a été rédigé et édité par l'INESSS.

Membres de l'équipe de projet

Direction de l'évaluation des médicaments et des technologies à des fins de remboursement

Auteur principal

Lyes Bachatene, Ph. D.

Collaboratrices et collaborateur internes

Benoit Mailhot, Ph. D.

Lilia Brahim, M. Sc

Julie Nieminen, Ph. D.

Geneviève Plamondon, M. Sc.

Coordonnatrice scientifique

Sara Beha, M. Sc

Directrice adjointe, volet innovation technologique et unité de biologie médicale et génomique

Mélanie Martin, Ph. D.

Directrice

Mélanie Caron, Pharm. D., ICD. D

Soutien administratif

Noémie Reine, DEC

Soutien documentaire

Bin Chen, techn. docum.

Équipe de l'édition

Coordonnatrice à l'édition

Catherine Olivier, Ph. D.

Technicienne principale et technicien à l'édition

Nathalie Vanier

Jean Talbot

Avec la collaboration de Gilles Bordage, révision linguistique

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2025
ISBN 978-2-555-00839-7 (PDF)

Tous droits réservés

© Gouvernement du Québec, 2025

Le contenu de cette publication a été rédigé et édité par l'INESSS. Ce document peut être utilisé, reproduit, imprimé, partagé et communiqué, en tout ou en partie, à des fins non commerciales, éducatives ou de recherche uniquement, à condition que l'INESSS soit dûment mentionné comme source. Les photos, images, figures ou citations peuvent être associées à des droits d'auteur spécifiques et nécessitent une autorisation de la part de l'INESSS avant utilisation. Tout autre usage de cette publication, y compris sa modification en tout ou en partie ou visant des fins commerciales, doit faire l'objet d'une autorisation préalable de l'INESSS. Une autorisation peut être obtenue en formulant une demande à droitdauteur@inesss.qc.ca.

Pour citer ce document : Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS). La scoliose idiopathique : solutions numériques pour la détection, le diagnostic et le suivi chez l'enfant et l'adolescent. État des connaissances rédigé par Lyes Bachatene. Québec, Qc : INESSS; 2025. 34 p.

L'Institut remercie les membres de son personnel qui ont contribué à l'élaboration du présent document.